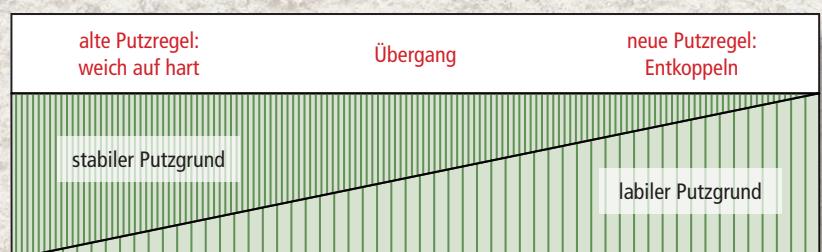
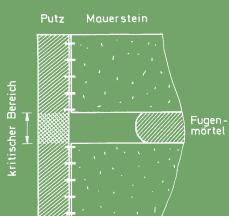
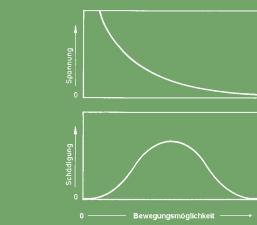
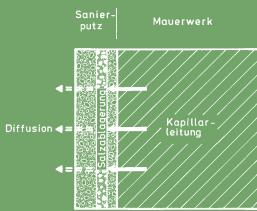


Helmut Künzel

Außenputze – früher und heute

Wissenschaftliche Erkenntnisse, Praxis und Normung



Fraunhofer IRB Verlag

Helmut Künzel

Außenputze – früher und heute

Helmut Künzel

Außenputze – früher und heute

Wissenschaftliche Erkenntnisse, Praxis und Normung

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9328-1

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9329-8

Lektorat: Manuela Walliér

Herstellung: Andreas Preising

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Satz: Fraunhofer IRB Verlag

Druck: freiburger graphische betriebe GmbH, 79108 Freiburg

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2015

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 9 70-25 00

Telefax +49 711 9 70-25 08

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Vorwort

Das Mauern und Verputzen gehörte in unserem Land immer schon zum soliden Bauen. Schon in einem alten Kinderlied heißt es:

»Wer will fleißige Handwerker sehn,
der muss zu uns Kindern gehen.
Stein auf Stein, Stein auf Stein,
Häuschen wird bald fertig sein.«

Die ›eigenen vier Wände‹ sollen stabil und dauerhaft und noch für Kinder und Kindeskinder nutzbar sein. Die Alten wussten, wie man baut, und deshalb sind die alten Bauregeln einzuhalten.

Eine konservative, das Alte erhaltende Einstellung, ist zwar generell lobenswert, sollte aber neue Entwicklungen nicht ausschließen. Der Außenputz diente früher hauptsächlich einer einheitlichen optischen Erscheinung eines Hauses. Heute sind aber durch andere Wandkonstruktionen als früher weitere Funktionen für den Außenputze entstanden. Dieser muss zusätzlich die geringere Flächenstabilität der wärmedämmenden Wände ausgleichen und einen ausreichenden Regenschutz gewähren.

Andererseits ist der Putz auf Wänden eine Baumaßnahme, die erst ›vor Ort‹ am Gebäude ausgeführt wird und entsteht. Das erfolgt zwar mit vorgefertigten Materialien, erfordert aber wegen nicht immer vorhersehbarer Einflüsse hinsichtlich der Art des Putzgrundes und des Wetters ein Wissen und Können, gewissermaßen dem des ›alten Baumeisters‹ vergleichbar.

Auch in anderen Bereichen des Bauens haben die Entwicklungen im Laufe der Zeit zu Änderungen der Bewertungen und Anforderungen geführt, wie in meinem Buch »Bautraditionen auf dem Prüfstand« ausgeführt worden ist. In dem Band »Schäden an Fassadenputzen« aus der Reihe »Schadenfreies Bauen« werden die verschiedenen Ursachen und Abhilfemöglichkeiten bei Putzschäden behandelt.

In dem jetzt vorliegenden Buch stelle ich die Einflüsse der Art des Mauerwerks auf das Verputzen und die Putzeigenschaften dar und

erläutere die verschiedenartigen Aufgaben, die heute ein Außenputz erfüllen kann und soll.

Bereits 1941 hat Otto Graf über die damalige »Bautechnische Auskunftsstelle« mit den ersten Putzuntersuchungen begonnen. Diese Untersuchungen waren ein besonderes Anliegen von Otto Graf wegen der damals häufiger aufgetretenen Schäden an Außenputzen aus Leichtbeton-Blocksteinen und können generell als Beginn der Putzforschung in Deutschland bezeichnet werden. Eine Weiterführung solcher Untersuchungen – unterbrochen durch die Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse – konnte erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfolgen. Maßgeblich hierbei waren die Untersuchungen im Labor und Freiland des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP.

Leider finden die wissenschaftlichen Erkenntnisse, von denen hier und an anderer Stelle berichtet wird, nur zum Teil oder nur zögerlich den Weg in die Normung und damit in die Praxis. Bei den Fragen der Belüftung von zweischaligem Sichtmauerwerk oder der Belüftungsschichten von wärmegedämmten Dächern, ist dies inzwischen gelungen. Eine Angleichung der Putznorm an den heutigen Kenntnisstand steht aber noch aus.

Diese Beispiele und das vorliegende Buch mögen zeigen, dass Normen nicht immer das allein Richtige beinhalten, weshalb Dieter Eschenfelder, ein in Baurecht und Bauaufsicht erfahrener Fachmann, die Devise ausgegeben hat: »*Die Norm ist nicht einzige, sondern nur eine Erkenntnisquelle für technisch ordnungsgemäßes Verhalten*«. Dies sollten allzu ›Normgläubige‹ berücksichtigen.

Viele Ergebnisse aus meist schon vergessenen Fachveröffentlichungen sind hier eingeflossen, erarbeitet von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Fraunhofer IBP, meist in einer noch computerlosen Zeit, denen hier nachträglich mein Dank gebührt. Danken möchte ich auch dem Fraunhofer IRB Verlag für die gute Zusammenarbeit und insbesondere Manuela Wallißen für die übersichtliche Zusammenstellung von Text und Bildern.

Valley, im September 2014
Helmut Künzel

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung und Übersicht	9
2 Vergleiche zwischen Laborergebnissen und Freilanderfahrungen	11
2.1 Festigkeit und Formänderungen	11
2.1.1 Messungen an Putzproben	11
2.1.2 Bewitterte Putze auf Mauerwerk	13
2.1.3 Folgerungen	18
2.2 Kapillare Wasseraufnahme und Dampfdurchlässigkeit	19
2.2.1 Messungen an Putzproben	19
2.2.2 Bewitterte Putze auf Mauerwerk	24
2.2.3 Folgerungen	25
3 Putze auf verschiedenen Mauerwerksarten	27
3.1 Mauerwerk aus kleinformatigen Vollsteinen	27
3.2 Mauerwerk aus wärmedämmenden Blocksteinen	28
3.3 Mauerwerk mit Außendämmung	31
3.4 Folgerungen	32
4 Putze mit verschiedenen Eigenschaften	35
4.1 Außenputze nach DIN 18550	35
4.2 Wasserabweisende Putze	36
4.3 Entkopplungspalte	39
4.4 Armierungsputze	42
4.5 Sanierputze	46
4.6 Folgerungen	52
5 Putzschäden und ihre Ursachen	55
5.1 Schwindrisse	55
5.2 Fugenrisse/Kerbrisse	59
5.3 Randeffekte	63
5.4 Aufwölbung/Ablösung	66
5.5 Alterung	68
5.6 Folgerungen	70

6	Prüftechnik	71
6.1	Bohrhärte	71
6.2	Scherzugfestigkeit	73
6.3	Weiterentwicklung der Prüftechnik	75
6.4	Folgerungen	77
7	Schlussbetrachtung: Zusammenfassung, Folgerungen, Normung	79
7.1	Allgemeine Feststellungen	79
7.2	Putzeigenschaften nach Laboruntersuchungen	80
7.3	Putze auf Mauerwerk in der Praxis	80
7.4	Mauerwerk – Putzgrund – Putz	81
7.5	Putzschäden	82
7.6	Empirie – Anwendung – Forschung	83
7.7	Putznormung	83
	Kommentierung zur derzeitigen Situation der Putznormung	85
	Literaturverzeichnis	95
	Anhang	97
	Anhang A: Problembereich >aufsteigende Feuchte<	99
	Anhang B: Prüfung, Zulassung und Normung von Wärmedämm- verbundsystemen	114
	Anhang C: Historische Außenputze auf Wärmedämmverbundsystemen	123

1 Einleitung und Übersicht

Das Verputzen von Wänden ist eine tausendjährige handwerkliche Tätigkeit, wobei die Aufgabe des Putzes vor allem darin bestand, der Wand oder dem Mauerwerk ein einheitliches Aussehen zu verleihen oder in besonderer Weise architektonisch zu gestalten. Mit den früheren Baustoffen und Bindemitteln gewann man Erfahrungen und bildeten sich Traditionen, die im Handwerk weitergegeben worden sind. Erst etwa um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert traten mit der Industrialisierung, der Entwicklung der Städte und damit einer zunehmenden Wohnungsnot Änderungen auf, welche die Art des Bauens beeinflusst haben. Unter dem Begriff ‚Neues Bauen‘ wurden nach dem Ersten Weltkrieg Wege gesucht, das Bauen rationeller zu gestalten. Dazu gehörten auch andere Baumethoden und Mauersteinarten. Diese Entwicklung wird in [1] beschrieben.

Die Verwendung größerer Mauersteine aus Bimsbeton oder Schläckenbeton anstelle der seit Jahrtausenden üblichen Vollsteinformate war eine dieser Änderungen. Bei solchem Mauerwerk traten aber nicht selten Putzprobleme auf. Dies hatte in den 1940er-Jahren Erhebungen über die in den deutschen Ländern üblichen Putztechniken zur Folge, gewissermaßen als Bestandsaufnahme, und um daraus Erkenntnisse über das weitere Vorgehen zu gewinnen. Nach dem Zweiten Weltkrieg, der diese Aktivitäten unterbrochen hatte, trat das Putzproblem im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau und neuen Baumaterialien und Baumethoden erneut und verstärkt ins Blickfeld.

Viele anstehende Untersuchungen zu Fragen des Regenschutzes durch Außenputze, später der Wärmedämmung und Rissvermeidung, konnten in der Freiland-Versuchsstelle des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP in Holzkirchen durchgeführt werden. Deren Lage im Alpenvorland war für solche Untersuchungen durch das dortige Außenklima besonders geeignet. Für Putzuntersuchungen kamen dabei auch von bisherigen Verfahren abweichende Methoden zur Anwendung: Die Festigkeit bzw. Härte eines Putzes kann über die ‚Bohrhärte‘ beurteilt werden. Erste Untersuchungen in dieser Weise erfolgten bereits 1963 [2] und zur Beurteilung der Rissüberbrückung durch Putze wurde in den 1990er-Jahren die Methode ‚Scherzug‘ entwickelt.

Beide Methoden sind mit Ergebnissen in [1], [3] und [4] beschrieben sowie in Kapitel 6 zusammengefasst.

Zu diesem Buch:

Zunächst werden im Kapitel 2 die üblichen Prüfmethoden zur Bestimmung von Putzeigenschaften und damit zusammenhängende Probleme behandelt. Die beiden folgenden Kapitel befassen sich mit den Gegebenheiten für Putze auf unterschiedlichen Mauerwerksarten und daraus folgend die erforderlichen Ausführungen der Putze. In Kapitel 5 werden Praxiserfahrungen über die Ursachen von Putzschäden behandelt und abschließend werden in Kapitel 6 die angewandten alternativen Prüfmethoden zusammenfassend dargestellt. In den Schlussbetrachtungen (Kapitel 7) werden die Ergebnisse und Folgerungen zusammengefasst und durch eine Kommentierung zur nationalen und europäischen Normung abgeschlossen.

2 Vergleiche zwischen Laborergebnissen und Freilanderfahrungen

2.1 Festigkeit und Formänderungen

2.1.1 Messungen an Putzproben

In der Praxis erfährt der an die Wand angeworfene Putz eine erste Verfestigung durch den von der Art und dem Feuchtegehalt des Putzgrundes abhängigen Wasserentzug. Je größer der Wasserentzug, desto größer wird die Rohdichte des Putzes, denn das im Mörtel verbleibende Wasser schafft den späteren Porenraum und damit die Kapillarstruktur des Putzes. Sodann wird der weitere Erhärtungsverlauf durch Hydratation und Karbonisation durch die infolge der wechselnden Temperaturen und Feuchtegehalte der Außenluft und der Wasserrückleitung vom Putzgrund sich einstellenden Feuchte des Putzes beeinflusst.

Wasserentzug beeinflusst Mörtel-eigenschaften

Wird demgegenüber Frischmörtel in eine Stahlform eingebracht und anschließend 7 Tage im Feuchtkasten und 21 Tage im Klima 20/65 gelagert, dann kann nicht erwartet werden, dass die Porenverhältnisse und damit die Eigenschaften des Festmörtels mit den Fällen in der Praxis übereinstimmen. Der 7/21 Tage-Zyklus ist z. B. für vorwiegend hydraulisch erhärtende Mörtel festgelegt, während bei einem hauptsächlich karbonatisch erhärtenden Mörtel bei 7 Tagen Feuchtlagerung keine nennenswerte Festigkeitszunahme erwartet werden kann.

Normwerte und Praxiswerte sind unterschiedlich

Welche Auswirkung alleine dadurch entsteht, dass bei der Herstellung der Putzproben in die Stahlformen eine Filterpappe eingelegt wird, belegen die Messergebnisse in Bild 1. Die Zugfestigkeit der Putzmörtel ist mit Filterpappe um rund ein Drittel größer. Um den gleichen Betrag erhöht sich dadurch auch der E-Modul, wie aus Bild 2 hervor-

geht. Man kann sich verschiedene andere Varianten vorstellen, aber der Einfluss entspricht sicher nie dem bei unterschiedlich saugenden oder unterschiedlich feuchten Putzgründen.

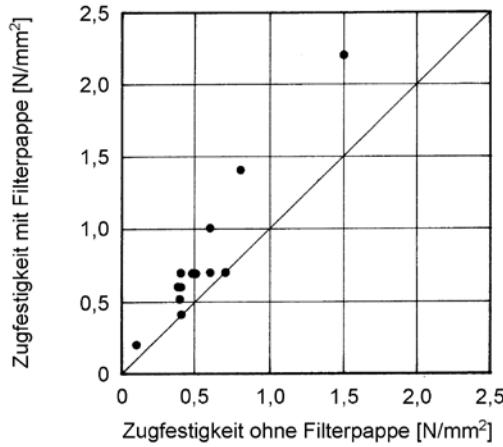


Bild 1: Zusammenhang zwischen der 28-Tage-Zugfestigkeit verschiedener Werkmörtel Plc, PII und PIII bei üblicher Herstellung in Stahlformen (Querschnitt 20 mm × 40 mm) und bei Herstellung in Stahlformen mit Einlage von Filterpappe (1 Lage genormte, in der Chemietechnik verwendete Filterpappe), nach [5]

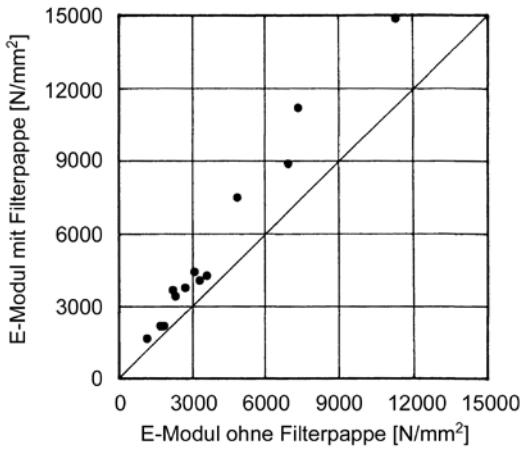


Bild 2: Zusammenhang zwischen den 28-Tage-E-Modulen verschiedener Putzmörtel aus Zugversuchen bei üblicher Herstellung in Stahlformen und bei Einlage von Filterpappe wie bei Bild 1, nach [5]

2.1.2 Bewitterte Putze auf Mauerwerk

Die Formänderungen des Putzes infolge von Temperatur- oder Feuchteänderungen hängen von denen des Putzgrunds, auf den er aufgebracht wird, ab. Der auf dem Putzgrund fest haftende Putz muss als der ›Schwächere‹ im System dessen Formänderungen mitmachen. Dadurch entstehen Zwangsspannungen im Putz, wenn sich seine Formänderungstendenzen von denen des Putzgrundes unterscheiden. Die an freien (nicht ›eingespannten‹) Putzproben gemessenen Formänderungen können daher nicht als ein Beurteilungskriterium für das Verhalten des Putzes auf dem Putzgrund gelten. Wenn die entstehenden Zwangskräfte größer als die Putzfestigkeit werden, können Putzschäden auftreten.

Putzgrund
bestimmt die
Putzverfor-
mungen

Spannungen können in einem Material durch äußere Einwirkungen (Belastung) oder durch innere Kräfte (Eigenspannungen) entstehen. Ob diese Spannungen zu einem Materialschaden führen, hängt von der ›Bewegungsmöglichkeit‹ (Einspannung) des jeweiligen Materialkörpers und von dessen Festigkeit ab; beide Eigenschaften sind von der Form und Größe abhängig. Dies ist durch folgende Vergleiche verständlich zu machen: Ein Kalkputz kann fest und dauerhaft an einer Wand bestehen, während ein kleiner Brocken dieses Putzes leicht zwischen zwei Fingern zu zerdrücken ist. Wegen der seitlich fehlenden Gegenkraft gegen den Fingerdruck – anders als beim Putz auf der Wand – kann der Putzbrocken seitlich ›ausweichen‹ und deshalb ›zerbröseln‹. Ein anderes Beispiel: In der Tiefe eines Felssmassivs kann ohne Schaden das Vielfache der Druckfestigkeit des Materials auftreten, die an einem Gesteinswürfel ermittelt wird. Die Schädigung kann beim Felsen nur an der Oberfläche eintreten, wo eine Ausweichmöglichkeit gegeben ist (Erosion).

Festigkeit
von Probenform
abhängig

Die an Würfeln oder Prismen ermittelten Festigkeitswerte werden oft fälschlicherweise als Stoffkennwerte betrachtet. Sie sind aber abhängig von der Größe und Form der Proben und deshalb keine Stoffkennwerte, wie z. B. die Rohdichte oder die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes, die unabhängig von der Probengröße sind.

Materialfestig-
keit kein Stoff-
kennwert

Bei der Druckfestigkeitsprüfung an einem Würfel erfolgt die Zerstörung durch Überschreiten der Querzugfestigkeit, die sich als Reaktion auf die aufgeprägte Druckkraft einstellt. Entscheidend ist dabei, dass an den seitlichen Würfelflächen keine Gegenkräfte wirksam sind, dass

Einfluss der
Prüfmethode

sie also ›ausweichen‹ können. Außerdem werden die unmittelbar druckbelasteten Würfelflächen durch Reibungskräfte an den Kontaktflächen der Druckpresse fixiert. Deshalb entsteht das in Bild 3, Fall A, schematisch dargestellte Schadensbild. Wird dieses Ausweichen durch Gegenkräfte verhindert, dann können schadlos wesentlich größere Druckkräfte aufgebracht werden (Bild 3, Fall B). Dieser Fall ist z. B. gegeben, wenn ein Betonbauwerk auf Stahl oder Stahlbetonpfähle gegründet wird. Im Bereich des eingebundenen Pfahlkopfes treten dann Betonpressungen auf, die ein Vielfaches der Würfeldruckfestigkeit betragen können. Bei Versuchen, die allerdings diese Verhältnisse nicht optimal realisierten, hat Rieckmann den Faktor 8 nachgewiesen [6]. Theoretisch kann die Druckspannung beliebig anwachsen, wenn hinreichend große Gegenkräfte in Querrichtung vorhanden sind bzw. wenn Querdehnungen durch andere Maßnahmen verhindert werden.

Putzeinspannung durch Putzhaftung

Noch einmal: Solange der Putz auf dem Putzgrund haftet, kann dieser keine vom Putzgrund abweichenden thermischen oder hygrischen Formänderungen vollziehen, wie sie an freien Putzproben mit begrenzten Abmessungen ermittelt werden. Bei einer auf Mauerwerk haftenden Putzfläche ist die Situation gegeben, dass Querdehnungen eines Flächenelements durch die ringsum angrenzenden Putzschichten behindert werden (Bild 4). Deshalb trifft hier der Fall B in Bild 3

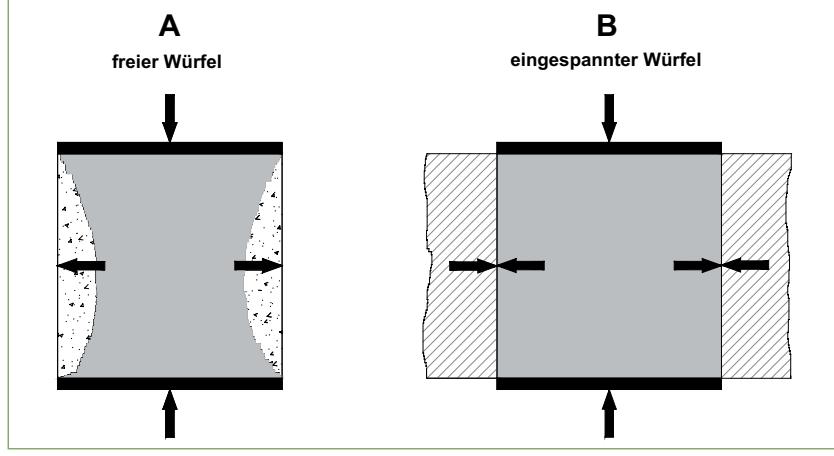
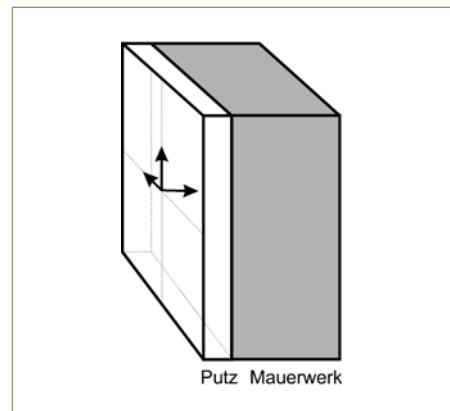


Bild 3: Schematische Darstellung der Formänderungstendenzen bzw. Spannungen bei einem freien und einem eingespannten Würfel bei Druckbelastung:

Freier Würfel A: Der Druck veranlasst senkrecht dazu Querzug und Randablösungen.
Eingespannter Würfel B: Der Druck veranlasst seitliche Gegenkräfte, die eine Formänderung bzw. Schädigung verhindern.

Bild 4: Schemadarstellung der auf einen Putz auf Mauerwerk wirksamen Spannungen. Neben der durch die Haftung auf dem Mauerwerk bedingten Spannung treten Spannungen längs der Flächenkoordinaten auf. Hygrothermische Bewegungsmöglichkeiten bestehen nur in der Dickenrichtung des Putzes.



(eingespannter Würfel) zu, mit höheren Festigkeitswerten als sie an einer begrenzten Putzprobe – gleich welcher Art – ermittelt werden. Dass es möglich ist, die Formänderungen eines Materials durch äußere Kräfte zu erzwingen oder zu vermeiden, belegen die folgenden Beispiele. Thermisch und hygrisch bedingte Tendenzen der Längen- bzw. Volumenänderungen können verhindert oder reduziert werden, wenn ihnen entsprechende Kräfte entgegenwirken.

Die Wärmeausdehnung von Gleisschienen kann verhindert werden, wenn sie fest im Unterbau eingespannt und miteinander verschweißt sind. Bei weniger fester Einspannung der Schienen im Unterbau mussten früher Dehnungsfugen zwischen den einzelnen Schienenabschnitten vorgesehen werden. Nur unter extremen Klimabedingungen können heute Schäden auftreten, wie auch bei Straßenbelägen infolge Aufwölbens des Beton-Unterbaus wegen zu starker Aufheizung.

Längenänderungen

Beim Gefrieren vergrößert sich das Volumen von Wasser um rund 10 %. Ist das Wasser in einer Glasflasche eingeschlossen, dann zerspringt diese in der Regel wegen der Volumenausdehnung und des dadurch entstehenden Drucks des gefrierenden Wassers. In einer Stahlflasche, die diesem Druck widersteht, kann das Wasser nicht gefrieren; es unterkühlt und bleibt flüssig. Die Frostbeständigkeit eines Stoffes ist daher nicht nur abhängig vom Wasser-Sättigungsgrad, sondern auch von der Festigkeit des Stoffes. Die gängigen Prüfungen der Frostbeständigkeit durch Wechselbeanspruchung zwischen Wasserlagerung und Gefrieren berücksichtigen dies nicht.

Frostschädigung

Quellung Quellfähige Stoffe wie Kork, Holz oder Mörtel vergrößern mit der Wasseraufnahme ihr Volumen. Wenn diese Volumenvergrößerung behindert wird, dann ist umgekehrt die Wasseraufnahme geringer. Dies wird am Beispiel eines Flaschenkorkens in Bild 5 demonstriert. Durch Einpassen des Korkens in eine Metallhülse, wodurch nur eine Quellung in Richtung der offenen Stirnflächen möglich ist, wird die Wasseraufnahme etwa auf die Hälfte reduziert [7]. Das Quellen mit Quellbehinderung ist die Ursache für die Dichtwirkung eines Korkens in der Weinflasche. Deshalb muss die Weinflasche liegend gelagert werden, um eine Abdichtung bei geringem Flüssigkeitsaustausch zu bewirken.

Verhältnis Spannung/ Dehnung Das Verhältnis zwischen Spannung und Dehnung ergibt bei elastischen Stoffen den Elastizitäts-Modul (E-Modul). Das gilt aber nur für frei bewegliche Stoffe. Wenn Behinderungen in der Dehnung bestehen, bestimmt der Grad der Behinderung die dadurch entstehenden Zwangsspannungen. Dies wird durch die schematische Darstellung in Bild 6 erläutert. Hiernach ist in zwei Grenzsituationen nicht mit Schäden zu rechnen, nämlich bei völliger Einspannung ohne Formänderungsmöglichkeit, wobei große Spannungen auftreten können, und bei freier Bewegungsmöglichkeit ohne Spannungen. Zwischen diesen beiden Extremen liegt die Mehrzahl der praktischen Situationen, bei denen sowohl Verformungen als auch Spannungen und bei deren Überschreiten der Materialfestigkeit dann Schäden auftreten.

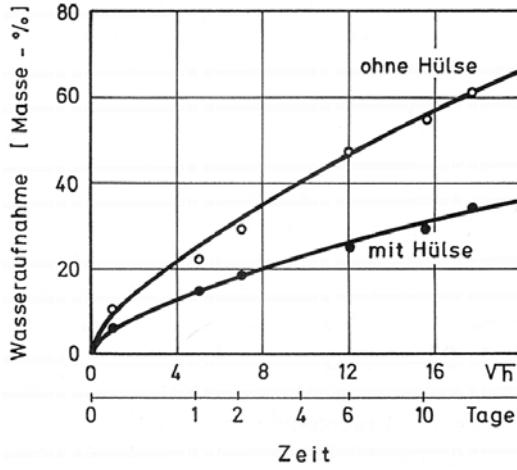


Bild 5: Zeitverläufe der Wasseraufnahme eines freien und eines in eine Messinghülse dicht eingepassten Flaschenkorkens in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit. Infolge der Quellbehinderung durch die Hülse wird die Wasseraufnahme deutlich reduziert, nach [7].

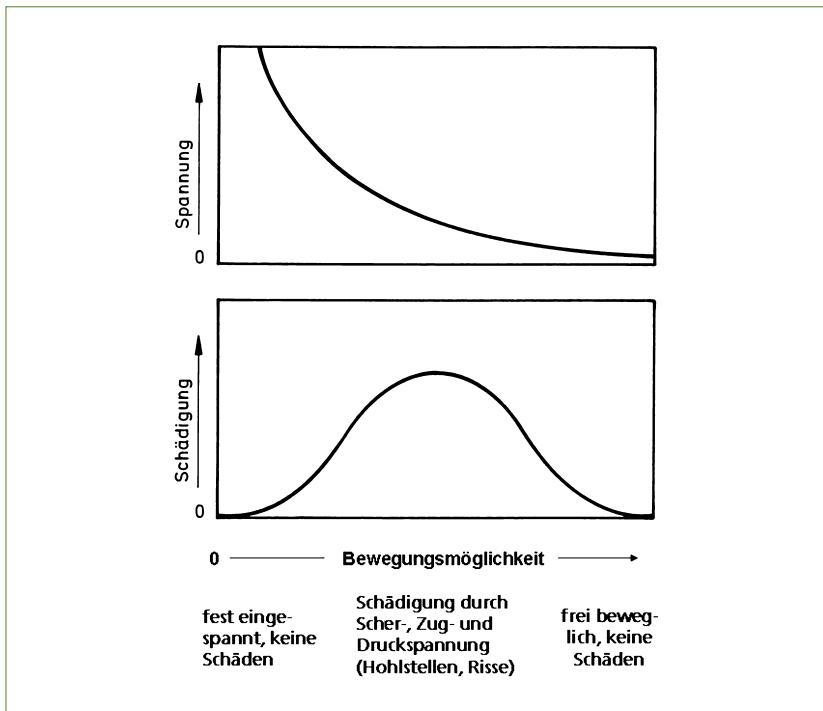


Bild 6: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Spannung bzw. Schädigung und der Bewegungsmöglichkeit. Bei fest eingespannten Gesteinspartien können große Spannungen auftreten ohne Schädigung; bei frei beweglichen Partien sind Spannungen und Schädigungsmöglichkeiten gering. Kritisch ist es in dem mittleren Bereich, in dem Spannungen zur Schädigung führen können.

Unterschiedliche Verhältnisse hinsichtlich Spannung und Dehnung treten z. B. bei Temperatur- und Feuchteänderungen in einer verputzten Wandfläche in Feldmitte gegenüber dem Rand auf, wie durch Bild 7 erläutert wird. In Wandmitte entstehen bei Erwärmung oder Befeuchtung Dehnungstendenzen und wegen Behinderung Druckspannungen, die am Putzrand (wegen Bewegungsmöglichkeit) zu einer Verformung des äußeren Putzbereichs führen können. Bei Abkühlung oder Trocknung ist es umgekehrt: In Wandmitte treten Zugspannungen auf, die nur am Rand Formänderungen zur Folge haben. Dies kann bei längerer Wechselbeanspruchung zwischen An- druck und Aufwölbung (Pfeile in Bild 7) zu Randschäden führen (siehe Kapitel 5.4).

Unterschiede
Spannung/
Dehnung

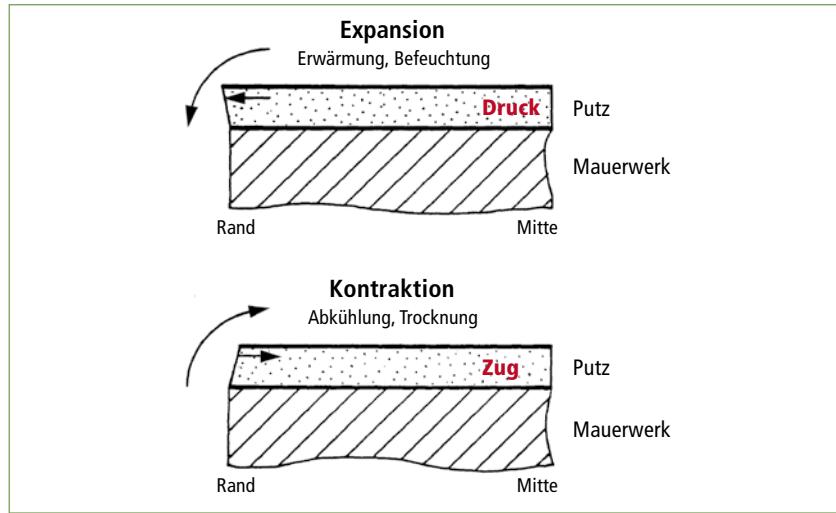


Bild 7: Schematische Darstellung der Verformungstendenzen bzw. Spannungen im Putz auf Mauerwerk bei hygrothermischer Beanspruchung. Bei fester Einspannung des Putzes (Feldmitte) treten Druck- oder Zugspannungen auf ohne Bewegungsmöglichkeit. Am Putzrand bestehen Bewegungsmöglichkeiten wie durch Pfeile angegeben.

2.1.3 Folgerungen

Die Festigkeit eines Putzes wird durch das Porengefüge maßgeblich bestimmt, das nach dem Aufbringen des Frischmörtels auf eine Gebäudewand und anschließendem Erhärten entsteht. An eigens hergestellten Proben aus dem gleichen Frischmörtel kann dieses Gefüge und dadurch die Festigkeit nur angenähert nachgebildet werden. Die Haftung auf dem Putzgrund kommt einer ‚Einspannung‘ des Putzes gleich. Deshalb können auch an Probekörpern von Putzen ermittelte thermische und hygrische Formänderungen nicht auf das Verhalten eines Putzes an Gebäudewänden übertragen werden. Es ist z.B. nicht realistisch, die thermischen Formänderungen einer Putzschicht aus der Gebäudeabmessung, der Temperaturdifferenz und dem Wärmedehnkoeffizienten abzuschätzen zu wollen.

Messungen an Probekörpern von Putzen können somit nur dazu dienen, die Eigenschaften der Putze nach einem einheitlichen Verfahren (Normverfahren) zu ermitteln, um die Normeneigenschaften verschiedener Putze vergleichen zu können und die Putze ggf. in Mörtelgruppen einzufügen. Zur Beurteilung der Schadensanfälligkeit von Putzen sind solche Normwerte allein nicht geeignet.

2.2 Kapillare Wasseraufnahme und Dampfdurchlässigkeit

2.2.1 Messungen an Putzproben

Wie bei Untersuchungen über die Festigkeit und Formänderung von Putzen ergibt sich auch für die Prüfung der Wasseraufnahme die Frage nach der geeigneten Herstellung von Putzproben zur Messung. Bei Beginn der Untersuchungen über die Saugfähigkeit von Putzproben in der Freiland-Versuchsstelle Holzkirchen wurden damals übliche Putze auf ‚Trockenmauern‘ aus verschiedenen Mauersteinarten aufgebracht, die in einem Versuchsstand nach Westen und Osten positioniert eingebaut und dadurch unterschiedlich bewittert worden waren. An zeitweilig entnommenen verputzten Mauersteinen wurde nach entsprechender Konditionierung die Saugfähigkeit der Putze ermittelt. Aus der in [8] beschriebenen Durchführung der Untersuchungen werden in den Tabellen 1 und 2 beispielhaft Werte der Wasseraufnahmekoeffizienten w von Kalkzementputzen auf unterschiedlichen Mauersteinen zusammengestellt.

Kapillare Wasser-aufnahme (Saug-versuch)

Tabelle 1: Wasseraufnahmekoeffizienten von Kalkzementputz 2:1:9, aufgebracht auf Mauersteinen aus Hochlochziegeln, Bimsbeton, Kalksandstein und Porenbeton, nach 1- und 12-monatiger Bewitterung in einem Freiland-Versuchsstand bei Orientierung nach Osten (wenig beregnet) und nach Westen (häufig beregnet), nach [8].

Putzgrund	Wasseraufnahmekoeffizient w [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0.5})$]			
	Ostseite, wenig beregnet		Westseite, häufig beregnet	
	nach 1 Monat	nach 12 Monaten	nach 1 Monat	nach 12 Monaten
Hochlochziegel	4,3	2,9	2,7	1,4
Bimsbeton	–	5,7	–	1,4
Kalksandstein	–	6,2	–	3,1
Porenbeton	6,2	5,2	4,3	3,7

Tabelle 2: Wasseraufnahmekoeffizienten von Kalkzementputz 2:1:9, aufgebracht auf Mauersteinen aus Hochlochziegeln und Porenbeton, nach 18-monatiger Bewitterung in einem Freiland-Versuchsstand bei Orientierung nach Osten (wenig beregnet) und nach Westen (häufig beregnet). Die Putze wurden nach der Herstellung – vor dem Einbau in den Versuchsstand – zum Teil 15 Tage lang täglich durch Anspritzen befeuchtet, nach [8].

Putzgrund und Nachbehandlung	Wasseraufnahmekoeffizient w [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0.5})$] nach 18-monatiger Bewitterung	
	Ost	West
Ziegel, Außenputz 15 Tage lang nach dem Aufbringen täglich befeuchtet	1,9	0,6
Porenbeton, Außenputz 15 Tage lang nach dem Aufbringen täglich befeuchtet	3,8	1,2
Porenbeton, Außenputz nach dem Aufbringen nicht befeuchtet	4,9	2,0

**Haupteinflüsse:
Putzgrund und Befeuchtung**

Aus Tabelle 1 ist erkennbar, wie groß die Unterschiede in der Saugfähigkeit der Putze auf Ziegel und Porenbeton nach 1 und nach 12 Monaten sind und wie groß der Einfluss der unterschiedlichen Befeuchtung durch die Bewitterung ist. Die Unterschiede sind zwischen Ziegel und Porenbeton als Putzgrund am größten; dazwischen liegen die Werte von Bimsbeton und Kalksandstein. Daraus geht hervor, wie wichtig das Angebot an Feuchtigkeit in der Entstehungs- und Erhärtingsphase ist, das durch kapillare Rückleitung an den trocknenden Putz (bei Ziegel) oder durch nachträgliche Befeuchtung durch die Bewitterung geliefert wird. Offensichtlich ist aber ein Defizit an Feuchtigkeit in der Anfangsphase auch nach langzeitiger Bewitterung nicht auszugleichen, wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist. Diese Mitte der 1960er-Jahre durchgeführten Untersuchungen erfolgten an ›Baustellenputzen‹, die aus Sand und Bindemitteln ohne weitere Zugaben hergestellt worden sind. Der große Einfluss der Saugfähigkeit des Putzgrundes war der Grund für den Hinweis in DIN 18550 (1967), dass ›Mischmauerwerk‹ mit einem Spritzbewurf vorzubehandeln ist und stark saugende Steine vorzunässen sind.

Diese Abhängigkeit der Saugfähigkeit vom Putzgrund konnte in der weiteren Entwicklung der Putztechnologie reduziert werden. Durch Zusätze auf der Basis von Cellulose-Ethern zur Erhöhung der Wasser-rückhaltung des Frischmörtels und durch Verbesserung der Verarbeit-barkeit durch porenbildende und andere Zusätze wurden die Voraus-setzungen für eine gezielte Herstellung von Putzmischungen in Mörtelwerken geschaffen (Werk trockenmörtel). Auch der Auftrag des Putzes durch Mischpumpenmaschinen gehört zu diesen Verbesserun-gen, der zunächst für Gips- und Gipskalk-Innenputze Anwendung fand und bald auch auf Werk trockenmörtel für Außenputze mit ei-nem Maximalkorn von 1 mm übertragen worden ist. Nicht mehr die Sieb linie des Sandes zur Herstellung eines geeigneten Putzes – wie zuvor – war wichtig, sondern die ›Maschinengängigkeit‹ des Frisch-mörtels. Heute können mit Putzmaschinen Sande bis zu einer Korn-größe von 2 mm eingesetzt werden. Diese Entwicklung war auch die Voraussetzung für die Herstellung von wasserabweisenden Außen-putzen mit dosierter Hydrophobierung und reproduzierbaren Eigen-schaften.

Verbesserungen durch Zusatz-mittel und Putz-maschinen

Für die experimentelle Ermittlung der Wasseraufnahme von Putzen werden nach DIN 52617 (1987) kreisrunde Proben von 20 cm Durch-messer und 2 cm Dicke verwendet, die entweder auf einer wasserun-durchlässigen Unterlage oder nach den Erfahrungen über den Einfluss der Saugfähigkeit des Putzgrundes auf einem saugfähigen Untergrund hergestellt werden. Nach Vereinbarung wurden häufig ebene Poren-betonplatten verwendet, auf die vor dem Aufbringen des Frischmörtels ein saugfähiges Papier aufgelegt wurde, um die Putzscheibe nach Erhär-tung abnehmen zu können. Die Nachbehandlung bis zur Prü-fung nach 28 Tagen richtet sich nach der Art des Bindemittels, die bei mineralischen und organischen Bindemitteln unterschiedlich ist (nach DIN 52617) und sich auch entsprechend gemachter Erfahrungen än-dern konnte.

Herstellen von Prüfkörpern

Aus dem linearen Verlauf der gravimetrisch ermittelten Feuchteauf-nahme in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit wird der Wasseraufnahmekoeffizient w in $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0.5})$ berechnet. Wenn sich keine lineare Abhängigkeit ergibt, wie z. B. in Bild 8 bei einem Sanier-putz im Vergleich zu einem Kalkzementputz, dann deutet das auf eine Strukturänderung des Putzgefüges unter dem Einfluss der Feuch-tigkeit hin (Quellen). Mit zunehmender Dauer des Wasserkontaktes wird beim Sanierputz in Bild 8 die Wasseraufnahme geringer.

Messung und Auswertung

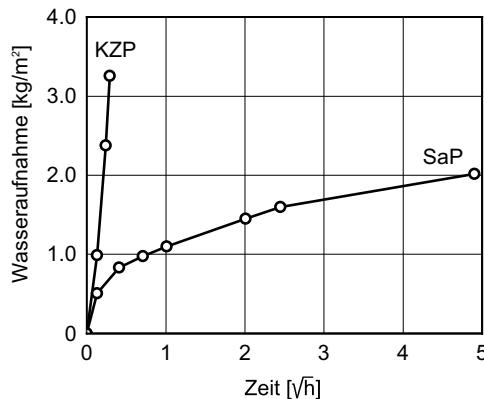


Bild 8: Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit von folgenden Putzen:

KZP: Kalkzementputz 1885 kg/m^3 , $w = 13,6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$

SaP: Sanierputz 795 kg/m^3 , mit der Zeit abnehmender w -Wert

Reduzierte Wasseraufnahme infolge Quellung

Bei quellfähigen Stoffen kann die Wasseraufnahme nicht nur durch äußere Kräfte reduziert werden, wie durch Bild 5 demonstriert, sondern auch durch innere Spannungen, die durch den Quellvorgang veranlasst werden. Wenn man eine Holzprobe in Wasser untertaucht, dann nimmt der benetzte äußere Teil Wasser auf und quillt. Dieser Quellung wird aber durch die nicht benetzten inneren Bereiche der Holzprobe entgegengewirkt, wodurch im benetzten Teil Druckspannungen und eine Quellbehinderungen entstehen. Bei stark quellfähigem Material wie Holz kann das zu erheblichen Unterschieden in Abhängigkeit von der Form und Größe der Holzprobe führen. So wurden z. B. bei eintägiger Unterwasserlagerung zweier Würfel aus dem gleichen Holz von $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$ bzw. $16 \times 16 \times 16 \text{ cm}^3$ folgende Werte der Wasseraufnahme und Volumenzunahme gemessen [7]:

kleiner Würfel $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$

Wasseraufnahme: 30 M.- %

großer Würfel $16 \times 16 \times 16 \text{ cm}^3$

Volumenzunahme: 4,6 %

Wasseraufnahme: 13 M.- %

Volumenzunahme: 2,0 %

Bei dem großen Würfel haben somit die inneren Spannungen zu einer deutlich geringeren Quellung und geringeren Wasseraufnahme geführt als bei dem kleinen.

Am Fraunhofer IBP wurden und werden Messungen der kapillaren Wasseraufnahme und der Wasserdampfdurchlässigkeit generell an runden Putzscheiben von 20 cm Durchmesser und 2 cm Dicke vorgenommen, also eine Dicke, die bei Putzen in der Praxis üblich ist, und die auch Eingang in die DIN 52617 (siehe oben) und in die Diffusionsnorm DIN 52615 (1987) gefunden haben. Mörtelprismen von 4 cm × 4 cm × 16 cm wie zur Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit auch zur Messung der Wasseraufnahme zu verwenden, ist nicht vertretbar. Vor Jahrzehnten durchgeführte Vergleichsuntersuchungen am Fraunhofer IBP ergaben, dass sich die Ergebnisse in beiden Fällen deutlich unterscheiden: Die Messungen an Mörtelprismen lieferten grundsätzlich größere w -Werte als die Messungen an Putzscheiben aus dem gleichen Material. An Prismen von Mörteln unterschiedlicher Saugfähigkeit wurden die in Bild 9 dargestellten Durchfeuchtungsbilder festgestellt. Sie lassen erkennen, dass bei den Prismen deutliche ›Randeffekte‹ zur Wirkung kommen. Das kann durch eine gewisse Entmischung des Mörtels beim Einbringen in die tieferen, engen Formen bedingt sein, oder durch eine geringere Quellbehinderung bei den Prismen (kleineres Volumen als bei Scheiben). Das Verhältnis der Probenrandlänge zur Saugfläche ist beim Prisma anders als bei der Scheibe, wie beim kleinen Holzwürfel.

Saugversuche nur an Putzscheiben sinnvoll

Ein weiterer Gesichtspunkt spricht gegen die Prüfung der Saugfähigkeit an Prismen, an denen nur eine bestimmte Putzart geprüft werden kann. Oft ist aber ein Putzsystem aus mehreren Schichten oder ein Putz mit Beschichtung zu prüfen. Das ist nur mit Proben machbar, an denen die gewünschte Schichtung flächig aufgebracht werden kann.

Bei Prismen keine Schichtmaterien prüfbar

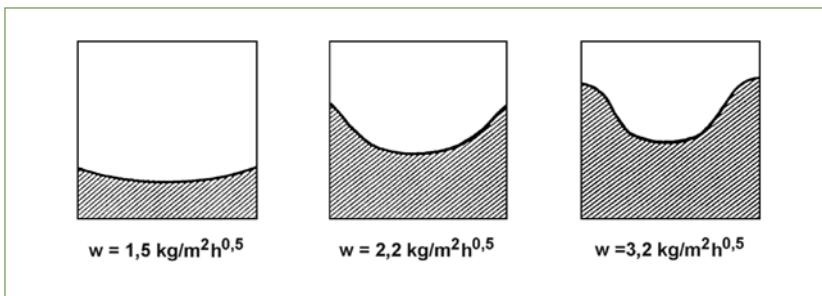


Bild 9: Durchfeuchtungsbilder bei Mörtelprismen unterschiedlicher Saugfähigkeit, die nach einstündigem Saugen aufgebrochen worden waren. Je größer die Saugfähigkeit (w -Wert), desto stärker treten die Randeffekte auf (bereits in [4] veröffentlicht).

Wasserdampf-durchlässigkeit

Für die Messung der Wasserdampfdurchlässigkeit gilt das Gleiche wie für die Messung der Saugfähigkeit: Die Messung muss an Putzscheiben erfolgen, und zwar an denselben Proben wie zur Messung der Saugfähigkeit, wenn beide Messwerte zur Beurteilung des Regenschutzes dienen sollen (siehe unten). Nur dann ist die Gewähr gegeben, dass beide Messwerte an Proben gleicher Kapillarstruktur ermittelt werden und damit gewissermaßen kompatibel sind. Dies ist nicht der Fall, wenn z. B. ein Wert an einem Prisma und der andere an einer Putzscheibe ermittelt wird.

Zur Ermittlung der Dampfdurchlässigkeit einer Beschichtung wird die Differenz zwischen der zunächst unbeschichteten Probe und anschließend der Probe mit Beschichtung gemessen, wobei das Trägermaterial entsprechend der praktischen Anwendung gewählt wird.

2.2.2 Bewitterte Putze auf Mauerwerk

Die Abhängigkeit der Saugfähigkeit von Außenputzen vom Putzgrund und den Feuchteverhältnissen bei der Putzerhärtung werfen die Frage auf, inwieweit die im Laborversuch gemessenen w-Werte repräsentativ und damit übertragbar sind auf die Verhältnisse in der Praxis. Insbesondere bei Baustellenmörtel (ohne besondere Zusätze) ist – wie dargelegt – die Abhängigkeit von der Anfangssituation groß. Diese Frage kann durch Bild 10 beantwortet werden. Ausgehend von Labor-Messwerten verschiedener Putze sind an entnommenen Proben derselben Putze von bewitterten Wänden Messwerte aus späteren Zeiten aufgezeichnet. Die Änderung (Verbesserung) ist besonders bei den Putzen ohne Zusatzmittel groß, die aber hinsichtlich der Eingruppierung in eine Regenschutz-Beanspruchungsgruppe von geringem Interesse sind. Bei Putzen mit wasserabweisenden Zusatzmitteln und bei Kunstharzputzen sind dagegen die Änderungen relativ gering. Da es bei der Fragestellung in erster Linie darum geht, das Prädikat ‚wasserabweisend‘ zu bewerten bzw. zu kontrollieren, sind die größeren Unterschiede bei Putzen ohne Zusatzmittel ohne Belang. Die Anforderungen an wasserabweisende Putze werden in Kapitel 4.2 erläutert.

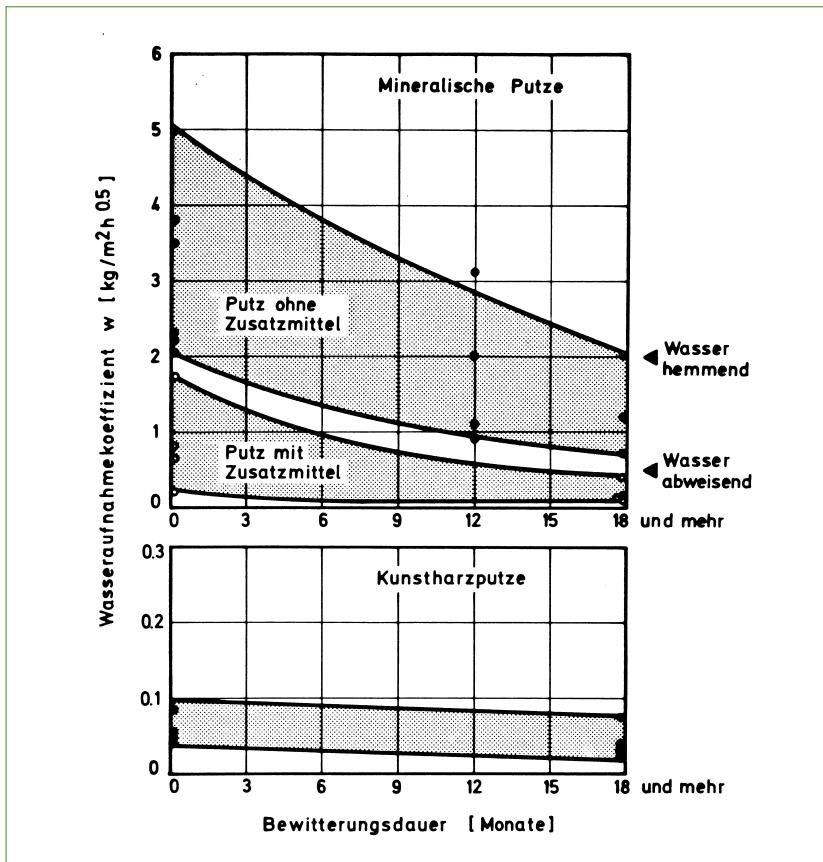


Bild 10: Zeitliche Änderungen der Wasseraufnahmekoeffizienten von Putzen aufgrund von Messungen an Laborproben nach DIN 52517 und an Proben aus bewitterten Wänden derselben Putzart in der Freiland-Versuchsstelle des Fraunhofer IPB, Holzkirchen.

Oben: mineralische Putze nach DIN 18550-2

Unten: Kunstharzputze nach DIN 18558 (beachte: unterschiedliche Ordinaten-Maßstäbe)

2.2.3 Folgerungen

Messungen der kapillaren Wasseraufnahme und der Wasserdampf-Durchlässigkeit sind nur an Putzscheiben sinnvoll, auf die auch ggf. zusätzliche Beschichtungen zur Prüfung aufgebracht werden können. Würfel oder Prismen sind dafür ungeeignet. Voraussetzung ist, dass zur Beurteilung des Regenschutzes von Putzen w -Wert und s_d -Wert an ein und derselben Probe ermittelt werden.

3 Putze auf verschiedenen Mauerwerksarten

Der Wunsch nach rationelleren Baumethoden wurde schon um die Wende zwischen dem 19. und 20. Jahrhundert laut. Neben der Wohnungsnot in den Gründerjahren war dafür auch das Transportproblem für Baustoffe eine wesentliche Triebfeder. Als Ersatz für Mauerwerk aus massiven Vollsteinen wurden ›Sparwände‹ mit Isolierluftschichten und Lochsteinwände entwickelt. Die damals aufgekommenen Hochloch- und Langlochziegel entstanden nicht in erster Linie aus Wärmeschutzgründen, sondern zunächst zur Gewichtsreduzierung. Erst ab Mitte des 20. Jahrhunderts trat der Gesichtspunkt der Wärmedämmung in den Vordergrund. Das wirkte sich auch auf die Wahl und Ausführung des Außenputzes aus.

Rationalisierung und Transportprobleme

3.1 Mauerwerk aus kleinformatigen Vollsteinen

Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts war die 1½-Stein dicke Vollziegelwand (=37,5 cm) die Standardwand, die den Mindestwärmehämmwert repräsentierte. Sie wurde ›im Verband‹ gemauert, das heißt, dass jeweils ›Läufer-‹ und ›Binder-‹ Steinreihen aufeinander folgen. Dadurch und wegen relativ geringen Festigkeitsunterschieden zwischen Stein und Mörtel bildete eine solche Wand eine quasi-homogene, ›monolithische‹ Scheibe mit einer gleichmäßigen Tragfähigkeit und einer hohen Festigkeit gegenüber Querschubkräften; solche Wände haben eine große ›Flächenstabilität‹. Dies trifft nicht nur für Ziegelwände der genannten Art zu, sondern auch für entsprechendes Mauerwerk aus kleiformatigen, schwindfähigen Mauersteinen, z. B. Kalksandvollsteinen oder Leichtbetonvollsteinen. Bei kleinen Steinformaten liegen mögliche Schwindungen der Mauersteine in einem Bereich, der in der Regel durch Fugenmörtel und Außenputz schadlos aufgenommen wird.

Läufer/Binder-Mauerverband

Hohe Flächenstabilität des massiven Mauerwerks

Bei solchem Mauerwerk mit großer Flächenstabilität waren hydro-thermische Einwirkungen und damit Spannungen bzw. Formänderungen nur von außen, durch die Bewitterung, zu berücksichtigen. Nach Erfahrungen wurden in diesem Fall zweilagige Außenputze gewählt: eine erste, dickere Lage zur Egalisierung der Mauerwerksoberfläche und nach Oberflächentrocknung eine zweite, dünnerne Lage zur Verfüllung ggf. entstandener Schwindrisse im Putz und zur Oberflächen-gestaltung.

3.2 Mauerwerk aus wärmedämmenden Blocksteinen

Größere Mauersteine (Blocksteine) wurden zunächst aus Bims- und Schlackenbeton hergestellt. Die Abmessungen der Blocksteine richteten sich aus Verarbeitungsgründen nach deren Gewicht. Die Stein-dicke entsprach in der Regel der Wanddicke, sodass keine parallel zur Wandfläche verlaufenden Stoßfugen vorhanden waren, die den Regenschutz verbessern können, wie bei kleinformatigen Mauersteinen. Dies und die geringere Wanddicke minderten den Regenschutz solcher Wände.

Gegenläufige Weiterentwick-lungen

In der weiteren Entwicklung traten zwei Gesichtspunkte auf, die gegenläufige Maßnahmen erforderten. Außenanstriche auf der Basis von Kunstharzdispersionen wurden zunehmend angewandt, da diese Anstriche sehr deckfähig und leichter zu verarbeiten waren als mineralische Anstriche. Der höhere Diffusionswiderstand dieser Dispersionsanstriche behinderte aber die Karbonatisierung der vorwiegend kalkgebundenen Putze und das hatte oft Putzschäden zur Folge. Abhilfe wurde in der Verwendung von mehr hydraulisch erhärtenden Bindemitteln gesehen. In der Ausgabe von 1985 der Putznorm DIN 18550-2 wurden daher für verschiedene Putzmörtelgruppen Mindestwerte der Druckfestigkeit festgelegt, die zu höheren Festigkeiten der Putze führten. Die dadurch insgesamt härteren Außenputze waren nach der Energiekrise wiederum für die zunehmende Verwendung von wärmedämmendem Leichtmauerwerk nicht passend.

Weiche Putze für Leichtmauerwerk

Dies führte wieder zur Bevorzugung von ›weicheren‹ Putzen (was immer man darunter verstehen möchte), eben Putze, die besser zum Steingefüge passten, wie z.B. in Bild 11 zu erkennen. Daraus entwi-



Bild 11: Schnitt durch Porenbeton mit aufgebrachtem Leichtputz. Die Strukturähnlichkeit zwischen dem Putzgrund Porenbeton und dem Putz ist optisch erkennbar.

ckelten sich dann Leichtputze mit Leichtzuschlägen, die in DIN 18550-4 (1993) genormt sind und welche das Auftreten von Putzrissen auf Porenbeton und Leichtbeton deutlich reduzierten.

Wieder einen Zeitschritt zurück: In den 1980er-Jahren hat man zunehmend auch an Außenwänden aus großformatigen, porosierten Hochlochziegeln Putzrisse festgestellt, – mit Verwunderung, denn Ziegelmauerwerk galt ja bisher als ziemlich rissresistent. Aber mit der Verbesserung der Wärmedämmung wurden nicht nur die Porosierung und die Lochung im Hinblick auf den Wärmeschutz optimiert, sondern zur Reduzierung von Wärmebrücken wurde man auch sparsamer bei der Vermörtelung der Mauerblöcke durch Einführung von Dünnbett- oder Klebefugen und durch Verzicht bzw. nur Teilausführung der Stoßfugen-Vermörtelung.

Putzrisse auch auf Ziegelmauerwerk

Hochlochziegel sind heterogen, d. h. die Festigkeit ist in Belastungsrichtung und senkrecht dazu unterschiedlich. Die Querfestigkeit kann bis um den Faktor 5 kleiner sein als die Normdruckfestigkeit. Bei fehlender Stoßfugen-Vermörtelung müssen diese Querkräfte allein über die dünnen Lagerfugen aufgenommen werden. Solche Querkräfte bil-

Geringe Flächenstabilität auch bei Leichtziegelmauerwerk

den sich z. B. im Bereich jeder Maueröffnung in einer Wand. Durch Kraftumlenkung im Fenstersturz und Kraftzusammenführung im Brüstungsbereich entstehen horizontale Kräfte. Putzrisse, die dadurch entstehen, sind weder putzbedingt noch putzgrundbedingt, sondern konstruktionsbedingt, d. h. von der Planung und Konstruktion im Einzelfall abhängig.

Unterschiedliche Ursachen geringer Flächenstabilität

Das Entstehen von PutzrisSEN infolge geringer Flächenstabilität des Mauerwerks kann somit unterschiedliche Ursachen haben, aber die Auswirkung ist dieselbe: bei bindemittelgebundenen Leichtmauerblöcken ist es vorwiegend das Schwinden, bei heterogenen Ziegelblöcken die verminderte Querfestigkeit oder in manchen Fällen beides zusammen. Ein gewisser Nachteil besteht bei Ziegelmauerwerk noch durch geringeres Kriechen oder Relaxation im Vergleich zu bindemittelgebundenen Baustoffen. Kriechvorgänge dürften bei Ziegelmauerwerk hauptsächlich durch das Mörtelfugennetz ermöglicht werden, das bei der heutigen Vermörtelung von Leichtziegeln nur noch rudimentär vorhanden ist. Beispiele von PutzrisSEN auf Leichtwänden aus Porenbeton und porosierten Hochlochziegeln sind in den Bildern 12 und 13 dargestellt. Hinsichtlich der Schadensanfälligkeit besteht somit zwischen schwindfähigem Leichtmauerwerk und heterogenem Ziegelmauerwerk kein grundsätzlicher Unterschied mehr.

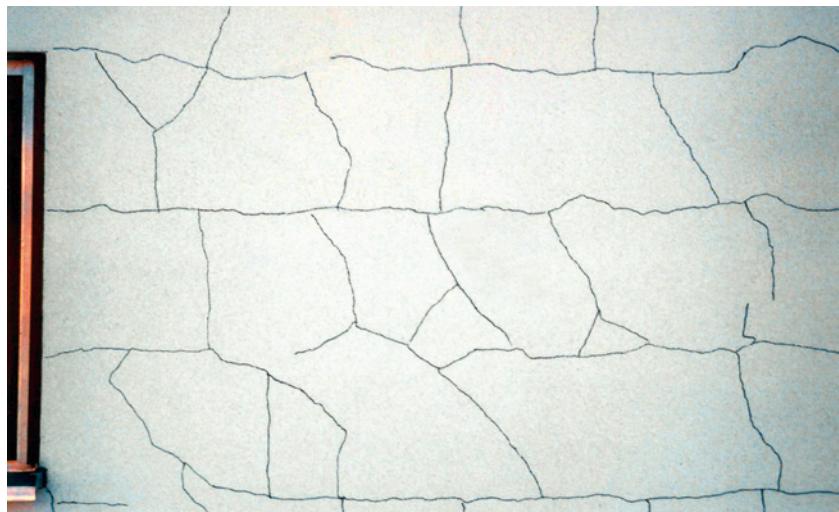


Bild 12: Fugen- und Kerbrisse (nachgezeichnet) im Außenputz auf Mauerwerk aus Porenbeton (Versuchshaus). Die Lagerfugen sind fast durchgehend erkennbar. Infolge Kerbwirkung pflanzen sich Stoßfugenrisse zum Teil in angrenzenden Steinlagen fort. [1]



Bild 13: Putzrisse (nachgezeichnet) im Außenputz auf Mauerwerk aus Leichtziegeln (Versuchshaus). An der Maueröffnung rechts ist zu erkennen, dass der Horizontalriss einer Lagerfuge folgt, wie auch der obere Riss. Die vertikalen Risse entsprechen Stoßfugen, davon abweichend einige Kerbrisse. [1]

3.3 Mauerwerk mit Außendämmung

Neben der im vorangegangenen Kapitel geschilderten Entwicklung des Verputzens von Mauerwerk aus kleinformatigen Vollsteinen zu Mauerwerk aus wärmedämmenden Blocksteinen erfolgte fast zeitgleich eine Entwicklung von Außendämmssystemen für Mauerwerk, die aber nicht von ‚professionellen Putztechnologen‘ initiiert worden war, sondern quasi von Fachfremden, die keine Kenntnis von der Putzregel ‚weich auf hart‘ hatten (oder diese ignorierten). Es ist dies die Entwicklung von Wärmedämmverbundsystemen (WDV-Systemen, 1959) und von Wärmedämmputzsystemen (1968). Der Anstrichtechniker Edwin Horbach erprobte Außendämmungen, die mehr einem ‚Tapezieren‘ ähnelten und damals zunächst als ‚Thermohaut‘ bezeichnet worden waren. Und die Firma Rhodius suchte eine Absatzmöglichkeit für Abfälle aus ihrer Hartschaumproduktion für EPS-Wärmedämmputze.

Wärmedämm-putze und WDV-Systeme

WDV-Systeme widersprachen dem, was man sich seit Jahrhunderten unter einer ‚massiven Außenwand‘ vorstellte. Aber die Entwicklung zeigte, dass die ‚Verletzlichkeit‘ gar nicht das Problem war, das man

WDV-Systeme – zunächst ohne Zulassung

zunächst befürchtet hatte. Insbesondere nach der Energiekrise erwies sich dieses Dämmssystem als eine wirtschaftliche Maßnahme zur Erhöhung der Gebäudewärmedämmung. Aber auch bei Neubauten kam dieses System bald zur Anwendung, auch mit unterschiedlichen Dämmstoffen und mineralischen Außenputzen. Eine Zulassung für WDV-Systeme ist erst seit 1994 erforderlich im Hinblick auf schwere Dämmsschichten und dickere Putze und aus Gründen der europäischen Harmonisierung.

EPS-Wärmedämmputze – erst Zulassung dann Normung

Bei Wärmedämmputzen lag eindeutig eine Abweichung gegenüber der in der Putznorm enthaltenen Putzregel ›weich auf hart‹ vor, da ein mineralischer Oberputz härter ist als ein wärmedämmender Unterputz mit einer Rohdichte von etwa $0,2 \text{ kg/dm}^3$. Deshalb war zunächst für die Anwendung von Wärmedämmputzen eine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik erforderlich. Nach jahrelanger Bewährung wurde 1991 die Zulassung durch DIN 18550-3 ersetzt.

Praktische Bewährung der Dämmssysteme

Die Neuartigkeit der Dämmssysteme hatte zur Folge, dass ausgeführte Objekte in der Praxis kritisch überprüft und viele zusätzliche Untersuchungen vorgenommen worden sind. Bei vielen Besichtigungen, an denen ich selbst beteiligt war, habe ich festgestellt, dass sowohl Außenwärmesysteme als auch Wärmedämmputze hinsichtlich Rissen und Putzschäden oft in besserem Zustand waren als vergleichbare, umliegende Gebäude in konventioneller Ausführung. Damit erklärt sich auch die zunehmende Anwendung von WDV-Systemen in der Praxis und die Normung der Dämmputze.

3.4 Folgerungen

Während das frühere Mauerwerk eine hohe Flächenstabilität aufwies und allenfalls die Verhältnisse von Mischmauerwerk beim Verputzen zu berücksichtigen waren, besteht heute eine wesentliche Aufgabe des Außenputzes darin, eine Entkopplung zwischen dem Putzgrund und der äußeren Putzschicht zu bewirken. Gründe dafür sind eine geringere Flächenstabilität wärmedämmenden Leichtmauerwerks und eine heterogenere Rohbaufassade infolge von Fensterstürzen, Rollladenkästen und anderen Abweichungen im Putzgrund. Man kann diesen Fassadenzustand heute als den ›Normalfall‹ betrachten,

auf den ein Putz abgestimmt werden muss. Solche Rohbaufassaden erfordern eine erste Putzlage (Unterputz oder Grundputz) mit der Fähigkeit, bestehende Fugen oder entstehende Risse nicht in die äußere Putzschicht (Oberputz oder besser Deckputz bezeichnet) weiterzuleiten. Bei Leichtputzsystemen erfüllt die Aufgabe der Entkopplung der leichtere Unterputz, bei Wärmedämmputzsystemen der Wärmedämmputz und bei WDV-Systemen die Wärmedämmsschicht. Diese im Laufe der Entwicklung gewandelten Anforderungen an Außenputze werden in Bild 14 verdeutlicht, in dem dargestellt wird, dass ein kontinuierlicher Übergang zwischen der alten Putzregel und dem Entkoppeln von Deckputz und labilem Mauerwerk besteht. In dem mit ›Übergang‹ bezeichneten Zwischenbereich kann der stabile oder der labile Zustand vorrangig sein; das muss im Einzelfall entschieden werden. Die Bezeichnung ›labil‹ ist in der im Bild erläuterten Art zu verstehen. Das in Bild 14 skizzierte Schema wurde bereits vor 20 Jahren in einem Fachbeitrag zu dem Thema »Außenputze – früher und heute« veröffentlicht [9], also mit gleichem Titel wie das vorliegende Buch.

Es wird vorgeschlagen, die bisherige Benennung der Putzschichten anstatt nach ihrer Lage - Unterputz und Oberputz – nach ihrer Funktion vorzunehmen, nämlich mit Grundputz und Deckputz. Damit wird die physikalische Funktion der Putzlagen deutlich. Die Art des Grundputzes bestimmt die vorrangige Aufgabe (Dämmen, Entkoppeln, Sanieren), die jeweils durch den abschließenden Deckputz ergänzt wird.

Andere Benennung der Putzlagen

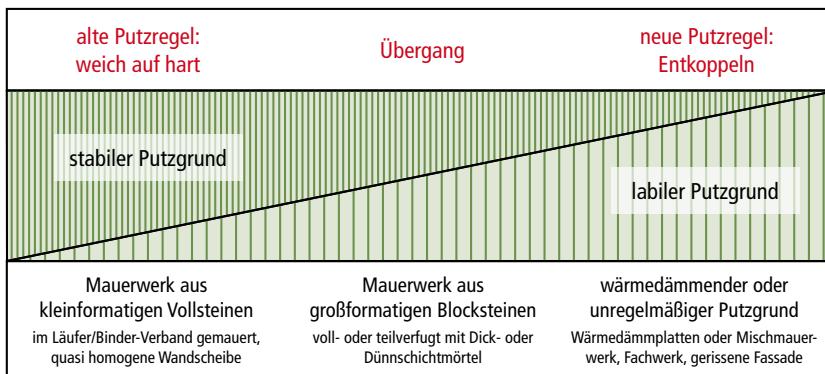


Bild 14: Schematische Darstellung über die Zuordnung von Putzaufbau (Putzregel) und Mauerwerk bzw. Putzgrund

4 Putze mit verschiedenen Eigenschaften

4.1 Außenputze nach DIN 18550

Bei bindemittelgebundenen Blocksteinen können die größeren Steinabmessungen bei hoher Anfangsfeuchte der Steine größere Schwindtendenzen zur Folge haben, die zu Putzrissen führen können, wenn dies nicht durch vollfügige und kraftschlüssige Vermörtelung vermieden werden kann. Anfang des 20. Jahrhunderts vermehrt aufgetretene Risse im Außenputz solchen Mauerwerks – über die u. a. Triebel berichtete [10] – wurden daher auf das Schwinden der Blocksteine zurückgeführt. Eine von Otto Graf, dem Leiter des Materialprüfungsamts der Technischen Hochschule Stuttgart 1941 veranlasste Erhebung in deutschen Hochbauämtern über die jeweilige Art und Weise des Verputzens sollte Hinweise zur Vermeidung solcher Putzrisse liefern. Hierbei haben sich 29 Hochbauämter von Aachen bis Wien und Konstanz bis Breslau beteiligt.

Putzrisse bei schwindfähigen Blocksteinen

Die Ergebnisse dieser Überprüfungen führten zu »Richtlinien für die Ausführung von Außenputzen« [11]. Damals wurde bevorzugt eingesumpfter Weißkalk verwendet, der als ergiebigstes und billigstes Putzbindemittel bezeichnet wird, mit gebietsweise unterschiedlichen Zusätzen von Portlandzement. Der Oberputz soll weicher und nachgiebiger als der Unterputz sein, damit die Wärmedehnungen, ferner das Schwinden und Quellen keine übermäßigen Spannungen verursachen. Andere meinen, dass Oberputz und Unterputz gleich hart sein sollen. Man kann einen solchen Putz, der keine spezielle bauphysikalische Funktion hat, auch als »Sichtputz« bezeichnen.

Ergebnisse der Überprüfung

Nach den Erfahrungen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gelten somit für das Verhältnis von Oberputz und Unterputz folgende Regeln:

Putzregel nach Richtlinie und DIN 18550

nach Richtlinie [11] (1950): »Der Oberputz darf nicht fester als der Unterputz sein.«

nach DIN 18550 (1955): »Grundsätzlich gilt die Regel, dass der Unterputz mindestens so fest sein muss wie der Oberputz.«

nach DIN 18550-2 (1985): »Die Festigkeit des Oberputzes soll im Allgemeinen geringer als die Festigkeit des Unterputzes sein, oder beide Putzlagen gleich fest.« Außerdem wurde ergänzt: »Bei der Festigkeitsabstufung zwischen dem Putzgrund und dem Unterputz ist diese Regel sinngemäß anzuwenden.«

nach E DIN 18550-1 (2013): Etwa gleiche Formulierung wie 1985

Die hier zum Ausdruck kommende Putzregel – kurz als Regel ›weich auf hart‹ bezeichnet – resultiert aus den früheren Erfahrungen und Erkenntnissen vor allem handwerklicher und ausführungstechnischer Art, wie in [1] näher erläutert wird (siehe auch Kapitel 5).

4.2 Wasserabweisende Putze

Minderung des Regenschutzes

In Kapitel 3.2 wurde ausgeführt, dass bei verputzten Wänden aus Blocksteinen mit Dickenabmessungen entsprechend der Rohbaudicke der Wand der Regenschutz geringer ist als bei Wänden aus kleinformatigen Steinen, vermauert im Läufer/Binder-Verband. Das wurde auch in der 1951 gegründeten Freiland-Versuchsstelle des Fraunhofer IPB [12] festgestellt. Die dort errichteten Versuchshäuser wurden – wie damals üblich – mit an der Baustelle hergestelltem Kalkzementmörtel verputzt und boten bei der dortigen klimatischen Beanspruchung keinen ausreichenden Regenschutz. Dies zeigte sich auch darin, dass bei Wohngebäuden in dieser Bauart in der Umgebung nachträglich zunehmend Wandbekleidungen auf Wetterseiten zur Verbesserung des Regenschutzes ausgeführt worden sind. Der Schlagregenschutz von Außenwänden erwies sich daher als ein vorrangiges Thema in der Freiland-Versuchsstelle.

Die Vorgänge der Wasseraufnahme einer verputzten Wand bei Berechnung und die Wasserabgabe in Trocknungsperioden wurden an verputzen, frei bewitterten Wandproben in Verbindung mit den in Kapitel 2.2 geschilderten Laboruntersuchungen ermittelt, die in [1] näher beschrieben sind. Diese Untersuchungen führten schließlich zur Definition von zwei Kennwerten für Außenputze, die einer Wand auch auf stark beanspruchten Wetterseiten einen ausreichenden Regenschutz boten, sog. »wasserabweisende« Außenputze. Dazu ist ein Wert zur Kennzeichnung der Wasseraufnahme des Putzes bei Berechnung (Wasseraufnahmekoeffizient w [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$]) und ein zweiter für die Trocknungsmöglichkeit (s_d -Wert [m]) zu ermitteln.

Beurteilung des Regenschutzes durch Putze

Die Untersuchungen erfolgten damals an mineralischen Außenputzen sowie an kunstharzgebundenen Putzen, die in den 1950er-Jahren auf den Markt gekommen sind und dichter waren als die mineralischen, und zwar dichter sowohl hinsichtlich der Wasseraufnahme als auch hinsichtlich des Dampfdurchgangs. Deshalb sind die Anforderungen in folgender Weise variabel gestaltet worden:

- Bei höherer Wasseraufnahme (w -Wert) muss der Diffusionswiderstand (s_d -Wert) entsprechend niedrig sein (z. B. bei mineralischen Putzen).
- Bei geringer Wasseraufnahme (w -Wert) ist ein höherer Diffusionswiderstand (s_d -Wert) zulässig (z. B. bei kunstharzgebundenen Putzen).

Festlegung der Anforderungswerte

Mathematisch ausgedrückt führt diese Forderung zu dem hyperbolischen Zusammenhang

$$w \cdot s_d = \text{constant}$$

Als Konstantfaktor wurde aus den durchgeföhrten Untersuchungen der Wert $0,1 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{h}^{0,5})$ ermittelt. Da die Einzelwerte w und s_d nicht beliebig groß sein sollen, wurden für diese folgende Grenzwerte festgelegt:

$$w \leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}) \text{ und} \\ s_d \leq 2 \text{ m}$$

Diese Arbeiten gehen auf das Jahr 1955 zurück und wurden an vielen Gebäuden zur Erprobung angewandt, bis sie nach ausreichenden Erfahrungen 1981 in die Wärmeschutznorm DIN 4108-3 und 1985 in die

Putznorm DIN 18550-1 aufgenommen worden sind, also nach 25- bis 30-jähriger Erprobung. Wegen der Neuheit dieser Regenschutz-Anforderung (in der Norm DIN 4108 gab es bislang nur wärmeschutztechnische Anforderungen), und weil manche Hersteller von Putzen damit noch nicht vertraut waren, wurde der Konstantfaktor von 0,1 auf $0,2 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{h}^{0,5})$ geändert, was eine gewisse Minderung der Anforderung bedeutete. Diese Anforderung ist in Bild 15 grafisch dargestellt (gelber Bereich).

Aktualisierung der Anforderungswerte

Die zur Energieeinsparung zunehmend geforderte höhere Wärmedämmung hat niedrigere Oberflächentemperaturen der Wandaußenflächen beheizter Gebäude zur Folge. Das mindert die Trocknungsmöglichkeit beregneter Wände. Durch Simulationsrechnungen wurde festgestellt, dass der ursprünglich gewählte Konstantfaktor $w\cdot s_d = 0,1 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{h}^{0,5})$ dieser Situation besser gerecht wird [13]. Außerdem wurden Kunstharzputze durch Veränderungen der Rezepturen und Bindemittel nach Vergleichsuntersuchungen in den letzten drei Jahrzehnten dampfdurchlässiger ([1], dort Bild 42) und nähern sich in dieser Hinsicht den Eigenschaften von mineralischen Putzen. Deshalb wurde die in Bild 15 grün dargestellte Bereichsreduzierung vorgeschlagen. Neben der Grundanforderung $w\cdot s_d \leq 0,1 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{h}^{0,5})$ (im Bild nicht eingezeichnet) stellt der im Bild angegebene grüne Bereich eine Idealanforderung dar.

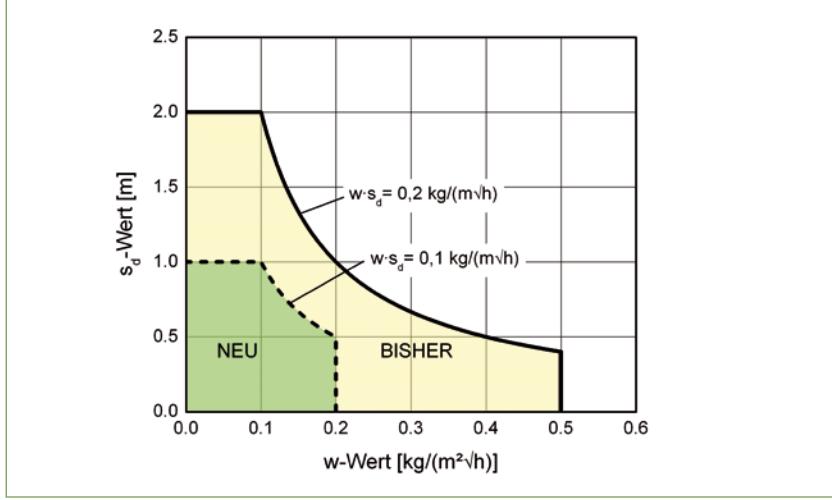


Bild 15: Eigenschaftsbereiche w/s_d von wasserabweisenden Außenputzen (mineralische Putze und Kunstharzputze) nach DIN 4108-3 (gelb) und vorgeschlagene Bereichsreduzierung (grün)

4.3 Entkopplungsputz

Die positiven Erfahrungen mit Leichtputzen, Wärmedämmputzen und WDV-Systemen bestätigen, dass ein ›entkopplungsfähiger‹ Grundputz zwischen dem Mauerwerk – oder allgemein dem Putzgrund – und dem abschließenden Deckputz generell der zweckmäßige und schadensverhindernde Putzaufbau bei wärmedämmenden Wandbildnern ist, also gewissermaßen nach der Putzregel ›hart auf weich‹.

Das praktizierten schon die Griechen und Römer in der Antike beim Verputzen von Fachwerkwänden, die im Vergleich zu Ziegelwänden durch das unterschiedliche Formänderungsverhalten von Holz und Ausfachung ebenfalls heterogen und damit ›instabiler‹ als Ziegelwände sind. Zum Verputzen solcher Wände nutzten sie das ›Entkopplungsprinzip‹ in folgender Weise, wie das Vitruv in seinem 7. Buch beschreibt [14]: *»Wenn die ganze Wand mit Lehm bestrichen ist, dann befestige man daran mit breitköpfigen Nägeln durchlaufendes Röhricht. Nachdem dann wiederum eine Lehmschicht gelegt ist, soll, wenn die frühere Röhrichtschicht in horizontaler Lage befestigt ist, eine zweite Röhrichtschicht in vertikaler Richtung festgenagelt werden, und dann soll, wie oben beschrieben, Mörtel aus feinem Sand und Mörtel aus Marmor und der ganze Verputz aufgetragen werden. So wird die doppelte durchlaufende Reihe von Röhricht, die mit sich kreuzenden Lagen an den Wänden festgemacht ist, weder das Abbröckeln noch das Entstehen von irgendwelchen Rissen zulassen.«* Die beiden mit Lehm verbundenen Rohrschichten bilden die weiche, entkoppelnde Schicht, auf die dann der abschließender Oberputz kommt, wie an anderer Stelle von Vitruv¹ beschrieben wird. Eine Schemadarstellung des Putzaufbaus nach Vitruv im Vergleich zu einem heutigen Aufbau mit Wärmedämmputz zeigt Bild 16.

Putzaufbau in der Antike

¹ Marcus Vitruvius Pollio – so sein voller Name – wurde zwischen 70 und 60 v. Chr. geboren und starb etwa 10 v. Chr. Er war mit Caesar in den Kriegen in Spanien, Gallien und Britannien für den Bau von Kriegsmaschinen verantwortlich. Nach Caesars Tod 44 v. Chr. verlegte er sich auf das Schreiben der Bücher.

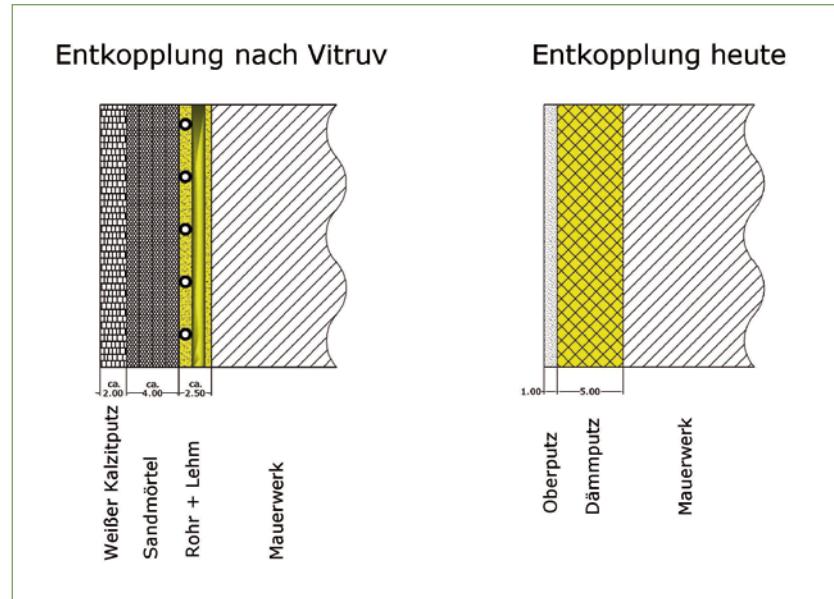


Bild 16: Schematische Darstellungen eines Wandaufbaus mit Entkopplungseffekt zwischen konstruktiver Wand und dem Fassadenputz nach der Darstellung von Vitruv [14] nach Ermittlungen von Ludwig Curtius an Bauten in Pompeji im Vergleich zu dem Aufbau eines Wärmedämmputzsystems heutiger Art. Die jeweiligen Entkopplungsschichten sind gelb gekennzeichnet.

Schilfrohrmatte als Putzträger

Bei alten, verputzten Fachwerkhäusern findet man oft zwischen Fachwerk und Putz eine einlagige Schilfrohrmatte. Diese ist aber eher als Putzträger zu bewerten denn als Entkopplungsschicht, nicht wie die über Kreuz verlegten zwei Matten mit Lehm, die zusammen eine geringere Festigkeit haben als der folgende Putz und damit als Entkopplung wirken. Offensichtlich geriet das antike Konstruktionsprinzip im Laufe der Jahrhunderte in Vergessenheit.

Ein bionischer Vergleich

Im Übrigen entspricht der Aufbau ›hart auf weich‹ für eine Außenoberfläche einer Übertragung von Phänomenen aus der Biologie in die Technik (Bionik): Tiere sind im Allgemeinen gegen Wärme und Kälte durch ein Fell oder ein Gefieder geschützt. Bei geringer Temperaturwechselbeanspruchung reicht allein die Haut. Robuster gegen mechanische Einwirkungen sind die Dickhäuter. Die Haut eines Dickhäuters besteht aus drei Schichten: Aus der mehr oder weniger verhornten Oberhaut, der darunterliegenden Lederhaut, die mit ihrer faserigen Struktur der Oberhaut einen guten Halt gibt, und schließlich der Unterhaut aus lockeren Bindegewebefasern, die eine elastische Verbin-

dung zu der darunterliegenden Muskulatur oder den Knochen herstellt und Stöße dämpfen oder zur Wärmedämmung mit einer zusätzlichen Fettschicht ausgebaut werden kann, also auch nach dem Prinzip der Entkopplung.

Die Richtigkeit dieser empirischen Entwicklung in der Putztechnologie wird durch messtechnische Untersuchungen voll bestätigt, die in verschiedenen Veröffentlichungen beschrieben worden sind (z. B. [1], [3]). Hier soll aus den genannten Veröffentlichungen das Bild 17 angereiht werden, aus dem zu entnehmen ist, dass das Entkopplungsmaß durch Leichtputze und Dämmputze umso größer ist, je weicher der Grundputz (also der Leicht- oder Dämmputz) und je härter der Deckputz ist. In der Praxis gibt es somit, je nach Flächenstabilität des Mauerwerks, verschiedene Möglichkeiten, ein ‚passendes‘ Putzsystem zu wählen.

Durch
Forschungs-
ergebnisse
bestätigt

Die qualitativen Ausdrücke ‚weich‘ und ‚hart‘ sollten quantifiziert werden können. Dem sind aber Grenzen gesetzt, je nach den Eigenschaften der infrage kommenden aneinandergrenzenden Stoffe. Als maßgebliche Eigenschaften sind zu nennen: die Haftfestigkeit zwischen den beiden Stoffen sowie von jedem Stoff E-Modul, Festigkeit,

Zulässige Härte-
unterschiede

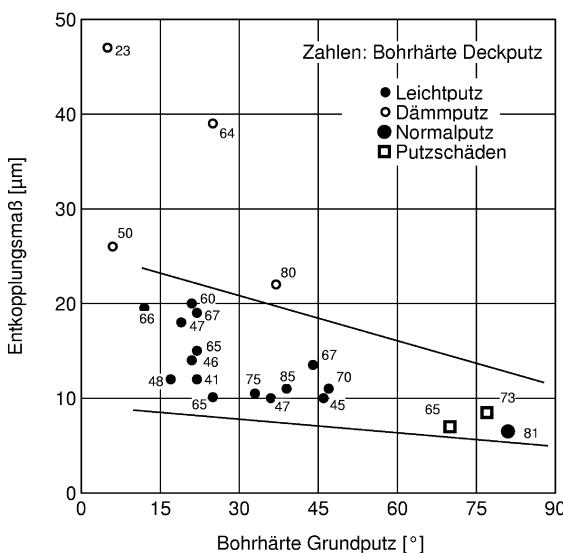


Bild 17: Entkopplungsmaße von handelsüblichen Leichtputzsystemen in Abhängigkeit von der Bohrhärte des Grundputzes (15 mm) mit Zahlenangaben (bei den Messpunkten) der Bohrhärte des jeweiligen Deckputzes (5 mm)

thermische und hygrische Formänderungen, und das möglichst temperatur- und alterungsabhängig. Dies dürfte kaum möglich sein, auch im Hinblick auf die Unterschiede der an Proben ermittelten Stoffkennwerte gegenüber den tatsächlichen Werten am ausgeführten Objekt (siehe Kapitel 2).

Praktische Erfahrungen Für EPS-Wärmedämmputze wurden in Zulassungen und bei der späteren Normung folgende Werte der Druckfestigkeit festgelegt:

wärmedämmender Unterputz: mindestens $0,4 \text{ N/mm}^2$
 harter Oberputz: zwischen $0,8$ und $3,0 \text{ N/mm}^2$

Diese Werte sind ›gegriffen‹, haben sich aber bisher bewährt, d.h. es sind bei Einhalten dieser Werte keine negativen Erfahrungen gemacht worden. In Extremfällen könnte danach (theoretisch) der Oberputz um den Faktor 2 bis 7,5 härter sein als der Unterputz. Es wird wohl in absehbarer Zeit nichts anderes in Frage kommen, als – wie beim Wärmedämmputz und wie bei WDV-Systemen – auf Erfahrungen in der Praxis zurückzugreifen.

Gegen Putzregel ›weich auf hart‹ Die Tatsache, dass solche Festigkeitsunterschiede und sogar noch größere Unterschiede schadenfrei möglich sind, wenn man z.B. die Verhältnisse bei WDV-Systemen zwischen dem Putz und Putzgrund im Vergleich zu üblichem verputztem Mauerwerk betrachtet, widerlegen im Übrigen einmal mehr die Begründung für die Putzregel ›weich auf hart‹ in DIN 18550.

4.4 Armierungspusze

Über Eigenschaften und Wirkmechanismen von Putzen mit Gewebeeinlagen wurden bisher keine systematischen Untersuchungen vorgenommen. Man hat durch Erfahrung festgestellt, dass Armierungspusze – richtig ausgeführt – funktionieren. Lediglich an zwei unterschiedlichen Ausführungen von Armierungspuszen konnten am Fraunhofer IPB im Rahmen einer Vergleichsprüfung zur Ausführung von Fenstereckarmierungen bei WDV-Systemen Ergebnisse gewonnen werden, die nachfolgend beschrieben werden. Geprüft wurden ein Dünnputzsystem und ein Dickputzsystem mit folgenden unterschiedlichen Mörteln bzw. Gewebeeinlagen:

Dünnputzsystem:

ca. 6 mm Armierungputz mit Kalk und Zement als Bindemittel und 3 % Kunststoffzusatz, Größtkorn ca. 1 mm mit feinem Glasfaser-Armierungsgewebe (4-mm-Quadrat). Darauf ca. 4 mm Strukturputz entsprechend Plc mit Größtkorn 3 mm.

Dickputzsystem:

ca. 12 mm Armierungputz mit Kalk und Zement als Bindemittel und 1,5 % Kunststoffzusatz, Größtkorn ca. 2,5 mm mit grobem Glasfaser-Armierungsgewebe (10-mm-Quadrat). Darauf Strukturputz wie beim Dünnputzsystem.

Die Ergebnisse von Messungen der Zugfestigkeit bis zum Bruch an Proben der Größe 100 mm × 200 mm, sowohl ohne als auch mit Gewebeeinlage (nähere Angaben in [3]), sind in Bild 18 aufgezeichnet, woraus Folgendes ersichtlich ist:

Unterschiedlicher Einfluss der Armierung

- Beim Dünnputzsystem ist die Zugfestigkeit durch das Gewebe leicht erhöht und bis zum Bruch (Ende der gestrichelten Linie) um rund 25 % größer als ohne Gewebe.
- Beim Dickputzsystem ist die Zugfestigkeit dagegen ohne Gewebe größer als mit Gewebe. Offensichtlich wirkte sich die durch das fehlende Gewebe erhöhte Mörtelmasse günstiger auf die Zugfestigkeit aus als das zusätzliche Gewebe bei gleicher Gesamtdicke der Proben.

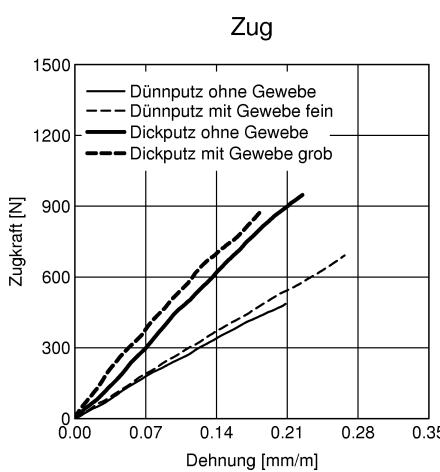


Bild 18: Zugkraft in Abhängigkeit von der Dehnung bei Zugversuchen an Dünn- und Dickputzen ohne und mit Gewebe; Mittelwerte, Kettfäden in Zugrichtung

Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass Armierungsputz und Gewebe zur Erhöhung der Zugfestigkeit aufeinander abgestimmt sein müssen. Das ist offensichtlich beim Dünnputzsystem gelungen, nicht jedoch beim Dickputzsystem. Entsprechend diesem Ergebnis hat sich auch bei Freilanduntersuchungen nur das Dünnputzsystem zur Vermeidung von FenstereckrisSEN als günstig erwiesen, nicht jedoch das Dickputzsystem.

Einfluss der Armierung

Die Erhöhung der Zugfestigkeit ist bei dem funktionierenden Dünnputzsystem mit 25 % gering. Trotzdem zeigen die praktischen Erfahrungen bei WDV-Systemen allgemein, dass durch einen geeigneten Armierungsputz Risschäden vermieden werden, die ohne Armierung auftreten. Bei vielen Untersuchungen an Armierungsputzen wurde weiterhin festgestellt, dass beim Abtragen des Deckputzes das Gewebe leicht freizulegen ist, wie beispielsweise in Bild 19 zu sehen. Das heißt, die Haftung zwischen Putz und Armierungsgewebe ist gering und das Gewebe kann auch als Trennschicht wirken, und die Gewebefäden als Sollbruchstellen für den Putz, wie ebenfalls aus Bild 19 hervorgeht. In der Regel bleibt bei Rissen im Armierungsputz das Gewebe unbeschädigt. Putzart und Putzdicke, Art des Armierungsgewebes und Haftverbund zwischen Putz und Gewebe sind für die Funktion eines Armierungsputzes maßgebend. Deshalb bestehen die Hersteller von WDV-Systemen darauf, alle Komponenten eines Fabrikats zu verwenden, das sich durch Erfahrung bewährt hat. Wie in anderen Fällen sollte aber auch hier angestrebt werden, Anforderungen an die Eigenschaften der einzelnen Komponenten festzulegen und damit auch die Funktionsweise optimieren zu können.

Rissüberbrückung nur mit Dämm-Schicht

Die relativ geringe Auswirkung eines Armierungsgewebes auf die Zugfestigkeit des Armierungsputzes überrascht, wenn man im Vergleich dazu die Stahlarmierung beim Beton betrachtet. Zum Verständnis der trotzdem positiven Wirkungsweise darf man aber nicht nur die Armierung durch das Gewebe, sondern muss man auch die Spannungsminderung durch eine schubweiche Dämmsschicht in Betracht ziehen; beides wirkt bei WDV-Systemen zusammen, wie im Folgenden ausgeführt wird. Die verwendeten Wärmedämmplatten, wie Schaumkunststoffe oder Mineralwolle, führen unter dem Einfluss von Temperatur und Feuchte Formänderungen aus, die sich in den Plattenstößen als Fugenbewegungen auswirken können (siehe [3], Bild 52). Wegen des niedrigen E-Moduls der Dämmplatten sind zur Vermeidung von Bewegungen der Plattenfugen aber nur kleine Zugkräfte

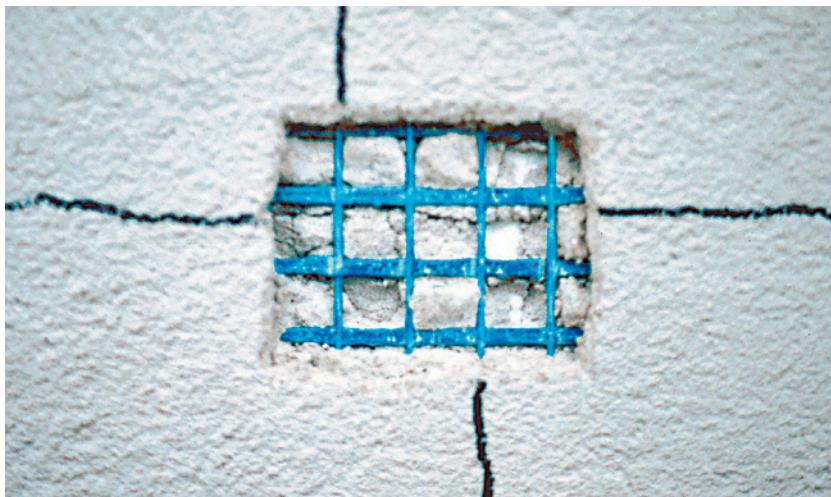


Bild 19: Risse im Putz auf einem WDV-System; längs Kett- und Schussfäden des Gewebes (mit Filzstift nachgezeichnet). Bei geringer Putzdicke wirken Gewebefäden als Sollbruchstellen. Die Haftung zwischen Mörtel und Gewebe war gering, weshalb das Gewebe leicht freizulegen war.

erforderlich, wie sie bei WDV-Systemen durch bewährte Armierungspuze ermöglicht werden können. Ohne Dämmplatten – also Putz unmittelbar auf Mauerwerk – entstehen bei Fugenbewegungen oder bei einer spontanen Rissentstehung im Mauerwerk lokal hohe Spannungsspitzen, die zu Putzrissen führen können. Durch die Zwischenschaltung einer schubweichen Schicht (gewissermaßen als Pufferschicht) werden die Spannungen auf einen breiteren Bereich verteilt und dadurch die Spannungsspitze erniedrigt, wie in Bild 20 schematisch dargestellt.

Ein solcher Armierungsputz funktioniert daher nur in Verbindung mit einer schubweichen Schicht – wie eine Dämmsschicht bei WDV-Systemen. Zur nachträglichen Sanierung einer gerissenen Putzfassade oder zur ›Festigung‹ alter Mauern ist ein Armierungsputz allein nicht geeignet.

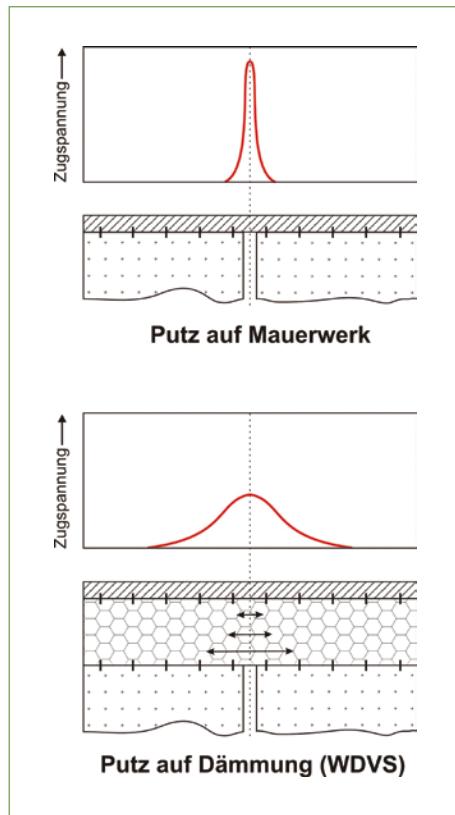


Bild 20: Schematische Darstellung der Wirkungsweise einer Putzarmierung bei WDV-Systemen. Bei starrem Verbund zwischen Mauerwerk und Putz (kleine Querstriche) entsteht unmittelbar an der sich aufweitenden Fuge eine Spannungsspitze im Putz (oberes Schema). Durch Zwischenschalten einer entkoppelnden Schicht wird die Fugenbewegung durch Formänderungen in dieser Schicht (Pfeile) auf einen größeren Bereich im Putz verteilt; dies verändert die Spannungsverteilung im Putz und reduziert die Spannungsspitze (Schema unten).

4.5 Sanierputze

Eine spezielle Putzart wurde für Altbauten entwickelt, bei denen aufgrund eines im Laufe der Zeit erhöhten Salzgehaltes Salzausblühungen und Putzschäden entstanden sind. Als Herkunft der Salze wurde bisher häufig ›aufsteigende Grundfeuchte‹ angenommen, die wegen fehlender Horizontalsperre Salze aus dem Erdreich eingebracht hat. Tatsächlich wurde aber der Salzeintrag hauptsächlich von außen in das Mauerwerk bei den früheren Umgebungsverhältnissen eingebracht. Diese Verhältnisse waren durch unbefestigte Straßen und Wege gekennzeichnet, die häufig wegen fehlender Kanalisation als Abwasserrinnen dienten. Das Wasser mit organischen Beimengungen (Exkreme, Urin und Fäulnisprodukte) enthielt Harnstoff, der durch das von Bakterien produzierte Enzym Urease in Ammoniak und mithilfe von Nitrifikanten in Nitrat umgewandelt wurde, daher auch der Name Mauersalpeter (näheres hierzu in [15]). Unter heutigen

Verhältnissen kommt das kaum mehr vor; höchstens ›Eigensalze‹ aus den Mauersteinen oder dem Mörtel können bei ungünstigen Randbedingungen ähnliche Effekte hervorrufen.

Diese Art von Mauersalzen ist hygrokopisch, d. h. nimmt Feuchtigkeit aus der Luft auf, wodurch der Putz oder die Mauersteine einen höheren Feuchtegehalt annehmen als aufgrund ihrer eigenen Hygrokopizität, und zwar umso mehr, je höher Salzgehalt und relative Luftfeuchte sind. Bei niedriger relativer Luftfeuchte gibt salzhaltiges Material Feuchtigkeit ab und das enthaltene Salz kann auskristallisieren. Bei Erhöhung der Luftfeuchte steigt die Materialfeuchte wieder und das Salz geht in Lösung. Der ständige Wechsel zwischen trocken und feucht bewirkt eine mechanische Beanspruchung, etwa entsprechend dem Gefrieren und Tauen von feuchtem Material. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Kristallisationsdruck entsprechend der Eissprengung. Dies ist die Ursache dafür, dass im Laufe der Zeit nicht nur Ausblühungen auftreten, sondern auch Materialschäden entstehen [15].

Die in der beschriebenen Weise von außen eingedrungenen ›bauschädlichen‹ Salze (wie sie oft genannt werden) sind vorwiegend im äußeren Wandbereich angereichert. Durch Entfernen des Putzes und Neuverputzen wird schon einmal eine gewisse Menge von Salzen entfernt. Wenn dann ein Sanierputz aufgebracht wird, dann ist der optische Nachteil der sichtbaren Salzausblühungen beseitigt und in der Regel auch die Schädigung durch Salzkristallisationen. Die Idee für die Entwicklung der Sanierputze war, den Feuchtetransport vom Mauerwerk nach außen durch Kapillarleitung (mit möglichem Salztransport) zu reduzieren und den Transport durch Dampfdiffusion zu fördern. Dies ist durch einen leicht hydrophobierten, porenenreichen (diffusionsoffenen) Putz möglich. Bild 21 zeigt ein Schema der Wirkungsweise. Wenn der Putz in zwei Lagen als System aufgebracht wird, soll der Grundputz weniger hydrophob sein als der darauf folgende eigentliche Sanierputz. Die dann kapillar mit Wasser in den Grundputz eingebrachten Salze finden einen großen Porenraum zum Auskristallisieren vor und sollen – bei richtig abgestimmten Putzlagen – nicht in den Oberputz gelangen.

Die unter diesem Gesichtspunkt erprobten Anforderungen an die beiden Putzlagen sind im WTA-Merkblatt 2-2-91 »Sanierputzsysteme« festgelegt. Seit mehr als drei Jahrzehnten werden Sanierputze und Sa-

Auswirkungen auf Materialfeuchte und Materialschäden

Wirkungsweise von Sanierputzen

WTA-Merkblatt

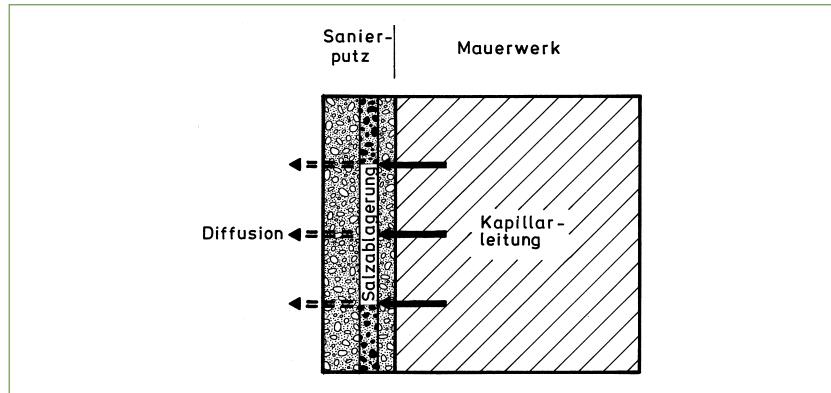


Bild 21: Schematische Darstellung der Wirkungsweise eines Sanierputzes. Der Sanierputz hat ein großes Porenvolumen, ist sehr wasserdampfdurchlässig und leicht hydrophobiert. Wasser mit gelösten Salzen dringt aus dem Mauerwerk kapillar nur zu einem Teil in den Sanierputz ein und wird dann durch Diffusion nach außen transportiert. Das Salz kann sich schadlos in den Poren absetzen.

nierputzsysteme mit Erfolg angewandt. Mehr und mehr wurde erkannt, dass sie nicht eine ‚begleitende Maßnahme‘ sind, wie anfangs angenommen, sondern die Hauptmaßnahme bei der Behandlung feuchten Mauerwerks [16]. Näheres über die Entwicklung und Anwendung von Sanierputzsystemen ist in [17] nachzulesen.

Feuchtetransport durch Sanierputze

Über die Beeinflussung des Feuchtetransports durch Putze wurden am Fraunhofer IBP Untersuchungen durchgeführt, über die hier kurz berichtet wird. Ziel der Untersuchungen war, den Feuchtetransport und die Eigenschaftsänderungen von Sanierputzen im Vergleich zu üblichen Putzen bei längerfristiger Salzeinwirkung zu erfassen. Dazu war es zweckmäßig zum Vergleich auch entsprechende Untersuchungen bei Einwirkung von salzfreiem Wasser durchzuführen. Von den zu prüfenden Putzen wurden kreisrunde Scheiben von 20 cm Durchmesser und 2 cm Dicke hergestellt, die – in ‚Diffusionstöpfen‘ eingebaut (Bild 22) – rückseitig langfristig entweder mit destilliertem Wasser oder mit einer Salzlösung in Kontakt waren (auf 1 Liter Wasser 35 g NaCl, 5 g Na₂SO₄ und 45 g NaNO₃).

Geprüfte Putze

Die Untersuchungen wurden an folgenden Putzarten vorgenommen: an drei Sanierputzen-WTA, bezeichnet mit A, B, C, an einem Grundputz-WTA, bezeichnet mit D und an einem Salzspeicherputz/Opferputz E. Zum Vergleich wurden zwei übliche Putze geprüft, ein Kalk-

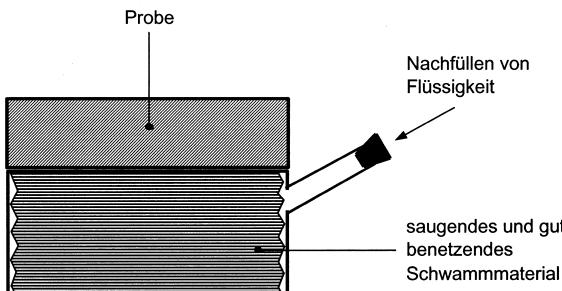


Bild 22: Schemadarstellung der Versuchsanordnung zur Prüfung des Feuchtedurchgangs durch Putzproben bei rückseitigem Kontakt mit Wasser bzw. Salzlösung (modifizierter Diffusionsversuch, d.h. Feuchtigkeit kann nicht nur durch Dampfdiffusion, sondern auch durch Kapillarleitung transportiert werden). Der benetzte Schwamm hat Kontakt mit der Probenunterseite und soll feuchtes Mauerwerk simulieren. Wasser oder Salzlösung können nach Bedarf nachgefüllt werden.

putz (K) und ein Kalkzementputz (Z), jeweils aus Baustellenmörteln ohne irgendwelche Zusätze. Die Sanierputze hatten eine Rohdichte von rund 1000 kg/m^3 , die Baustellenputze von rund 1800 kg/m^3

Bei der Durchführung der ›modifizierten‹ Diffusionsversuche ergaben sich die in Bild 23 aufgezeichneten unterschiedlichen Feuchtedurchgänge, je nachdem, ob die Proben rückseitig mit Wasser oder mit der Salzlösung in Kontakt waren. Insbesondere bei den nicht hydrophobierten Baustellenputzen K und Z sowie dem Opferputz E mit größerer Saugfähigkeit ist der Feuchtetransport bei Kontakt mit reinem Wasser deutlich größer als bei Kontakt mit der Salzlösung. Im letztgenannten Fall macht sich der Effekt der Dampfdruckniedrigung über der Salzlösung durch geringere Verdunstung bemerkbar, was man als ›Trocknungsblockade‹ bezeichnet [18]. Das macht gleichzeitig verständlich, warum salzhaltiges Mauerwerk in der Praxis feuchter ist als salzfreies.

Im Verlauf dieser Untersuchungen ergaben sich unterschiedliche Salzausblühungen an den Probenoberseiten, wie in Bild 24 an zwei Beispielen gezeigt wird. Durch die Reduzierung des Kapillartransport durch den Sanierputz C (Bild 23, links) zeigt sich dessen positive Wirkung. Je größer der (kapillare) Feuchtedurchgang, desto mehr entstehen durch die mittransportierten Salze Ausblühungen an der Oberfläche des ›normalen‹ Kalkzementputzes.

Salzausblühungen und Salzeinlagerung

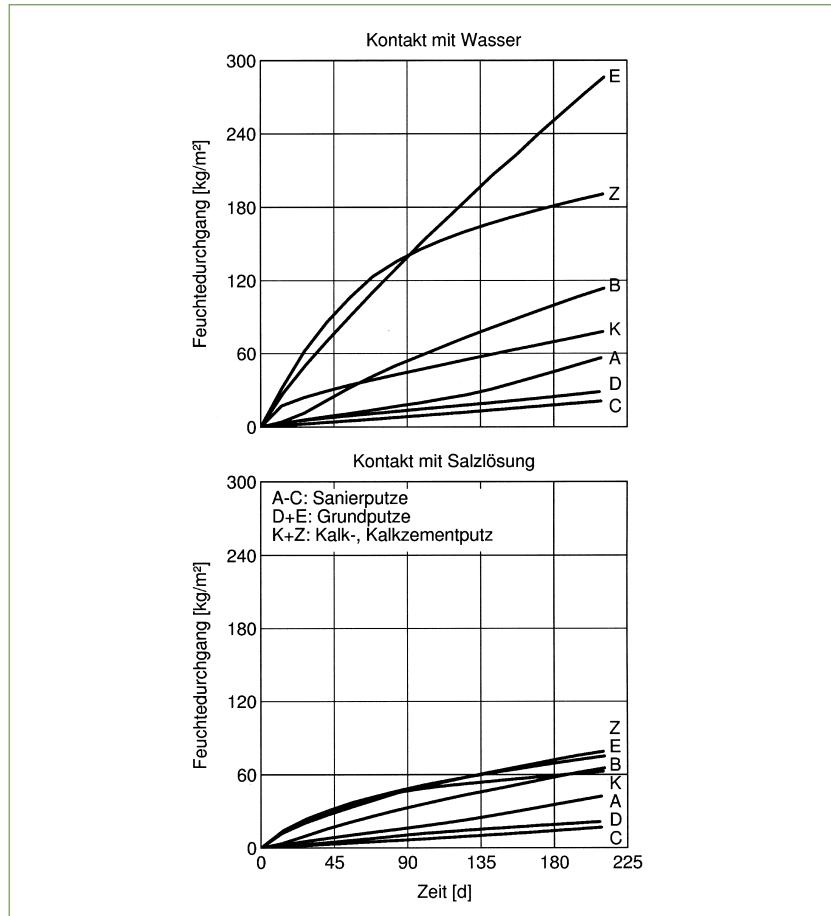


Bild 23: Feuchtedurchgang durch die geprüften Putze bei rückseitigem Kontakt mit Wasser bzw. Salzlösung im Klima 23 °C/50 % innerhalb 30 Wochen in Abhängigkeit von der Zeit

Nach Abschluss der Untersuchungen (nach 30 Wochen) wurden gravimetrisch die ausgeblühten (an der Oberfläche abgeschabten) und die in den Proben eingelagerten Salzmengen (Gewichtszunahme der Proben) erfasst, welche als Summe die gesamte ‚Salzbeladung‘ der Proben ergeben. Die Ergebnisse sind zusammen mit dem festgestellten Feuchtedurchgang in Bild 25 dargestellt. Je größer der Feuchtedurchgang durch die Proben ist, desto größer sind die Salzeinlagerung und die Gesamtbeladung. Bei den Sanierputzen sind nur geringe Salzeinlagerungen aufgetreten. Man muss dabei berücksichtigen, dass die Randbedingungen bei den Untersuchungen extrem waren, nämlich flüssige Salzlösung direkt an der Probenrückseite gegenüber lediglich feuchtem, salzhaltigem Mauerwerk unter praktischen Bedingungen.

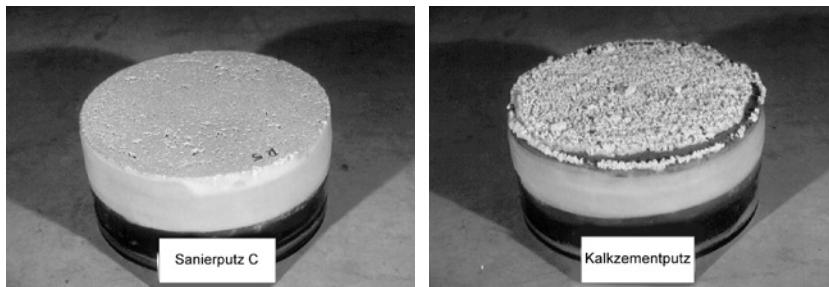


Bild 24: Ansicht von Putzproben bei Einbau in die Versuchsanordnung nach 30-wöchigem Kontakt mit Salzlösung bei Sanierputz C und Kalkzementputz.

Die Wirkung von Sanierputzen liegt darin, dass durch die höhere Porosität die Trocknung durch Diffusion begünstigt und die Kapillarwirkung mit Salztransport reduziert wird. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigen, dass die festgelegten WTA-Anforderungen an Sanierputze hinsichtlich Porenvolumen, Wasseraufnahme und Dampfdurchlässigkeit in dieser Richtung wirken.

**Gesamtbewer-
tung**

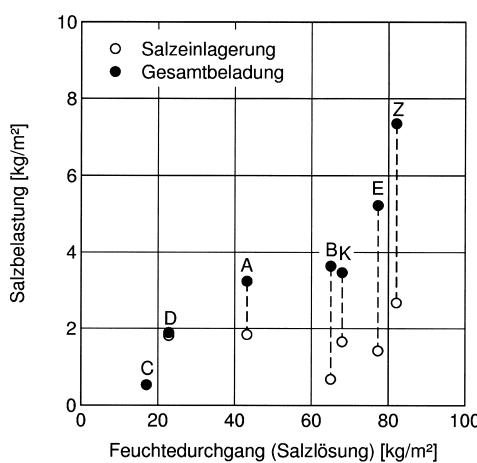


Bild 25: Von den Putzproben bei rückseitigem Kontakt mit Salzlösung im Untersuchungszeitraum von 30 Wochen aufgenommene Salzmengen (Salzeinlagerung) und Gesamtbeladung in Abhängigkeit vom Feuchtedurchgang durch die Proben im Klima 23 °C/50 %.
(Die Differenz der beiden Messpunkte einer Putzart entspricht der Masse der Salzausblü-
hungen.)

4.6 Folgerungen

In einer Enzyklopädie aus dem Jahr 1792 [19] wird die Aufgabe eines Putzes folgendermaßen beschrieben: »*Bewerfen, Berappen, Abputzen heißt eine Mauer oder Wand mit Putz bekleiden, damit man weder die Steine noch das Holz siehet, woraus die Mauer oder die Wand bestehet.*«

Man kann einen solchen Putz auch als ›Sichtputz‹ bezeichnen in Analogie zum (unverputzten) Sichtmauerwerk.

Diese Aufgabe galt für den Putz bis etwa Mitte des 20. Jahrhunderts und aus diesem Gesichtspunkt haben sich die in Kapitel 4.1 beschriebenen Putzregeln entwickelt und bewährt. Die grundsätzlichen Planungsempfehlungen gelten (nach DIN 18550-1:2013) bis heute noch unverändert, also über ein halbes Jahrhundert lang. Inzwischen haben sich aber die Aufgaben für Außenputze ausgeweitet und erfüllen unverzichtbare Funktionen, die für das heutige Bauen wichtig sind.

Von den fünf in diesem Kapitel beschriebenen Putzgruppen gilt die genannte ›Enzyklopädie-Regel‹ im Wesentlichen nur für die erste Gruppe und die anderen sind in der geltenden Norm als Ausnahmen zugelassen. Diese Ausnahmen betreffen aber die heute überwiegend angewandten Putzarten und es wäre naheliegend, die Norm entsprechend den heutigen Verhältnissen zu ändern, anstatt die veraltete Putzregel in die europäische Putznorm einzubringen. Folgendes ist zu den einzelnen Putzgruppen zusammenfassend festzustellen:

wasserabweisende Putze: Diese kamen ab Mitte des 20. Jahrhunderts zunehmend zur Anwendung und haben sich mit der eingeführten Bewertungsmodalität für die in Deutschland üblichen Wandbauarten und die gegebenen Klimaverhältnisse bewährt. Modifikationen sind zweckmäßig aufgrund geänderter Verhältnisse.

Entkopplungsputze:

Dieser Begriff ist noch nicht normativ eingeführt; er beschreibt aber die Aufgabe, die heute ein Außenputz auf wärmedämmendem Mauerwerk, wie z.B. Leichtziegel, Leichtbeton und Porenbeton, erfüllen muss. Bei solchen Mauerwerksarten sind Leichtputze mit einem mehr oder weniger dicken und harten Deckputz – je nach gewünschtem Entkopplungsmaß – die Regel.

Armierungsputze:

Für diese Putzart sind noch Untersuchungen zur Eigenschaftsbeschreibung und Anwendungsmöglichkeit erforderlich. Bisher werden sie vor allem im Zusammenhang mit WDV-Systemen angewandt, ohne Spezifizierung der Armierungsqualität. Sie haben sich nach Erfahrung in Verbindung mit Dämmenschichten (bis zu welchen Festigkeiten?) bewährt. Über die Anwendung ohne Verbindung mit Dämmenschichten – also unmittelbar auf Mauerwerk – besteht noch Unklarheit; hier sind noch Untersuchungen erforderlich.

Sanierputze:

Die Anwendung von Sanierputzen ist von einer anfangs ‚begleitenden Maßnahmen‘ zu einer hauptsächlichen und wirksamen Maßnahme zur Sanierung von salzbelastetem Mauerwerk geworden.

5 Putzschäden und ihre Ursachen

Im Folgenden werden in der Praxis häufig auftretende Schäden beschrieben und nach ihren Ursachen analysiert.

5.1 Schwindrisse

Risse aufgrund einer Überschreitung der Eigenfestigkeit des Putzes, meist infolge Schwindens oder Temperaturkontraktion, gelten als 'putzbedingte Risse' die in Bild 26 am Beispiel einer Lehmschicht dargestellt sind. Das Bienenwaben-ähnliche Rissbild lässt erkennen, dass in diesem Fall nur eine Ursache, das Schwinden, für die Risse maßgeblich war. Weitere Ursache können hinzukommen, die dann das Rissbild beeinflussen. Die Einflüsse der Haftfestigkeit auf dem Untergrund und die Einflüsse der Flächenform können durch Modellversuche mit Lehm demonstriert werden.

Putzbedingte Risse

Für die im Folgenden geschilderten Versuche wurde fetter Lehm mit einem Schwindmaß von 25 mm/m verwendet. Schwindrisse in einer quadratischen Lehmschicht, aufgebracht auf sägerauem Porenbeton, zeigt Bild 27. Abgesehen von den Rändern, an denen leichte Aufwölbungen entstanden sind, haftete der Lehm auf dem sägerauen Poren-

Schwindversuche mit Lehm

Bild 26: Typische Netzrisse, die beim Trocknen einer Lehmschicht entstehen. Der Netzdurchmesser – hier ca. 12 cm – hängt im Einzelfall von der Trocknungsgeschwindigkeit und der Lehmschichtdicke ab (Aufnahme des Flachdaches eines ländlichen Gebäudes in Griechenland; bei Regen schließen sich die Fugen, sodass der Lehmbelag abdichtend wirkt).



betongrund gut, wodurch ein enges Netz von Schwindrissen entstanden ist. Beim Aufbringen einer gleichen Lehmschicht auf eine Teflonplatte entstanden ein größermaschiges Rissnetz und besonders rissfreie Eckbereiche (Bild 28). Dies ist dadurch bedingt, dass wegen der geringeren Haftung des Lehms auf dem Teflon eine gewisse Beweglichkeit (ein ‚Schlupf‘) der Lehmschicht gegeben ist, die sich insbesondere an den Ecken auswirkt. Bei anderen Modellformen, kleineren begrenzten Flächen, machen sich spezielle Randeinflüsse bemerkbar, wie durch die Bilder 29 und 30 verdeutlicht wird. Bei der schmalen Probenform in Bild 29 bilden sich Schwindrisse nur quer zur Längsrichtung, während in der schmalen Querrichtung offensichtlich ein rissfreies Schwinden aufgrund der Kohäsionskräfte im Lehm in Verbindung mit der geringen Haftung auf der Teflonplatte möglich ist. Auch bei der Lehmprobe in Form des Ausschnitts einer Fenster-ecke bilden sich nur an den schmalen Schenkeln Querrisse aus und zusätzlich Diagonalrisse im Eckbereich (Bild 30). In beiden Fällen ist die Haftung auf dem Putzgrund mit entscheidend für das Rissbild. Solche Modellversuche zeigen, dass es bei Schwindrissen nicht nur auf das Schwindmaß und den Trocknungsgrad ankommt, sondern dass noch andere Randbedingungen wirksam sein können.

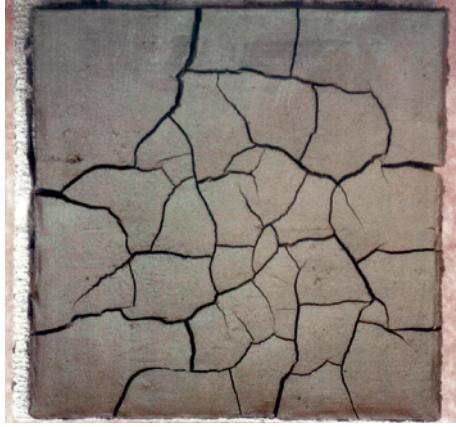


Bild 27: Schwindrisse in einer Lehmschicht von 22 cm x 22 cm Fläche und 1 cm Dicke, aufgebracht auf sägerauem Porenbeton



Bild 28: Schwindrisse in einer Lehmschicht wie bei Bild 27, aber aufgebracht auf einer Teflonplatte. Infolge der geringeren Haftung auf dem Untergrund ist ein größeres Schwindrissnetz entstanden, insbesondere die ›beweglicheren‹ Eckbereiche sind relativ rissfrei.

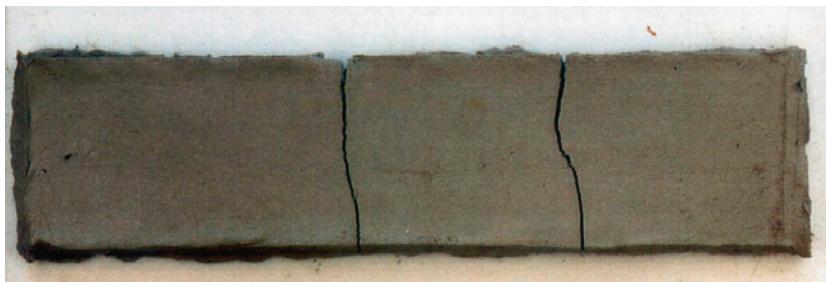


Bild 29: Schwindrisse in einer Lehmschicht von $5\text{ cm} \times 22\text{ cm}$ Fläche und 1 cm Dicke, aufgebracht auf einer Teflonplatte. Infolge der geringen Haftung auf dem Untergrund war in Querrichtung eine Kontraktion ohne Rissbildung möglich, lediglich in Längsrichtung sind zwei Quer-Schwindrisse entstanden (Querrisse).

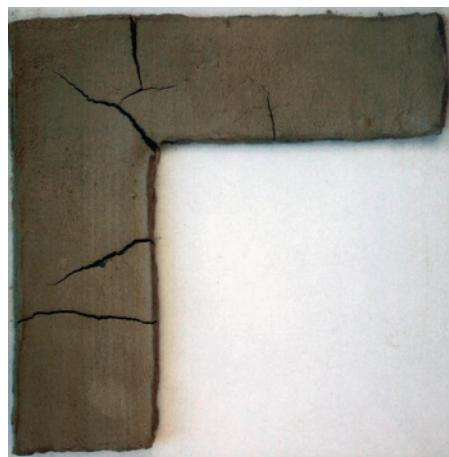


Bild 30: Schwindrisse in einer eckförmigen Lehmschicht, Schenkelänge 22 cm , Breite 7 cm , aufgebracht auf einer Teflonplatte. Neben ähnlichen Querrissen wie in Bild 29 sind zusätzlich Eckrisse entstanden.

Beispiele aus der Praxis

Ähnliche formabhängige Rissbilder sind auch in den folgenden Darstellungen zu sehen. Bei einem Wohngebäude mit Außenwänden aus Porenbeton und einem Flachdach mit 50 cm hoher Beton-Attika und außenseitigem WDV-System sind vertikale Putzrisse im Putz der Attika aufgetreten (Bild 31). Die ›Nachgiebigkeit‹ des EPS-Putzgrundes reichte ca. auf 50 cm; deshalb sind etwa in diesen Abständen vertikale Risse aufgetreten und keine horizontalen, ähnlich wie in Bild 29. Querrisse in schmalen Längsbeschichtungen sind auch häufig bei Straßenmarkierungen festzustellen, wie in Bild 32 zu sehen.



Bild 31: Teilansicht eines Wohngebäudes mit Flachdach; Außenwände aus Porenbeton, Attika Normalbeton mit Außendämmung durch WDV-System. Im Putz der etwa 50 cm hohen Attika sind vertikale Schwindrisse aufgetreten, da der Putzgrund EPS nicht ausreichend als ›Armierung‹ wirkt (Risse nachgezeichnet).



Bild 32: Risse in einer Straßenmarkierung, die nicht durch den Straßenbelag verursacht sein können, sondern durch Schwindspannungen in dem nachträglich aufgebrachten Kunststoffgebundenen Belag von einigen Millimetern Dicke. Offensichtlich ist in der Breite der Markierungsstreifen ein rissfreies Schwinden möglich, das aber in der Längsrichtung zu Rissen etwa im Abstand des Breitenmaßes zur Folge hat.

5.2 Fugenrisse/Kerbrisse

Putzrisse, deren Verlauf im Wesentlichen dem Fugenverlauf des Mauerwerks entsprechen, sind primär als ›putzgrundbedingte Risse‹ zu bezeichnet, deren Ursache in dem Einfluss der Fugen besteht. Dies kann dadurch bedingt sein, dass die Fuge nicht voll vermortelt ist, weshalb der Putz im Fugenbereich frei liegt und nicht ›gehalten‹ wird, wodurch in diesem Putzbereich ein anderer Spannungszustand bestehen kann, wie durch Bild 33 erläutert. Bei größeren Mauersteinen mit entsprechend größeren hygrothermischen Formänderungen können durch das ›Arbeiten‹ der Fugen zusätzlich Kerbwirkungen hinzukommen. Auch ein plötzlich entstehender Steinriss kann im angrenzenden Putz als Kerbe wirken.

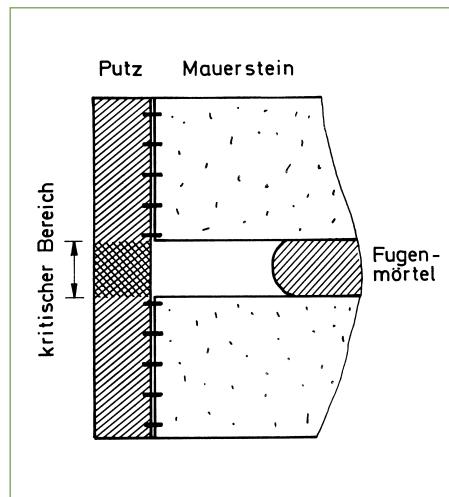
Putzgrundbedingte Risse

Kerbwirkungen haben in der Putztechnologie wie allgemein eine große Bedeutung. Folien ›als Ganzes‹ sind kaum zu zerreißen, es geht aber relativ leicht, wenn man einen Einschnitt – eine Kerbe – macht. Einem folienumhüllten Schokoriegel oder Ähnlichem muss man oft erst durch einen Biss mit den Zähnen eine Kerbe verpassen, um die Umhüllung beseitigen zu können. Durch eine Kerbe in einer reißfesten Folie wird bei beidseitigem Zug die aufgewandte Kraft auf hohe Spannungen in der Kerbe konzentriert, die ein Zerreißen mit geringem Aufwand ermöglicht. Im Bauwesen gibt es viele Beispiele von Kerbwirkungen.

Bedeutung von Kerbwirkungen

Bild 33: Schematische Darstellung der Situation bei nicht voll vermortelten Mauerfugen. Über der Fuge liegt der Putz frei und kann sich entsprechend seiner spezifischen, hygrischen und thermischen Eigenschaften verformen. Im Bereich der Haftung auf dem Putzgrund – angedeutet durch die Verbindungsstriche – wird die Putzverformung durch die Eigenschaften der Mauersteine bestimmt.

Dadurch entsteht ein singulärer Spannungszustand im Putz über der Fuge, der sich durch hygrothermisch bedingte Bewegungen der Steinflanken verstärken und zur Rissbildung führen kann.



Beispiele von Kerbissen

Bild 34 zeigt den Bodenbelag einer Fußgänger-Unterführung aus Kunststeinplatten in München mit Rissen, hervorgerufen durch angrenzende Plattenstöße der versetzt verlegten Platten. In Bild 35 sind vertikale Steinrisse in den Sandstein-Außenmauern einer Kirche in Herrenberg (Baden-Württemberg) zu erkennen, ebenfalls durch angrenzende Fugen ausgelöst. Und schließlich zeigt Bild 36 einen Steinriss in verputztem Mauerwerk aus Leichtziegeln, hervorgerufen durch nicht voll vermauerte Stoßfugen in der oberen und darunter liegenden Steinreihe. Im Außenputz hat sich dadurch ein durchgehender, vertikaler Riss gebildet.

In all diesen Fällen waren offensichtlich der Verbund im (belasteten) Mauerwerk bzw. die Haftung des Plattenbelags auf dem Estrich so stark, dass offene oder nur schwach vermortelte Fugen bei geringen Formänderungen des Verbundkomplexes als Kerbe wirken konnten. Solche Kerben können somit von einer Steinfuge auf angrenzende Steine oder von einer Steinfuge auf den angrenzenden Putz wirksam werden, können sich also in horizontaler oder vertikaler Richtung auswirken.



Bild 34: Risse in Werkstein-Bodenplatten, hervorgerufen durch Fugen benachbarter Plattenlagen, die als Kerben wirkten



Bild 35: Vertikale Steinrisse infolge Kerbwirkung der benachbarten Stoßfugen bei Sandstein-Außenmauern einer Kirche in Herrenberg

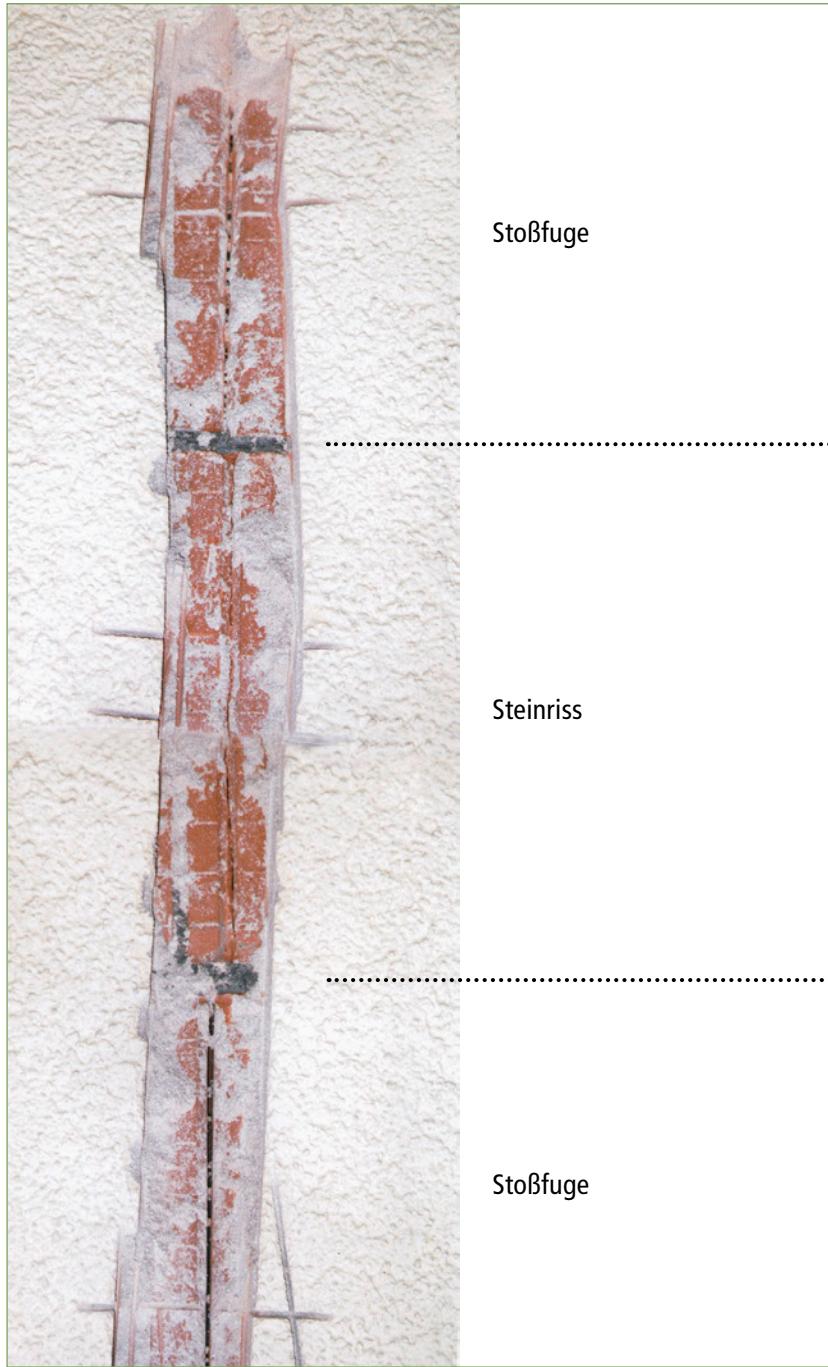


Bild 36: Vertikaler Putzriss in verputztem Leichtziegelmauerwerk. Nach Entfernen des Putzes hat sich gezeigt, dass die nicht vermörtelten Stoßfugen als Kerbe gewirkt haben, die sowohl im Außenputz als auch im angrenzenden Stein Rissbildungen bewirkten.

5.3 Randeffekte

Die bereits erwähnte Formabhängigkeit von Verformungs- bzw. Spannungszuständen betrifft natürlich auch die Ränder größerer Putzflächen, an denen ein ›Ausweichen‹ des Putzes möglich ist. Deshalb bestehen am Rand einer verputzten Fläche – z. B. in Fensternähe – andere Verhältnisse als in der ungestörten Wandmitte. Während in der Wandmitte infolge von Tendenzen zur Expansion und Kontraktion zwar Druck- bzw. Zugspannungen entstehen, aber keine Formänderungen in der Fläche möglich sind, sind am Putzrand ggf. Putzverformungen möglich, die bei ständiger Wechselbeanspruchung zur Minderung der Haftfestigkeit und zur Putzablösung führen können. In Bild 7 wurde das bereits schematisch dargestellt.

Solche Randablösungen können vor allem bei kleinen Putzfeldern (wie Fachwerk-Ausfachungen) entstehen, wie beispielsweise in Bild 37 zu sehen ist, wo vor allem in den ›Zwickeln‹ beidseitig ein Ausweichen möglich ist. Dem ist vor allem durch gute Putzhaftung in den Randbereichen zu begegnen (Spitzbewurf, Haftgrund).

Eine Kombination aus Randeffekt und Kerbwirkung kann zu Fenstereckrisse im Außenputz führen. Wenn der Putz vom Putzgrund nicht fest ›gehalten‹ wird, sondern durch einen ›weichen‹ Putzgrund in gewissem Sinne beweglich ist, dann wirkt die Geometrie der Ecke wie eine Kerbe (Bild 38). Bei dem früheren Vollsteinmauerwerk war eine solche Bewegungsmöglichkeit kaum gegeben, weshalb solche Fenster-

Randablösungen
bei Fachwerk-
Ausfachungen

Fenstereckrisse



Bild 37: Putzablösungen an einer Ausfachung durch Gefachmörtel am Fachwerkhaus in der Freiland-Versuchsstelle des Fraunhofer IBP, Holzkirchen. Die Ablösung erfolgt besonders in den ›Zwickeln‹ mit nahe gegenüberliegenden Ablösungstendenzen.

eckrisse im Allgemeinen nicht aufgetreten waren. Das Problem ist zunächst besonders im Zusammenhang mit dem Verputzen von Holzwolle-Leichtbauplatten als Außendämmung von Wänden aufgetreten, weshalb in der zuständigen Norm DIN 1102 Fenstereckarmierungen vorgeschlagen wurden. Auch bei WDV-Systemen sind wegen des ›bewegungsfähigen‹ Putzes auf dem weichen Untergrund verständlicherweise Eckarmierungen notwendig.

Randeffekte auch bei Wänden

Nicht nur bei Putzen, sondern auch bei Gebäudewänden können solche ›Rand-Ausweichungen‹ auftreten. In Bild 39 ist ein solcher Fall dargestellt. In der Giebelaußenwand aus Porenbeton-Blocksteinen ohne wirksame Stoßfugen-Vermörtelung haben im Erdgeschoss Querzugkräfte aufgrund der oberseitigen Gebäudelast zu Rissen im Abstand der Mauerdicke auf beiden Außenseiten geführt. Solche Effekte sind auch bei Wänden aus porosierte Blocksteinen aufgetreten ([3], dort Bild 79). Eine verstärkte Stoßfugen-Vermörtelung in Randbereichen ist in solchen Fällen anzuraten.

In der Natur: Randeffekte = Erosion

In diesem Zusammenhang auch kann auch auf andere Effekte infolge von wechselnden Temperatur- und Feuchteinwirkungen hingewiesen werden, jeweils an Außenseiten oder Außenflächen, wie z. B. in Bild 40, die allgemein als Verwitterung oder Erosion bezeichnet werden.

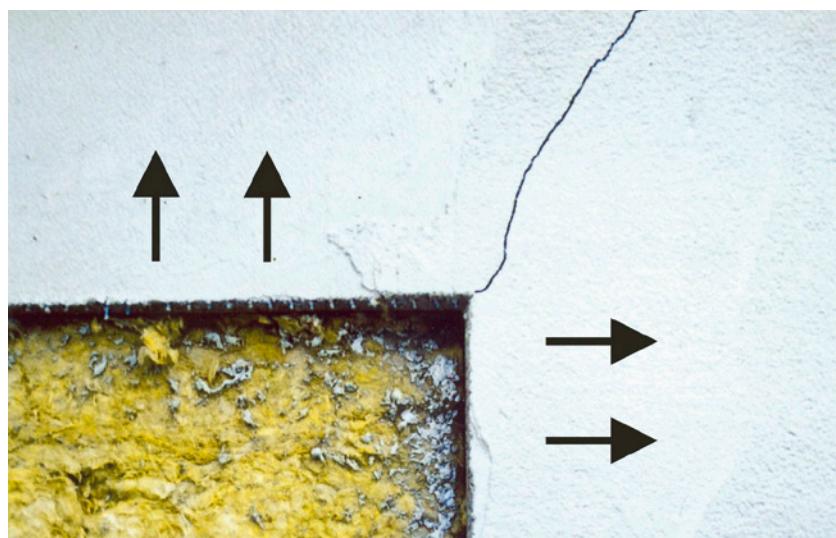


Bild 38: Diagonaler Eckriss im Putz auf Mineralwolle-Dämmung (WDV-System), entstanden durch die Bewegungsmöglichkeit bei hygrothermischen Formänderungen der Ränder der rechteckigen Putzaussparung in den angegebenen Pfeilrichtungen



Bild 39: Vertikalrisse (nachgezeichnet) in den Eckbereichen des Erdgeschosses eines Wohngebäudes aus Porenbeton-Mauerwerk



Bild 40: Frostabsprengungen am Ziegel eines Bodenbelags im Freien, nur durch Sand verfügt bzw. verfüllt. Offensichtlich war dadurch eine ausreichende Randbeweglichkeit gegeben, sodass an dem schwach gebrannten Ziegel Randabsprengungen entstanden sind. Dies kann gleichzeitig als Erklärung für Blätterteig-ähnliche Frostschäden an Putzen dienen, wie allgemein für die Oberflächenverwitterung an Felsgesteinen im Gebirge.

5.4 Aufwölbung/Ablösung

Damit Putz und Putzgrund oder einzelne Putzlagen miteinander im Wechsel von Temperatur und Feuchte dauerhaft verbunden bleiben, muss die Haftung gut sein und die Eigenschaften der Formänderungen bzw. Spannungen der einzelnen Schichten müssen zusammenpassen, d. h. die Schichten müssen kompatibel sein. Das bedeutet aber nicht, dass diese gleiche oder ähnliche technologische Eigenschaften haben sollen, wie in DIN 18550 gefordert. Im Gegenteil: Günstig ist es, wenn zwischen den einzelnen Schichten eine Möglichkeit des Ausgleichs besteht. Deshalb kann ein Putz z. B. mit Schaumstoffplatten oder Holzwolle-Leichtbauplatten dauerhaft verbunden sein, wobei sich der schwächere Teil dem stärkeren angleicht.

Lehre aus der Bionik	Die Bionik lehrt uns z. B., dass ein massiver, homogener Körper bei instationären hygrothermischen Einwirkungen wegen entstehender Eigenspannungen bruchanfälliger ist als ein Körper aus verschiedenen Schichten oder ein Hohlkörper. Als Beispiele aus der Natur sind Holz mit der Schichtung durch Jahresringe oder Bambus als Hohlkörper zu nennen.
Beispielhafter Schaden	Als Extremfall unterschiedlicher Verformungseigenschaften in Verbindung mit mangelnder Haftfestigkeit kann Bild 41 gelten. Die infolge Besonnung weich gewordene Pappe hat sich stellenweise abgelöst, entsprechend ihren Dehnungseigenschaften und den Luftdruckverhältnissen aufgewölbt, formte sich aber bei Abkühlung nicht mehr zurück. Im Laufe dauernder Wechselbeanspruchung entstand das Schadensbild. Dieser Schadensmechanismus ist häufig auch die Ursache für die Blasenbildung in Anstrichsystemen, wobei meist eine Reduzierung der Anstrichhaftung durch Feuchtigkeit hinzukommt.
Schäden aus der Praxis	Aufwölbungen und Ablösungen traten in der Vergangenheit nicht selten bei Kunstharsbeschichtungen in Verbindung mit mineralischen Schichten auf, wofür Bild 42 ein Beispiel ist. Ein unterschiedliches Quell/Schwind-Verhalten der beiden Schichten und zu geringe Haftung zwischen den Schichten ist die Ursache. Die Unterschiede im Quellverhalten sind bei den heutigen kunstharsgebundenen Beschichtungen im Vergleich zu mineralischen Schichten deutlich geringer als vor zwei bis drei Jahrzehnten ([1], dort Bild 42). Ein anderer Fall von Inkompabilität ist in der Verbindung von Wärmedämmsschichten



Bild 41: Beispiel für die Verbindung zweier Stoffe mit sehr unterschiedlichen hygrothermischen Eigenschaften und geringem Haftverbund: Dachpappe auf Holzschalung mit einem Bitumenkleber verbunden

und Keramikplatten zu sehen. Trotz erteilter Zulassung kann diese Verbindung bei entsprechender Witterungsbeanspruchung und Verfugung schadensanfällig sein, wie Bild 43 belegt. Diese Ausführung erfordert eine besonders abgestimmte handwerkliche Ausführung.



Bild 42: Ablösung des Kunstharz-Oberputzes von dem vorwiegend mineralisch gebundenen Armierungsputz mit zu unterschiedlichen Formänderungstendenzen bei einem WDV-System, wobei die Haftfestigkeit infolge Frosteinwirkung gemindert worden ist.

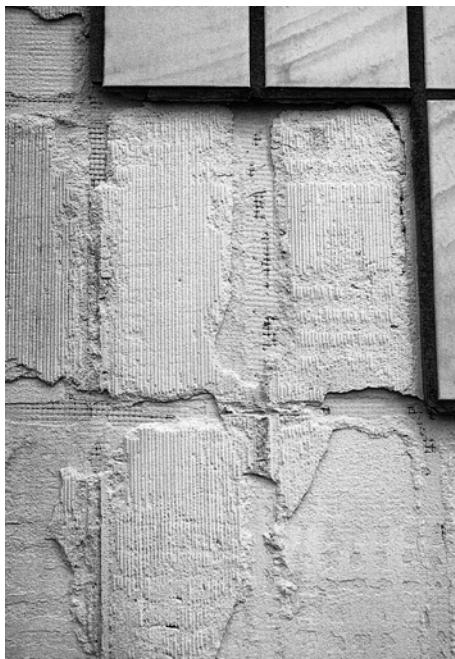


Bild 43: Detailaufnahme einer infolge Frosteinwirkung abgelösten Fliesenbekleidung auf WDV-System. Deutlich zu erkennen ist, dass in den Fugenbereichen der Klebemörtel stärker geschädigt ist. Dies deutet darauf hin, dass eingedrungene Regenfeuchte die Ursache des Frostschadens war.

5.5 Alterung

Hinsichtlich der Formänderungen sind bei Putzen vor allem die hygrisch bedingten, also das Quellen und Schwinden, von Bedeutung. Diese Formänderungen können um ein Vielfaches größer sein als die thermisch bedingten, die durch die Wärmedehnkoeffizienten gekennzeichnet werden. Vor allem sind die hygrisch bedingten Formänderungen nicht linear vom Feuchtegehalt abhängig wie die thermischen Formänderungen durch Temperaturänderungen. Im Rahmen orientierender Untersuchungen an vier handelsüblichen mineralischen Putzen der Mörtelgrupp PIc wurde das Festmörtelschwinden bis auf 0 % Feuchte verfolgt. Aus den Kurvenverläufen in Bild 44 geht hervor, dass ein relativ großer Anteil des Schwindens im Bereich zwischen der Ausgleichsfeuchte der Putze beim Klima 20/65 („lufttrocken“) und völliger Trockenheit erfolgt. Zwischen „nass“ und „lufttrocken“ sind die Unterschiede eher geringer. Den Zustand weitgehender Trockenheit kann man in der Praxis bei direkter Besonnung annehmen. Die Schwindgefährdung von Putzen liegt daher wohl weniger im Bereich des gesamten Trocknungsvorgangs feuchter Wandflächen als viel-

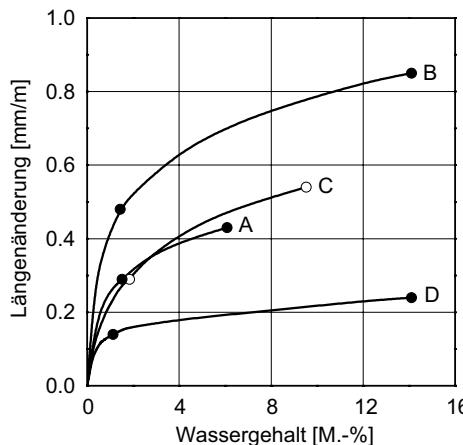


Bild 44: Längenänderungen von verschiedenen Proben von Außenputzen der Größe 10 mm × 40 mm × 160 mm in Abhängigkeit vom Wassergehalt nach Messungen des Fraunhofer IPB. Von den zwei Messpunkten, durch welche die Kurven gelegt wurden, stammt der obere aus der Wasserlagerung des trockenen Festmörtels und der untere aus der anschließenden Trocknung bei 20/65.

mehr im Endstadium völliger Austrocknung. Dies dürfte mit einer Ursache für das häufigere Auftreten von Schäden an Oberflächen auf der Wetterseite sein (häufiger Wechsel zwischen Regen und Besonnung).

Bei kunstharzgebundenen Putzen und Beschichtungen ist eine Veränderung, die man als Alterung bezeichnen kann, durch eine gewisse Versprödung bekannt. Man führt diese auf das Auswaschen von Netzmitteln und von verarbeitungsfördernden Zusätzen zurück.

Bei Kunstharzbindung: Auswaschung

Bei mineralisch gebundenen Außenputzen können zwei Arten der Alterung auftreten. Zum einen ein 'Absanden' an der Putzoberfläche (insbesondere bei Luftkalkputzen) durch Bindemittellösung und zum anderen ein 'Nachverfestigen' des Putzes durch zunehmende Bindemittelhärtung und ggf. Umkristallisationen des Bindemittels. Solche Nachverfestigungen mit einer Zunahme des E-Moduls können dann Spätrisse zur Folge haben, die erst nach zwei bis vier Jahren in Erscheinung treten [1]. Man hat zwar in der Putznorm 1985 Mindestwerte der 28-Tage-Festigkeit gefordert, aber nicht über Höchstwerte nachgedacht.

Bei Mineralputzen: Absanden, Nachverfestigung

Pflege und Wartung Das akzeptierte Altern einer Fassade bezeichnet man auch als Patina. Um nachteilige Folgen des Alterns (Schäden) zu vermeiden, ist eine Pflege und Wartung der Fassaden erforderlich. Das beinhaltet rechtzeitiges Reparieren von entstandenen Fehlstellen, zeitweiliges Erneuern des Anstrichs oder Verfugung von Sichtmauerwerk.

5.6 Folgerungen

Nach diesen Ausführungen sind Putzschäden im Wesentlichen auf zwei Ursachen zurückzuführen:

- auf Zugspannungen infolge von Kerbwirkungen, die bei Überschreiten der Zugfestigkeit zu Putzrissen führen können; die Kerbwirkung kann von Bewegungen aus dem Putzgrund ausgehen (Fugenrisse) oder durch die Geometrie der Putzfläche verursacht sein (Fenstereckrisse),
- auf Wechselspannungen (Zug und Druck), die bei Überschreiten der Haftfestigkeit zwischen Putzschichten oder zwischen Putz und Putzgrund Ablösungen zur Folge haben können, auch z.B. Eckablösungen.

Auslöser für Schäden können die Eigenschaften des Putzes selbst sein (Quellen, Schwinden, Temperaturdehnungen), also ›putzbedingte Schäden‹, oder vom Putzgrund induziert sein, sog. ›putzgrundbedingte Schäden‹ (Heterogenität oder Flächeninstabilität). ›Konstruktionsbedingte Schäden‹ nennt man solche, die durch die Gesamtkonstruktion des Gebäudes verursacht werden, z.B. durch Anschlüsse an andere Bauteile oder Setzungen, also Einflüsse, die hier nicht behandelt werden.

6 Prüftechnik

Wie eingangs erwähnt, wurden für die Prüfung von Putzen gängige Prüfmethoden aus anderen Technikbereichen übernommen, die aber – wie in Kapitel 1 ausgeführt – nur mit Vorbehalten zutreffend sind. Die am Fraunhofer IPB zum Teil seit Langem zu Forschungszwecken angewandten ›alternativen‹ Methoden werden nachfolgend zusammenfassend geschildert.

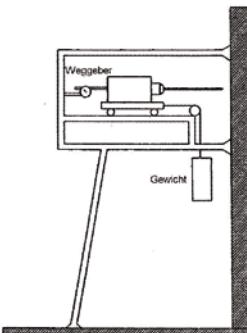
6.1 Bohrhärte

Der erfahrene Praktiker prüft die Härte eines Putzes durch Kratzen mit einem Schlüssel oder einem anderen harten Gegenstand. Diese Methode kann objektiviert werden, indem man mithilfe eines Steinbohrers bei konstantem Andruck an den Putz die Eindringtiefe in Abhängigkeit von der Umdrehungszahl oder der Zeit ermittelt (bei Konstanz der Umdrehungen). Durch die Darstellungen in Bild 45 wird diese Messmethode beschrieben. Sie wurde bereits Anfang der 1960er-Jahre entwickelt [2] und es wurde bestätigt, dass ein Zusammenhang zwischen der so ermittelten Bohrhärte und der Mörtelfestigkeit besteht [20].

Messmethode

Die Methode wurde z. B. mit Erfolg angewandt, um den Erhärtungsverlauf von Kalkputzen unter Dispersionsanstrichen an ausgeführten, bewitterten Wänden zu prüfen. Dreißig Jahre später wurde durch die Bohrmethode die Erhärtung von reinen Kalkputzen im Vergleich zu Kalkputzen mit hydraulisch erhärtenden Zusätzen im Freilandversuch ermittelt (Bild 46), eine Fragestellung, die im Zusammenhang mit dem Verputzen historischer Gebäude interessiert. Vor allem im Bereich des Denkmalschutzes kommt die Messung der Bohrhärte zur Anwendung, z. B. auch zur Ermittlung von Tiefenprofilen in Natursteinfassaden, zur Ermittlung der Bildung von Schalen oder Lockerzonen im Gestein.

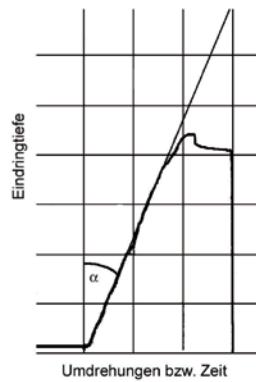
Erhärtungsverlauf und Härteprofile



Schemendarstellung der Messanordnung zur Bestimmung der Bohrhärte



Die Weiterentwicklung dieses Messprinzips führte zu einem mit Hand ansetzbaren Gerät mit Aufzeichnung der Eindringtiefe des Bohrers



Registrierung einer Bohrhärtemessung. Der Winkel α ist bei Vorgabe von Anpressdruck, Umdrehungszahl und Registriergeschwindigkeit ein Maß für die Bohrhärte.

Bild 45: Darstellung des Bohrgeräts und Auswertung zur Bestimmung der Bohrhärte

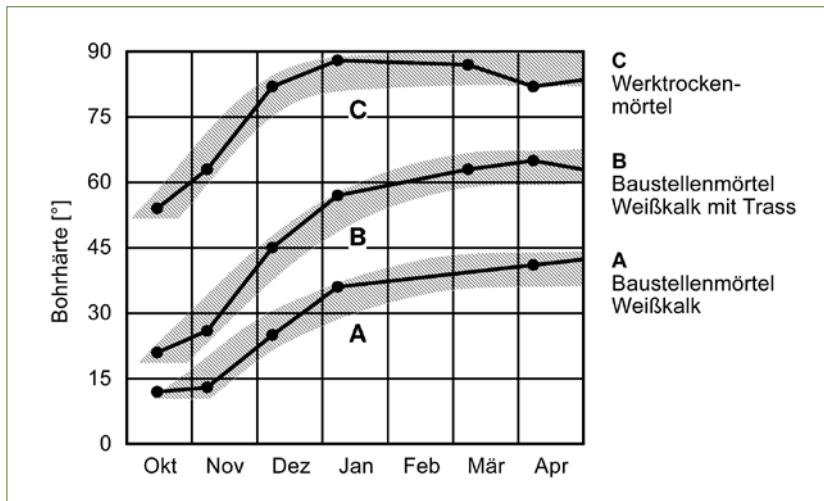


Bild 46: Zeitliche Verläufe der Erhärtung von Kalkputzen nach dem Aufbringen auf natürlich bewittertem Mauerwerk, nach [21].

A: Baustellenputz mit Weißkalkhydrat

B: Baustellenputz mit Weißkalkhydrat und Trasszusatz

C: Werkmörtelputz mit Weißkalkhydrat, 5 % Zement und wie bei Werkmörteln üblichen Zusätzen zur Verbesserung der Verarbeitung

Ohne Kenntnis der Festigkeitsunterschiede zwischen Grundputz und Deckputz wären die in Bild 17 dargestellten Untersuchungsergebnisse zur Bestätigung des ›richtigen‹ Festigkeitsprofils eines Putzes zur Entkopplung nicht möglich gewesen. Einer der Vorteile dieser Messmethode ist, dass sie in gleicher Weise an Prüfkörpern im Labor wie an einer verputzten Wand vorgenommen werden kann.

Festigkeitsvergleich Grundputz/Deckputz

6.2 Scherzugfestigkeit

Anlass für Putzrisse bei Leichtmauerwerk kann das Vorhandensein einer sich ›bewegenden‹ Fuge oder eines Steinrisses sein, wie in den vorangegangenen Abschnitten dargelegt. Um die Reaktion von Putzsystemen auf das ›Aufweiten‹ eines Risses im Putzgrund messtechnisch erfassen zu können, wurde die in Bild 47 skizzierte Prüfanordnung entwickelt. Durch Einspannen der Prüfanordnung in eine Zugapparatur kann eine Kraft/Dehnungs-Kurve aufgenommen werden, aus der folgende Kennwerte zu entnehmen sind:

Messmethode

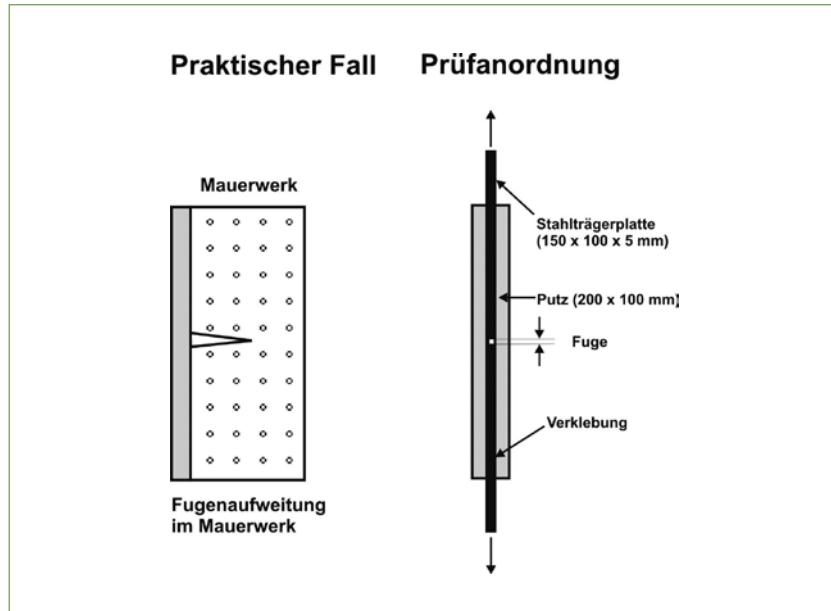


Bild 47: Schemadarstellung der Rissbildung in der Praxis infolge Riss- oder Fugenaufweitung im Mauerwerk und der Prüfanordnung „Scherzug“ zur Ermittlung des Entkopplungsmaßes. Aus Symmetriegründen werden gleiche Putzproben beidseitig auf die Stahlträgerplatten aufgeklebt.

Entkopplungsmaß: maximale Fugenaufweitung in μm bis zum Bruch des Deckputzes,
 Bruchkraft: Kraft in N, bei welcher der Bruch erfolgt.

Entkopplungsmaß zur Beurteilung der Rissüberbrückung

Das Entkopplungsmaß ist kennzeichnend für die Rissüberbrückungsfähigkeit des Putzsystems. Es ist als Analogwert zu betrachten und quantitativ nicht mit dem Verhalten des Putzsystems auf einer Wand gleichzusetzen, da der ermittelte Messwert durch die Abmessungen des Prüfkörpers beeinflusst wird. Das Entkopplungsmaß ist vielmehr als Vergleichswert zur Beurteilung verschiedener Putzsysteme zu bewerten: Je größer der Zahlenwert, desto besser ist die Fähigkeit der Rissüberbrückung. Ergebnisse über die Entkopplungsmaße verschiedener Putzsysteme und ein Vergleich zwischen üblichen Zugversuchen und den Ergebnissen nach der Methode Scherzug sind in [3] enthalten.

6.3 Weiterentwicklung der Prüftechnik

Die Untersuchungen zur quantitativen Beurteilung der Entkopplung zwischen Deckputz und Mauerwerk durch ein Putzsystem erfolgten in Eigenforschung mit Unterstützung einiger Putzhersteller, die an der Fragestellung interessiert waren. Dabei wurden auch Messreihen über die Auswirkungen verschiedener Randbedingungen auf die Messergebnisse durchgeführt, wie der Einfluss der vorgegebenen Fugenbreite bei den Testkörpern oder der Einfluss der Zuggeschwindigkeit. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengestellt und lassen erkennen, dass die Abweichungen akzeptabel sind. Trotzdem wäre eine Weiterentwicklung zur Optimierung der Messmethode wünschenswert. Das Gleiche gilt für die Messung der Bohrhärte durch Ersatz z.B. der Registriergeschwindigkeit durch die Zahl der Umdrehungen des Bohrers sowie eine Optimierung des Bohrkopfes.

Tabelle 3: Einfluss der Fugenbreite bei der Herstellung der Prüfkörper für den Scherzugversuch auf die Bruchkraft und das Entkopplungsmaß

Fugenbreite [mm]	Bruchkraft K [N]	Entkopplungsmaß EK [µm]
2 (normal)	570	21
0	810	18
5	800	19
10	910	20

Tabelle 4: Einfluss der Zuggeschwindigkeit bei Scherzugversuchen auf Bruchkraft und Entkopplungsmaß

Geschwindigkeit [µm/min]	Bruchkraft K [N]	Entkopplungsmaß EK [µm]
100	570	21
50	820	21
200	795	19

Weitere Forschungsmöglichkeiten

Für Scherzug-Untersuchungen sind weitere Forschungsthemen denkbar, z. B. zur Klassifizierung der Entkopplungsfähigkeit von Putzsystemen. So habe ich vor 20 Jahren aufgrund von damals vorhandenen Messergebnissen eine Klassifizierung vorgeschlagen, die natürlich unvollständig ist und ergänzt werden könnte (Bild 48). Man hat damit eine Beurteilungsmöglichkeit zur Wahl eines Putzsystems für die jeweilige Wandqualität, d. h. die ›Anfälligkeit‹ für Rissbildungen. Für die Darstellung in Bild 48 hat sich als Ordinate die Bruchkraft angeboten, womit die gefühlsmäßige Meinung bestätigt wird, dass ein ›weicher Putz‹ für wärmedämmendes Mauerwerk besser geeignet ist als ein harter.

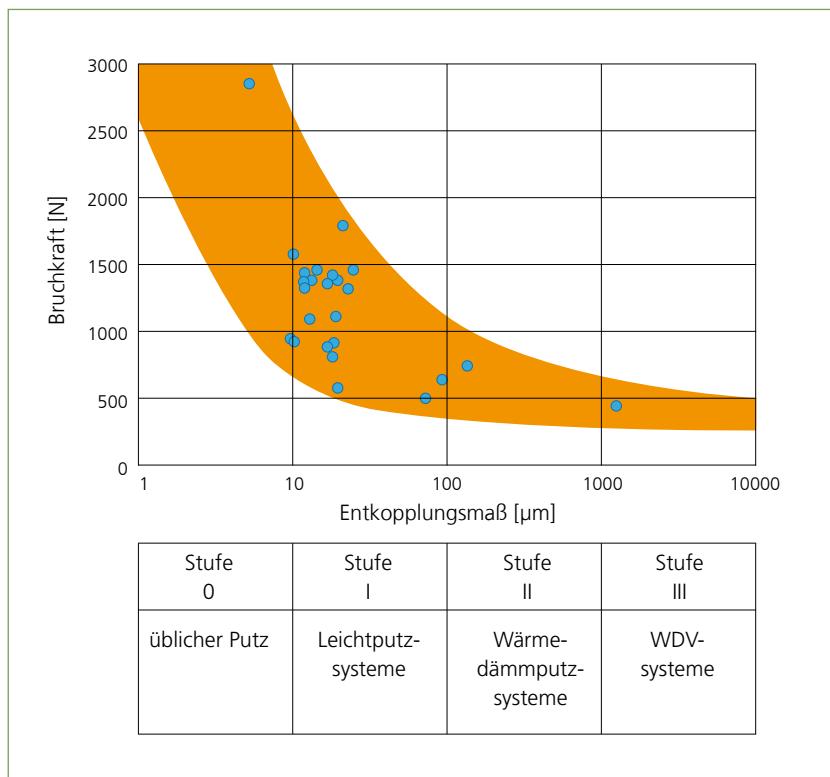


Bild 48: Zusammenhänge zwischen Bruchkraft und Entkopplungsmaß bei verschiedenen Putzsystemen von Baustellenmörtel bis WDV-System mit Vorschlag für eine Stufeneinteilung (logarithmischer Maßstab), nach [22]

6.4 Folgerungen

Die Messung der Bohrhärte ist eine Messmethode, welche der ›Härte‹ eines Putzes im Sinne von Festigkeit oder Abrieb ohne Differenzierung nach Biegezug-, Druck- oder Zugfestigkeit am ehesten entspricht. Sie hat den Vorteil, sowohl im Labor an Putzproben als auch an ausgeführten Wänden in gewissen Zeitfolgen angewandt werden zu können und ist deshalb zur Ermittlung von Eigenschaftsänderungen von Putzen (z.B. Alterung) in gleicher Weise geeignet wie zur Ermittlung des Festigkeitsgefälles in einem Putzsystem.

Die eingeführten Festigkeitsmessungen (Druck- oder Zugfestigkeit) sind Messmethoden, bei denen die Kraft gleichmäßig über die Probenquerschnitte einwirkt. Demgegenüber entstehen Putzschäden infolge von Fugenrissen oder Kerbwirkungen – wie ausgeführt – durch singuläre, ›punktuelle‹ Einwirkungen, die durch die Messmethode Scherzug besser erfasst und beurteilt werden können. Aufgrund von Untersuchungen nach diesen beiden Messmethoden, ergänzt durch Überlegungen zum Haftverbund, können die Ursachen von Putzschäden besser analysiert werden als durch die gängigen Messmethoden. Insbesondere im Bereich von Forschung und Entwicklung können diese Messmethoden hilfreich sein.

7 Schlussbetrachtung: Zusammenfassung, Folgerungen, Normung

Nach den Darstellungen und Folgerungen in den einzelnen Kapiteln bleibt zum Schluss noch eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Gesichtspunkte im Bereich der Putztechnologie.

7.1 Allgemeine Feststellungen

Das Verputzen, d. h. das geschlossene Überdecken eines heterogenen Putzgrundes aus meist unterschiedlichen Materialien durch eine etwa 2 cm dicke Schicht mit der Maßgabe, eine gleichmäßige Fassadenansicht ohne Schäden und Mängel zu schaffen, ist eine nicht einfache Aufgabe. Der Putz wird aus Frischmörtel vor Ort unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse aufgebracht. Das allein reicht aber nicht, sondern auch die Erhärtungsphase des Putzes muss beachtet und ggf. durch zusätzliche Maßnahmen beeinflusst werden. Das ist eine Aufgabe, bei der sowohl die technischen Hilfsmittel als auch die richtige Einschätzung und das handwerklichen Können durch den Ausführenden wichtig sind.

Außerdem ist der Putz – wie ausgeführt – kein ›selbstständiges Bauelement‹, sondern immer in Verbindung mit dem Putzgrund zu betrachten. Das ist nicht neu, sondern das wusste schon Vitruv vor über 2000 Jahren, wenn er in seinem dritten Buch über Architektur schreibt: »Und so kann der vom Mauerwerk abgetrennte Putz wegen seiner geringen Dicke nicht für sich allein stehen, sondern zerbricht« [14]. Der Putzgrund wirkt für den Putz quasi als Putzträger. Die hygrothermische Beanspruchung des Putzes ist zu einem großen Teil von den Eigenschaften des Putzgrundes abhängig. Das ist bei der Herstellung eines Putzes und bei der Beurteilung von Putzschäden zu berücksichtigen.

7.2 Putzeigenschaften nach Laboruntersuchungen

Die Eigenschaften eines Putzes werden entscheidend durch das Absaugen des Anmachwassers nach dem Putzauftrag auf das Mauerwerk und die nachfolgenden Erhärtungsbedingungen bestimmt, wie in Kapitel 2 ausgeführt. Vergleichbare Randbedingungen können bei im Labor hergestellten Proben nur bedingt nachgebildet werden. Deshalb ist hinsichtlich der Putzeigenschaften stets mit einem gewissen Unterschied zwischen Laborergebnissen und Praxisergebnissen zu rechnen. Die Laboruntersuchungen dienen in erste Linie zu einer allgemeinen Bewertung und Klassifizierung der Putzeigenschaften. Eine zahlenmäßig allzu enge Klasseneinteilung spezieller Putzeigenschaften nach Laboruntersuchungen ist aus der grundsätzlichen messtechnischen Problematik nicht sinnvoll.

7.3 Putze auf Mauerwerk in der Praxis

Der auf Mauerwerk haftende Putz kann kein ‚Eigenleben‘ haben, sondern muss sich den hygrothermischen Formänderungen des Mauerwerks angleichen. Unterschiedliche Eigenschaften der hygrothermischen Eigenschaften von Putz und Mauerwerk müssen nicht zu einem Schaden führen, solange entstehende Zug- oder Druckspannungen unterhalb der zulässigen Belastungswerte des Putzes oder des Mauerwerks liegen. Die Forderung nach gleicher Festigkeit aneinandergrenzender Putzschichten, wie seit Bestehen der Putznorm DIN 18550 als Grundsatz gefordert wird, ist kein besonderes Qualitätskriterium. Deshalb sind auch davon abweichende Fälle, als ‚Ausnahmen‘ von dieser Regel bezeichnet, ohne weitere Begründung möglich. Wichtiger ist die Verformbarkeit (E-Modul) aneinandergrenzender Schichten und deren Haftverbund. Die verschiedenen Eigenschaften müssen ‚zusammenpassen‘, müssen kompatibel sein, damit ein dauerhafter Verbund der Schichten bestehen kann.

Außer der originären Aufgabe eines Außenputzes (»... damit man nicht siehet, woraus die Wand bestehet« [19]) werden heute einem Putz viele andere Aufgaben zugeordnet, wie Regenschutz, Entkoppeln bei flächenlabilem Mauerwerk, Wärmedämmen und Sanieren bei salzhaltigem Mauerwerk (Kapitel 4).

7.4 Mauerwerk – Putzgrund – Putz

In den Putznormen werden bisher nur für den Putzgrund bestimmte Oberflächeneigenschaften gefordert, wie maßgerecht, staubfrei, sauber und saugfähig, ggf. sollen durch einen Spritzbewurf, durch Befeuchten oder Aufbringen einer Haftbrücke günstige Verhältnisse erzielt werden. Verputztechnische Anforderungen an das gesamte Mauerwerk werden nicht gestellt, die aber in den letzten Jahrzehnten wesentliche Ursachen von Putzschäden waren. Insbesondere kommt es auf die ›Flächenstabilität‹ des Mauerwerks an. Diese wird durch die Verfugung (vollfugig, dünnfugig oder teilverfugt), durch die Mauersteingröße (Kleinformat, Blockformat) und durch die Heterogenität der Mauersteine (Verhältnis Normdruckfestigkeit zu Querdruckfestigkeit) beeinflusst. Der Außenputz muss dann entsprechend diesen die Flächenstabilität beeinflussenden Eigenschaften des Mauerwerks gewählt werden, wie bereits 1999 entsprechend Bild 48 vorgeschlagen worden ist [22]. Abweichend von dem damaligen Vorschlag sollte man drei (statt dort vier) Mauerwerksgruppen definieren:

- Gruppe 1: Mauerwerk aus kleinformatigen Steinen, aufgemauert im Läufer/Binder-System,
- Gruppe 2: Mauerwerk aus wärmedämmenden Blocksteinen,
- Gruppe 3: Mauerwerk mit Außendämmung durch Dämmplatten oder durch besonders leichte Betonschicht o. Ä. sowie heterogene Putzgründe (Fachwerk, Mischmauerwerk oder Unterbrechungen durch Rollladenkästen o. A.).

Diesen Mauerwerksgruppen kann man folgende Außenputze zuordnen:

- Gruppe 1: üblicher Außenputz nach DIN 18550-2,
- Gruppe 2: Leichtputz nach DIN 18550-4,
- Gruppe 3: Wärmedämmputz nach DIN 18550-3 oder Armierungsputz wie bei WDV-Systemen.

7.5 Putzschäden

Putzschäden sind nach Kapitel 5 eigentlich nur auf zwei Ursachen zurückzuführen:

- Entweder auf Kerbspannungen, die auf lokale Störungen des Haftverbunds zurückzuführen sind, oder aus geometrischen Ursachen auftreten (z. B. Fenstereckrisse). Die Schadensbilder sind stets Risse bei Überschreiten der Zugfestigkeit des Putzes.
- Oder auf mangelnde Haftfestigkeit, wodurch der gelöste Putzbereich ein ›Eigenleben‹ führen kann; dadurch kommt es zu Spannungen zwischen dem haftenden und dem abgelösten Bereich und zu weiteren Putzablösungen oder zu Aufwölbungen infolge von Druckspannungen.

Die vielen Bezeichnungen für Rissarten in E DIN 18550 (2013), Anhang C, wie Sackrisse, Schrumpfrisse, Schwindrisse, Fettrisse, Einzelrisse geradlinig, Risse die den Fugenverlauf nachzeichnen, Stein-Putz-Risse, Fugenrisse, Schubrisse oder Kerbrisse sagen wenig über die Ursachen aus, sondern beschreiben eher das Erscheinungsbild. Insbesondere die Bezeichnung ›Stein-Putz-Riss‹, die in den 1980er-Jahren zur Beschreibung der zunächst nicht erklärbaren Putzrisse auf Leichtziegelmauerwerk eingeführt worden ist, ergibt wenig Sinn.

7.6 Empirie – Anwendung – Forschung

Das Verputzen von Wänden war zunächst allein eine Tätigkeit von Handwerkern, deren Erfahrungen weitergegeben worden sind. Erst im 20. Jahrhundert traten Probleme auf, die Anregungen zu Veränderungen gegeben haben. Das bewegte sich zunächst im Bereich handwerklicher Erprobung und Empirie und erbrachte Neuerungen in der Putztechnologie parallel zu Veränderungen im Bauwesen nach dem Zweiten Weltkrieg. Eine begleitende Forschung konnte die empirischen Entwicklungen im Grundsatz bestätigen und auch die physikalischen Hintergründe erläutern oder den Mechanismus aufgetretener Schäden erklären.

Eine eigenständige Wissenschaft zur Putztechnologie gibt es bisher nicht, weshalb in dieser Hinsicht ›Anleihen‹ von anderen Fachbereichen gemacht worden sind, die aber nicht immer passend oder zutreffend sind. Zum Beispiel wurde zur Bestimmung der Härte von Putzen die Druckfestigkeit gewählt, obwohl diese allein nicht als besonders schadensrelevant gelten kann. Die in Kapitel 6 geschilderte Weiterentwicklungen der Prüftechnik ermöglichte weitere Kenntnisse über das Funktionieren von Entkopplungsputzen oder die Wirkungsweise von Sanierputzen. Derartige Forschungen sollten weitergeführt werden.

7.7 Putznormung

Die nationale Normung auf dem Gebiet der Putztechnologie berücksichtigt die gesicherten Erkenntnisse der einschlägigen Forschung sehr zurückhaltend. Dabei ist es eigentlich die Aufgabe der Normung, den Stand der Wissenschaft und der Technik angemessen zu übernehmen. Dieter Eschenfelder, ein in der Bauaufsicht und im Baurecht anerkannter Fachmann, hat die Verhältnisse zwischen Forschung, Technik und Normung in dem in Bild 49 skizzierten Schema dargestellt. Dass die Normung immer mit einem gewissen Abstand dem technischen Stand und der Forschung folgt, ist verständlich und richtig. Dass aber an einer Putzregel gegen die Ergebnisse der Forschung und die Erfahrungen der Praxis festgehalten wird, ist nicht vertretbar.

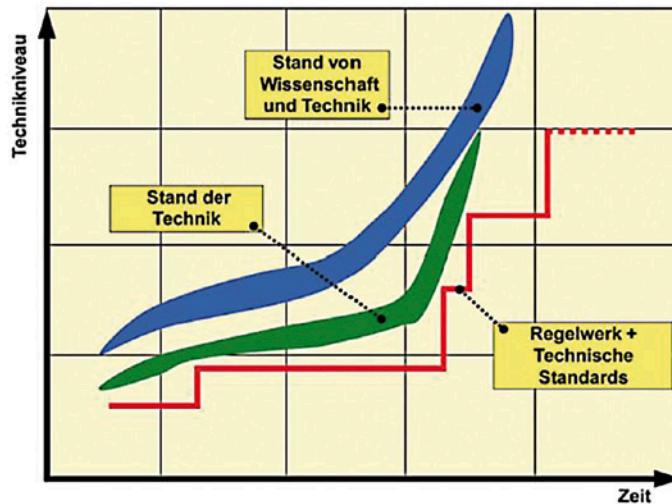


Bild 49: Schematische Darstellung zur zeitlichen Zunahme (Technikniveau) des Stands der Wissenschaft (blau), der Technik (grün) und der Übernahme in Regelwerke (rote Stufen). Wissenschaftliche Erkenntnisse benötigen einige Zeit, bis sie allgemein technisch realisiert werden, und können erst nach Erprobung und praktischer Bewährung als technischer Standard gelten (in [1]).

Kommentierung zur derzeitigen Situation der Putznormung

Durch die folgenden Ausführungen möchte ich aus meiner Sicht – bewusst getrennt von den wissenschaftlichen Darstellungen – zur Umsetzung der im Buch enthaltenen wissenschaftlichen Erkenntnisse auf die nationale und die europäische Normung Stellung nehmen. Dazu werden einerseits Betrachtungen zwischen der zeitlichen Abfolge der wissenschaftlichen Erkenntnisse und der nationalen Normaussagen vorgenommen und andererseits die nationalen Normaussagen mit den geplanten europäischen verglichen. Wie schon ausgeführt, ist die Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die nationale Normung unbefriedigend. Des Weiteren sind Normungsarten, die fachlichen Gesichtspunkte und die klimatischen Gegebenheiten in den verschiedenen europäischen Ländern sehr unterschiedlich, was eine Vereinheitlichung der Normung sehr erschwert. Zur Schilderung der deutschen Entwicklungen der Normen verwende ich die alten DIN-Bezeichnungen, um den zeitlichen Ablauf erkennbar zu machen.

Putztechnologie

Im Folgenden werden einige Eckpunkte in der zeitlichen Entwicklung der Putztechnologie und der Normung aufgeführt.

- 1940 Erste Putzprobleme traten im Zusammenhang mit großformatigen Leichtbeton-Mauerblöcken anstelle von Vollziegeln auf. Ermittlungen im damaligen Reichsgebiet wurden auf Verlassung von Otto Graf aufgenommen [1], [11].
- 1955 Erstausgabe der Putznorm DIN 18550 mit der Putzregel »weich auf hart« (*»Grundsätzlich gilt die Regel, dass der Unterputz mindestens so fest sein muss wie der Oberputz.«*). Diese Regel wurde aus handwerklich-praktischen Gesichtspunkten aufgestellt: Der Unterputz soll vor dem zeitnahen Aufbringen des Oberputzes genügend hart sein.

- 1985 Putznorm-Ausgaben DIN 18550-1, 1985: »*Die Festigkeit des Oberputzes soll geringer sein als die Festigkeit des Unterputzes oder beide Putzlagen sollen gleich fest sein*«, nun aber mit einer physikalischen Begründung: »*Die Eigenschaften der verschiedenen Putzlagen eines Systems sollen so aufeinander ab gestimmt sein, dass die in den Berührungsflächen der einzelnen Putzlagen eines Systems und des Putzgrundes z. B. durch Schwinden oder Temperaturdehnungen auftretenden Spannungen aufgenommen werden können*«. Weiter heißt es in DIN 18550-2 (1985): »*In begründeten Fällen kann ein Putzsystem gewählt werden, das von vorstehenden Grundsätzen abweicht. Die Eignung derartiger Systeme ist durch Erfahrung zu begründen oder durch probeweise Putzausführung, die langfristig zu beobachten ist, nachzuweisen*«. Und: »*Bei der Festigkeitsabstufung zwischen dem Putzgrund und dem Unterputz ist diese Regel sinngemäß anzuwenden*«.

Der Übergang von der praktischen Handwerksregel ›weich auf hart‹ zu einer physikalischen Grundforderung ist nie überzeugend begründet worden, hat aber die weitere Entwicklung nachhaltig beeinträchtigt (Wärmedämmputze, Leichtputze). Eine ›sinngemäße Übertragung‹ der Putzregel auf die Verhältnisse zwischen Unterputz und Putzgrund wird in vielen Fällen nicht eingehalten ohne Entstehen von Schäden (z. B. Putz auf ›weicherem‹ Porenbeton oder auf Holzwolle-Leichtbauplatten). Auch Streckmetall als Putzträger oder Putzbewehrung widerspricht diesem Prinzip.

- 1991 DIN 18550-3 Wärmedämmputze. Nach jahrelanger schadloser Anwendung von Wärmedämmputzen, die durch Zulassung reguliert worden sind, wurde die Norm mit gleichen Prüfbedingungen wie bei der Zulassung herausgegeben.
- 1998 DIN 18550-4 Putz. Leichtputze, Ausführung. Das Putzsystem besteht in der Regel aus 15 mm Leichtputz und 5 mm mineralischem Oberputz Plc oder PII. Die geforderten Festigkeitsverhältnisse gemäß DIN 18550 (1985) werden in der Norm als ›erfüllt‹ bezeichnet trotz höherer Rohdichte des Oberputzes im Vergleich zum Leicht-Unterputz.

-
- 1994 Erste Auflage des Fachbuches »Schäden an Fassadenputzen« [3] mit dem Hinweis, dass die Putzregel ›weich auf hart‹ nur begrenzt gültig ist und für wärmedämmendes Mauerwerk durch das Entkopplungsprinzip „hart auf weich“ ersetzt werden muss.
- 2000 Zweite Auflage des Fachbuches »Schäden an Fassadenputzen« [3] mit Hinweis auf die messtechnische Ermittlung des ›Entkopplungsmaßes‹. Im gleichen Jahr erschien der Fachaufsatz zu dem Thema »Wandlungen in den Anforderungen und der Ausführung von Außenputzen« [23], in dem darauf hingewiesen wird, dass die Putznorm DIN 18550 (1985) primär auf konventionelles Mauerwerk und Baustellenmörtel abgestimmt ist und dass für die Gesichtspunkte im Zusammenhang mit der weiteren Entwicklung im Mauerwerksbau neue Überlegungen erforderlich sind.
- 2007 Leitlinien für das Verputzen von Mauerwerk und Beton, herausgegeben vom Industrieverband Werkmörtel e. V. (IWM). Darin wird einleitend auf »den alten Grundsatz der Stuckateure weich auf hart« hingewiesen und im Übrigen (immer noch!) die Forderungen in DIN 18550 (1985) übernommen mit entsprechenden Eigenschaften aneinandergrenzender Putzlagen, damit in den Berührungsflächen keine unzulässigen Spannungen entstehen.
- 2011 Dritte Auflage des Fachbuches »Schäden an Fassadenputzen« [3]. Darin wird u. a. nachgewiesen, dass gängige Leichtputzsysteme nach dem ›Entkopplungsprinzip‹ funktionieren, also nach der Putzregel ›hart auf weich‹.
- 2013 DIN EN 13914-1 (2013): Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen – Teil 1: Außenputz. Darin wird unter 6.1.1 über die Wahl der Putzmörtelart ausgeführt: »Die Leistungsanforderungen an Putzmörtel auf Mineralbasis sind normalerweise erfüllt, wenn die Festigkeit des Oberputzes höchstens der Festigkeit des Unterputzes entspricht. Das gilt nicht für wärmeisolierende oder Leichtputze, wenn ein kunstharzmodifizierter Putz mit Bewehrungsgitter verwendet wird. Die Oberputzlagen, in einer der Korngröße entsprechenden Dicke aufgebracht und strukturiert, dürfen eine höhere Druckfestigkeit aufweisen«.

Von der ersten nationalen Putznorm DIN 18550 (1955) über weitere Putznormen und Putzregeln bis zur Euronorm DIN EN 13914-1 (2013) – also über 58 Jahre hinweg – wird die Regel ›weich auf hart‹ als Grundsatz postuliert, obwohl sich in diesem Zeitraum die Mauerwerksarten und die Putztechnologie wesentlich geändert haben. Diese Handwerksregel war für konventionelles Mauerwerk zutreffend, hat aber darüber hinausgehend keine bauphysikalisch relevante Bedeutung. Die Mehrzahl der heute verwendeten Putzsysteme funktionieren gegen diese Regel und werden ohne Begründung als Ausnahmen von der Norm zugelassen. Es ist unverständlich, warum bei der Fortschreibung der Normen niemals der Stand des Wissens berücksichtigt worden ist, der sich im gleichen Zeitraum stark gewandelt hat und wodurch die sog. ›Ausnahmen‹ zu erklären sind. Es fördert nicht das Verständnis, wenn – wie im obigen Zitat aus der DIN EN 13914-1 (2013) – eine Anforderung gestellt wird, um sie in den beiden nächsten Sätzen wieder zu annullieren. Dieses Problem entsteht in allen Putznormen mit dieser unzutreffenden Grundregel.

Regenschutz

Der Regenschutz wird in Deutschland aufgrund von Forschungsarbeiten, die auf die Mitte der 1950er-Jahre zurückgehen, durch die Kennwerte w [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$] und s_d [m] bewertet. Nach langer praktischer Erprobung erfolgte 1981 eine Normung in DIN 4108 und 1985 in DIN 18550. Seitdem ist der Regenschutz durch einen ›wasserabweisenden Putz‹ mit einer konstruktiven Maßnahme wie z. B. eine zusätzliche Wandbekleidung gleichzusetzen.

In der Norm E DIN EN 13914-1 (2013) wird der Regenschutz dagegen unter der Überschrift ›Beständigkeit gegen das Eindringen von Regenwasser‹ behandelt (Abschnitt 6.6).

Mit dieser Formulierung ist wohl nur die Wasseraufnahme gemeint und nicht deren Beständigkeit, was Langzeituntersuchungen erfordern würde. Die Wiederabgabe der Feuchtigkeit wird normativ nicht berücksichtigt. Ob das unpassende Wort ›Beständigkeit‹ ein Übersetzungsfehler oder ein Begriffsfehler ist, wäre noch zu klären.

Ein Vergleich der Regenschutz-Anforderungen in DIN 18550 (1985) für mineralisch und organisch gebundene Putze mit E DIN EN 13914-1 (2013) für mineralische Putze und DIN EN 15824 (2009) für Putze mit organischen Bindemitteln ergibt Folgendes:

In der deutschen Norm sind die Regenschutz-Anforderungen für mineralisch und organisch gebundene Putze zahlenmäßig gleich, da der Regenschutz unabhängig vom Bindemittel zu bewerten ist. In den Euronormen sind die Anforderungen dagegen unterschiedlich, abhängig von der Putzart. Außerdem werden die Anforderungen in den beiden Euronormen in unterschiedlichen Wertedimensionen angegeben. In der folgenden Tabelle werden die Regenschutz-Anforderungen nach den drei Normen jeweils für starke Schlagregenbeanspruchung (Gruppe III bzw. rau Witterungsbedingungen) im Vergleich dargestellt, wobei die rot zugefügten Zahlenwerte auf die übliche Dimension $[\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}]$ umgerechnet worden sind.

Norm/Putzart	zulässige Höchstwerte des w-Wertes bei starker Regenbeanspruchung
	Anforderung nach Norm bzw. umgerechnet
DIN 18550 (1985) mineralisch und organisch gebunden	0,5 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$ *
DIN EN 13914 (2013) mineralisch gebunden	0,2 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ △ 1,5 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$
DIN EN 15824 (2009) organisch gebunden	0,1 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$

* In Deutschland wird derzeit eine Reduzierung des w-Wertes auf 0,2 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$ diskutiert wegen veränderter Randbedingungen (höhere Wärmedämmung und damit geringeres Trocknungspotenzial).

Warum in den beiden Euronormen die Anforderungen für mineralisch und organisch gebundene Putze unterschiedlich sind und warum für mineralische Putze und Kunstharzputze unterschiedliche Wertedimensionen gelten ist unverständlich (um den Faktor 15 verschieden!). Es ist zu berücksichtigen, dass es heute zwischen Kunstharzputzen und Kunststoffmodifizierten Mineralputzen einen fließenden Übergang gibt, weshalb unterschiedliche Anforderungen in den beiden Fällen schon deshalb und auch generell nicht logisch und vertretbar sind. Ein Wasseraufnahmekoeffizient für mineralische Putze von $w=1,5 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$ nach der Euronorm ist für deutsche Klimaverhältnisse bei Beanspruchungsgruppe III völlig inakzeptabel.

Ausführlichkeit der Euronormen

Normen werden für Fachleute geschrieben, weshalb die Kenntnis von fachspezifischen Grundlagen vorausgesetzt werden kann. So wurde es bisher bei der deutschen Normung gehandhabt. Erklärungen sollten nur in speziellen Fällen zur Erläuterung besonderer Maßnahmen erfolgen. In der E DIN EN 13914-1 findet man dagegen Ausführungen, die in ein Lehrbuch für Anfänger gehören, wofür im Folgenden einige Beispiele (von vielen!) angeführt werden.

Abschnitt 6.14 (Zitat):

»Normalmörtel und die meisten anderen Putzmörtel haben nur einen geringen Einfluss auf den Wärmedurchgang durch eine übliche Außenwand. Das beruht darauf, dass die Leitfähigkeit des Putzes relativ hoch ist und lediglich eine dünne Schicht aufgebracht wird. Ein solcher Putz kann aber einen leichten Putzgrund trocken halten und seine gute Wärmedämmung aufrechterhalten«. Anmerkung: Das gehört in ein Lehrbuch. Außerdem: zum Trockenhalten eignet sich nicht jeder Putz!

Abschnitt 7.8.1 (Zitat):

»Mit der Arbeit sollte erst begonnen werden, wenn der Putzgrund sorgfältig vorbereitet, nicht gefroren ist und geeignete Witterungsbedingungen vorherrschen. Verputzt werden sollte nur dann, wenn der Putzgrund und die Luft dicht vor der Wand eine Temperatur von +5 °C oder höher aufweisen. Wände, die erst kürzlich einem über mehrere Stunden anhaltendem Regen ausgesetzt waren, sollten nicht verputzt werden. Bei rauem Wetter oder Frostperioden sollte die Arbeit unterbrochen werden. Die Arbeit sollte eher unterbrochen werden, wenn abzusehen ist, dass die Temperatur sinken wird, bevor der Putz erhärtet.

Die Putzlagen müssen so aufgebracht werden, dass sie den größtmöglichen Kontakt mit dem Putzgrund haben«.

Abschnitt 8.2 (Zitat):

»Art und Ausmaß der Schäden sollten durch eine mit dem Fachgebiet vertraute und erfahrene Person sorgfältig geprüft werden.

Es ist wichtig, die Ursache der Schäden zu ermitteln, insbesondere wenn diese auf unzureichender Planung oder Mängeln im Putzgrund beruhen.«

Anmerkungen zu den beiden letzten Abschnitten: Diese Ausführungen beinhalten mehr Problempunkte als Handlungsanweisungen. Was ist unter »größtmöglichem Kontakt« des Putzes auf dem Putzgrund zu verstehen, wer kann und wie soll das festgestellt werden und wer

kann vorhersehen, wie das Wetter in der Erhärtungsphase des Putzes wird? Weitere Fragen: Wer soll zuvor beurteilen, ob die Schadensursache auf der Planung oder dem Putzgrund beruht und was sind die Kriterien für eine mit dem Fachgebiet vertraute und erfahrene Person? Wie »sorgfältig« muss geprüft werden? Solch unklare Formulierungen kann man in Streitfällen sehr unterschiedlich auslegen!

Demgegenüber sind die Ausführungen in der ersten deutschen Putznorm DIN 18550 aus dem Jahr 1955 vorbildlich klar und eindeutig (Zitate):

Abschnitt 5.16:

»Auf gefrorenen Putzgrund darf nicht geputzt werden.«

Abschnitt 6.15:

»Um eine einwandfreie Haftung des Putzes zu erzielen, ist der Mörtel anzuwerfen.«

Normenumfang ›national‹ und ›europäisch‹ im Vergleich

Die erste Putznorm DIN 18550 mit dem Titel »Putz – Baustoffe und Ausführung« aus dem Jahr 1955 hatte einen Umfang von fünf Seiten. Später kamen noch die Normen für Kunstharzputze, Wärmedämmputze und Leichtputze hinzu. Das gab insgesamt einen Normenumfang von 40 Seiten vor dem Übergang zur europäischen Normung. Die Euronormen (DIN EN 998-1, DIN 18550-1, DIN EN 13914-1, DIN EN 15824) haben zusammen einen Umfang von 147 Seiten, also beinahe das Vierfache. Durch eine straffe Formulierung (siehe obiges Beispiel) und durch Vermeiden von Ausführungen nach Lehrbuchart wäre eine deutliche Reduzierung des Normumfangs zu erzielen.

Außerdem wurden bei der Euronormung bewährte Regelungen aus deutschen Normen nicht übernommen und manches nur ›am Rande‹ erwähnt. Deshalb ist eine deutsche ›Ergänzungsnorm‹ erforderlich. Diese Ergänzung betrifft insbesondere die Euronormen DIN EN 998-1, 2010 (Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 1 Putzmörtel) und DIN EN 13914-1, Entwurf 2013 (Planung, Zubereitung und Ausführung von Innen- und Außenputzen – Teil 1: Außenputz). In diesen Normen aus deutscher Sicht nicht ausreichend behandelte Themen wurden 2005 in der Vornorm DIN V 18550 (2005) zusammengestellt und 2013 durch E DIN 18550-1 aktualisiert.

Diese nationale Ergänzungsnorm enthält die Punkte und Festlegungen, die zusätzlich zu den Normausführungen in DIN EN 13914-1 zu beachten sind. Die Nummern im Inhaltsverzeichnis der einzelnen Abschnitte in der Euronorm wurden in der deutschen Ergänzungsnorm identisch übernommen, in der zu den einzelnen Unterpunkten jeweils zu lesen ist:

entweder: »Es gilt DIN EN 13914-1« (in 83 Fällen)
und ggf.: »Zusätzlich gilt [x y z]« (in 26 Fällen).

Unter »x y z« sind Ergänzungen aufgeführt, wie z. B.:

- Anforderungen an »wasserabweisende Außenputze«,
- die Auswirkung von Salzen und die Anwendung von Sanierputzen,
- differenzierte Angaben über die Prüfung und Anwendung von Wärmedämmputzen,
- Kennwerte zur Charakterisierung von Normal- und Leichtputzen,
- Verwenden und Einbringen von Gewebearmierungen in Putzschichten

und vieles andere mehr.

Für den deutschen Leser bedeutet dies, zur umfassenden Information stets beide Normen vor sich zu haben, die europäische und die deutsche Ergänzungsnorm. Das ist bei dem Umfang der Euronorm kein geringer Aufwand.

Beurteilung und Folgerungen

Sinn und Aufgabe von Normen ist die Vereinheitlichung von Materialeigenschaften und Formen (z. B. Papierformate oder Schraubgewinde) oder von Messmethoden. Dies sind Eigenschaften bzw. Methoden, die weltweit vereinbart werden können. Im Falle des Putzes gibt es solche Fälle ebenfalls, nämlich technologische und physikalische Eigenschaften des Frischmörtels und des Festmörtels zur einheitlichen Kennzeichnung des Materials. Es gibt aber auch technologische und klimatisch bedingte Einflüsse, denen kein allgemeines, sondern nur eine regionales Interesse zukommt. In Deutschland verlangt z. B. die Vielzahl von großformatigen, wärmedämmenden Arten von Mauersteinen einen Außenputz mit »Entkopplungsfähigkeit«, was in Ländern mit traditionellem Sichtmauerwerk von geringem Interesse ist. In südlichen Ländern hat die Wärmespeicherfähigkeit (das Wandgewicht) einen größeren Stellenwert, wodurch andere Gesichtspunkte bei der Wahl des Außenputzes gelten. Und vor allem muss der Regenschutz

durch den Außenputz auf die Wetterbeanspruchung, abhängig vom Großklima, der örtlichen Lage und der Wandorientierung (Kleinklima) abgestimmt werden. Es ist unmöglich, den Einfluss des Außenklimas, insbesondere von Regen und Wind (Schlagregen), in einer Norm zu behandeln, die von Schottland bis Ungarn und von Finnland bis Zypern Gültigkeit hat.

In den vorliegenden Euronormen sind beide Arten von Normungszielen vertreten, was nicht zufriedenstellend sein kann. Sinnvoller ist es, die technologischen Eigenschaften, die überregional und grenzüberschreitend gültig sind, in einer Norm zusammenzufassen und die speziellen anwendungstechnischen und klimabedingten Maßnahmen gesondert regional zu formulieren. Eine konsequente Trennung zwischen grenzüberschreitenden und regionalen Normfestlegungen ist deshalb sinnvoll und notwendig.

Außerdem entsprechen sowohl die bestehenden deutschen als auch die ausländischen Normen in wesentlichen Punkten nicht dem Stand des heutigen Wissens und der Technik: In den deutschen Normen ist es die sog. »Grundregel weich auf hart«, die nur eine sehr eingeschränkte Bedeutung hat, aber immer noch gegenüber dem allgemeineren Prinzip der »Entkopplung« vertreten wird. Und hinsichtlich des Regenschutzes fehlt in der Euronorm eine schlüssige Konzeption für den Regenschutz; auch die hierfür eingeführten Prüfbedingungen sind fragwürdig. Im Gegensatz dazu hat sich der in Deutschland verwendete »wasserabweisende« Außenputz seit Jahrzehnten bewährt.

Ein bauphysikalisch begründeter Putzaufbau und der Regenschutz sind aber genau die beiden Themenbereiche, die im 20. Jahrhundert als neue Aufgaben entstanden sind. Diese Aufgaben sind im Prinzip gelöst, werden aber in den Euronormen keineswegs dementsprechend behandelt. Insgesamt kann die Einhaltung der Euronormen in Deutschland eine Minderung der Bauqualität zur Folge haben.

Literaturverzeichnis

- [1] Künzel, H.: Bautraditionen auf dem Prüfstand. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [2] Künzel, H.: Eine Methode zur Prüfung der Härte von Außenputzen auf Wandoberflächen. Das Stuckgewerbe (1963), Nr. 12, S. 434–435
- [3] Künzel, H.: Schäden an Fassadenputzen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag (Schadensfreies Bauen; 9). 1. Aufl. 1994, 2., erw. Aufl. 2003, 3., überarb. und erw. Aufl. 2011
- [4] Künzel, H.: Außenputz – Untersuchungen, Erfahrungen, Überlegungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2003
- [5] Böhm, H.: Untersuchungen über den Einfluss des Wasserentzugs auf die Mörtelleigenschaften. IBP-Bericht FB 23/1988
- [6] Rieckmann, H.-P.: Beitrag zum Problem der Druckkraftübertragung von Stahlpfählen in Betonüberbauten. Die Bautechnik (1971), Nr. 8, S. 262–270
- [7] Künzel, H.: Risse in bewittertem Holz. Bauen mit Holz 95(1993), Nr. 12, S. 1018–1025
- [8] Künzel, H.: Einfluss des Putzgrundes und der Herstellungsbedingungen auf die Saugfähigkeit von Außenputzen. Berichte aus der Bauforschung (1972), Nr. 79, S. 19–26
- [9] Künzel, H.: Außenputze – früher und heute. Baumarkt (1994), Nr. 9, S. 26–28
- [10] Triebel, W.: Geschichte der Bauforschung. Hannover: Vincentz Verlag, 1983
- [11] Kaufmann; F.: Außenputz für Massivwände. Wiesbaden: Bauverlag, 1950 (diese Richtlinien sind bereits 1943 bis 1945 entstanden und wurden den beteiligten Stellen bekannt gegeben)
- [12] Reiher, H. et al.: Wärme- und Feuchtigkeitsschutz in Wohnbauten. Bericht über die Versuchszeit 1952–1956. Berlin: W. Ernst & Sohn, 1958
- [13] Holm, A.; Worch, A.: Einsatzmöglichkeit des Computersimulationsprogramms WUFI bei Putzen. FAS-Schriftenreihe, Nr. 9, S. 151–166
- [14] Fensterbusch, C.: Vitruv – Zehn Bücher über Architektur. Darmstadt: Primus Verlag, 1996
- [15] Künzel, H.: Bauphysik und Denkmalpflege. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [16] Künzel, H.: Sanierputze sind mehr als eine begleitende Maßnahme. In: Fachverband Feuchte und Altbausanierung e.V. -FAS-, Berlin (Hrsg.): Bautenschutzmittel. Vorträge anlässlich der 8. Hanseatischen Sanierungstage im November 1997 im Ostseebad Kühlungsborn. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1997, S. 166–177
- [17] Meier, H. G.: Sanierputze. 2., erw. Aufl. Renningen: expert verlag, 2002 (Baupraxis und Dokumentation; 18)
- [18] Künzel, H.: Trocknungsblockade durch Mauerversalzung. Bautenschutz + Bausanierung 14(1991), Nr. 4. S. 63–66
- [19] Stieglitz, Chr.: Encyklopädie der bürgerlichen Baukunst. Leipzig, 1792
- [20] Ohnemüller: Die Bestimmung der Putzhärte mit Hilfe der Bohrfestigkeit. Zement, Kalk, Gips 57(1968), S. 172–174

- [21] Künzel, H.; Riedl, G.: Kalkputz in der Denkmalpflege. Bautenschutz und Bausanierung 19(1996), Nr. 2, S. 12–18
- [22] Künzel, H.: Außenputze für Leichtmauerwerk: Bisherige empirische Entwicklung gezielt weiterführen! Werkstoffwissenschaften und Bauinstandsetzen – MSR99 Esslingen 1999. S. 99–110 (AEDIFICATION Publishers, 79104 Freiburg)
- [23] Künzel, H.: Wandlungen in den Anforderungen und der Ausführung von Außenputzen. Das Mauerwerk (2000), Nr. 3, S. 95–102

Anhang

Vorbemerkung

Welche Zäsur die beiden Weltkriege und die politisch turbulenten Zeiten dazwischen auf die Entwicklung eines vorwiegend dem Wohl der Menschen geltenden Bereichs wie Bauen und Wohnen bedeutet haben, wird erst heute richtig klar [1]. Manches, was vor diesen Zeiten bekannt war, geriet in Vergessenheit und die Weiterentwicklung und Forschung auf diesem Gebiet musste erst wieder in Gang kommen. Das gab auch Anlass zu einseitigen Überlegungen und Entwicklungen, die dann wieder korrigiert werden müssen. Im Zusammenhang mit Mauerwerk und Putz sind das z. B. die Bereiche der ›aufsteigenden Feuchte‹ in Außenwänden und deren negative Auswirkungen, denen u. a. mit Sanierputzen zu begegnen ist. Sodann die Außendämmung durch WDV-Systeme, die seit der Energiekrise der 1970er-Jahre bis heute häufig Anwendung findet.

Zu diesen Themenbereichen wurden in drei Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften »Bausubstanz« und »Der Bausachverständige« aktuelle Beiträge veröffentlicht, die – zum Thema des Buches passend – im Folgenden abgedruckt werden.

Anhang A:

Problembereich ›aufsteigende Feuchte‹

Eine in der Nachkriegszeit an alten Gebäuden häufig genannte Schadensursache wurde mit dem pauschalen Begriff ›aufsteigende Feuchte‹ bezeichnet, meist ohne den näheren Ursachen nachzugehen. Oft wurden gleichzeitig verschiedene Sanierungsmaßnahmen vorgenommen, wodurch eine Entscheidung über die tatsächliche Wirkung der einzelnen Maßnahmen schwer fiel. Gezielte Einzeluntersuchungen führten dann zu der Aussage, dass deren Wirkungen mehr oder weniger unbefriedigend waren, verglichen mit anderen Sanierungsmaßnahmen in Bereichen des Bauens. Hierzu und auch über die lange Zeitdauer für eine Klärung gibt der Bericht Auskunft.

Anhang B:**Prüfung, Zulassung und Normung von Wärmedämmverbundsystemen**

Bewährte Baustoffe oder Baumaßnahmen werden genormt, damit der Anwender oder Verbraucher die Gewähr hat, dass das Produkt die erforderlichen Eigenschaften und Sicherheiten erfüllt. Bei neuen Produkten ohne vorhandene Langzeiterfahrungen wird in der Regel eine bauaufsichtliche Zulassung erteilt, die zeitlich befristet ist und die nach deren Ablauf wieder erneut erteilt werden kann, ggf. mit längerer Geltungsdauer, oder die verweigert wird, wenn das Produkt nicht befriedigt. Bei auf diese Weise genügend gewonnenen Erfahrungen werden solche Zulassungen in der Regel in eine Norm übergeführt, wie z. B. bei Wärmedämmputzen.

Bei WDV-Systemen ist es nicht in dieser Weise gelaufen. Deren Anwendung erfolgt seit Jahrzehnten durch Zulassungen. Einerseits wird dadurch die Meinung suggeriert, dass eine bauaufsichtliche Zulassung einen höheren Stellenwert hat als ‚nur‘ eine Norm. Andererseits wird durch genaue Festlegungen über die Einzelkomponenten des Systems eine vermeintliche Sicherheit und Einmaligkeit vorgegeben.

Eine Produkthaftung erfolgt nur bei genauer Ausführung nach den Vorgaben des Produktherstellers, der allein Kenntnisse über seine Produkte und deren Einzelkomponenten hat. Andere Komponenten gleicher Eigenschaften werden ausgeschlossen. Dieses Vorgehen hat in der näheren Vergangenheit die Erforschung bauphysikalischer Zusammenhänge über Wirkmechanismen bei WDV-Systemen und die Weiteranwendung von Teilkomponenten (z. B. Armierungsputze) nicht ermöglicht. Beispiele hierzu sind im vorliegenden Buch zu finden.

Anhang C:**Historische Außenputze auf Wärmedämmverbundsystemen**

In Anhang B wird ausgeführt, dass bei zugelassenen WDV-Systemen nur die in der Zulassung aufgeführten Einzelkomponenten anzuwenden sind. Diese Einschränkung hat zur Folge, dass z. B. die Oberputze von WDV-Systemen ein relativ einheitliches – ein ‚uniformes‘ – Fassadenbild liefern. Dass dies nicht sein muss und dass eine Liberalisierung der Zulassung – bzw. besser – eine Normung dieser Einschränkung beseitigen würde, wird in Anhang C dargelegt.

Anhang A:

Problembereich ›aufsteigende Feuchte‹

1 Einleitung und Übersicht

Nach dem Zweiten Weltkrieg waren der Wiederaufbau und Neubau von Wohnungen eine vorrangige Aufgabe. Staatliche Forschungsmittel flossen daher zunächst fast ausschließlich in die Entwicklung von Projekten für den Neubau. Auch die Baustoffindustrie hatte sich vorwiegend nur für den Neubau interessiert. Andererseits war der Zustand der noch vorhandenen Bauten nach den zwei Kriegen und den wirtschaftlichen Problemjahren dazwischen oft in einem Zustand, der Sanierungen erforderte. Ein häufig anzutreffender Schaden waren von unten her feuchte Wände mit sichtbar abnehmendem Feuchtegehalt nach oben. Dass die Feuchtigkeit von unten her aufsteigt, erschien so offensichtlich, dass man glaubte, hierzu keinen Gutachter zu benötigen, sondern nur einen Fachmann, der die Feuchtezuflhr absperrt oder die Trocknungsmöglichkeit fördert (Bild 1). Da bei alten Gebäuden die später übliche Horizontalisolierung zwischen Fundament und Mauerwerk oft nicht vorhanden war, war man sich sicher, dass die Feuchtigkeit von unten kommt. Heute wissen wir, dass zwischen ›aufsteigender Feuchte‹ als Schadensbild und wirklich ›kapillar aufsteigender Feuchte‹ als Schadensursache zu unterscheiden ist und dass verschiedene Ursachen das gleiche Schadensbild zur Folge haben können.

Wenn die wirkliche Schadensursache nicht erkannt wird, ist das Risiko von Fehlsanierungen groß. So hat schon C. Simlinger [1] vor über zwei Jahrzehnten die geringe Wirksamkeit verschiedener Sanierungsmaßnahmen beklagt, die er an 40 ausgewählten Objekten ermittelt hat:

- Mauertrennung: Wirksamkeit 75 % (zufriedenstellend),
- Injektionen (ohne und mit Druck): Wirksamkeit 39 % (deutlich schlechter),
- elektrophysikalische Verfahren: Wirksamkeit 33 % (unbefriedigend).



Bild 1: »Aufsteigende Feuchte« an einem alten Gebäude: Der untere Wandbereich ist dunkler (feuchter?), dann folgen weiße Salzausblühungen und Putzabsprengungen.

Solch geringe Erfolgsquoten würden bei anderen Sanierungsarbeiten am Bau niemals akzeptiert werden und man stellt dann jeweils die gleichen Überlegungen an, ob durch Schulung, Erhöhung des Wissensstandes der Anbieter oder sonstige Verbesserungen der Saniermethoden Abhilfe zu schaffen ist, anstatt zu überlegen, ob nicht vielleicht die Schadensursache falsch eingeschätzt worden und die Sanierungsmethode generell ungeeignet war. Die dadurch entstandene Skepsis gegenüber Sanierungen nach konventionellen Methoden war der Nährboden für alternative Maßnahmen zur Schadensbehandlung außerhalb der »Regeln der Technik« bis hin zu »paraphysikalischen Verfahren«. Aber auch hierdurch ist keine Lösung zu erwarten, wenn man die neuerdings erschienene ausführliche Beschreibung von J. Weber und V. Schulz mit dem Titel Reduzierung des Durchfeuchtungsgrades durch Verfahren außerhalb der Regeln der Technik liest, in der über »*hohe Versagensquoten bei Injektionen*« und »*erhebliche Versagensquoten bei Anlagen mit aktivem elektroosmotischem Wirkprinzip*« berichtet wird (Zitate aus [2]).

Rückblickend auf die Verhältnissen im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert ist festzustellen, dass damals in dieser Hinsicht schon Erkenntnisse vorhanden waren, die durch die Kriege in der ersten Hälfte

des 20. Jahrhundert in Vergessenheit geraten sind. Hierüber wird im Folgenden berichtet sowie über den heutigen Stand der Kenntnisse zum Problembereich der aufsteigenden Feuchte und die daraus folgenden begründeten Sanierungsmethoden.

2 Frühere Erkenntnisse und Maßnahmen

Nach meinen Recherchen kam der Begriff ›aufsteigende Feuchte‹ vor dem Ersten Weltkrieg in der Literatur so gut wie nicht vor. Man kannte das Ausblühen von Salzen und das Schädigen von Putz- und Steinoberflächen aufgrund von wechselndem Kristallisieren und In-Lösung-Gehen von Salzen, was man als ›Mauerfraß‹ bezeichnet hat. Die Ursache führte man richtigerweise »auf die Verwendung von faulige Substanzen enthaltendem Bauwasser zurück« oder »nachträgliches Eindringen, wenn schadhafte Abfallrohre Fäkalstoffe in die Umgebung ausstreuen«. An anderer Stelle heißt es, »dass man bedacht sein soll, die Keller- und Grundmauern gegen die Nachbarschaft fruchtbare Erde zu schützen« [3].

2.1 Herkunft der Mauersalze

Tatsächlich ist der Mauersalpeter, um den es sich meist handelt, auf die in früheren Jahrhunderten gegebenen Verhältnisse der Hygiene, der fehlenden Kanalisation und Abfallbeseitigung zurückzuführen, was in [4] näher erläutert wird. Hierzu zwei kurze Episoden aus Tagebuchaufzeichnungen von Goethe. Auf seiner Reise nach Italien übernachtete er 1786 in Torbole am Gardasee. Als er nach seiner Ankunft in einem Gasthaus den Hausknecht nach einer »Bequemlichkeit« fragte [offenbar damals der vornehme Ausdruck für Abort], deutete dieser in den Hof: ›Hier unten können Sie sich bedienen. Ich frage ›Wo‹, er antwortete: Überall, wo Sie wollen«. Ein anderes Mal, 1797, ist Goethe auf der Fahrt von Heidelberg nach Heilbronn auf der Durchfahrt durch Sinsheim aufgefallen, dass in den Straßen »der Mist und Gassenkot mehr oder weniger an die Häuser angedrückt war. Der Hauptweg in der Mitte und die Pflasterwege zu den Hauseingängen bleiben dadurch ziemlich rein. Der Bürger, der gelegentlich seinen Mist und Kot auf die Felder schafft, ist nicht durch eine allzu ängstliche Polizei gequält und wenn er den Unrat sich häufen lässt, so muss er ihn unter seinen Fenstern dulden; das Publikum ist auf der Straße wenig oder nicht inkommodiert«. Soviel zu den damaligen Verhältnissen, mehr dazu in [4].

Aus Exkrementen und Fäulnisprodukten entstand durch Bakterien Salpeter, der verstärkt im Umfeld von menschlichen Behausungen und Viehställen zu finden war. Der Salpeter wurde im Auftrag der Landesherren durch den Berufsstand der Saliterer »geschürft«, die diesen als Grundstoff für die Herstellung von Schießpulver benötigten. Diese Entwicklung der Salpetergewinnung ist nach [5] »eine der interessantesten Episoden der Technik- und Wissenschaftsgeschichte des Mittelalters und der Neuzeit«. In Bayern wurde diese Art der Salpetergewinnung 1866 eingestellt, weil das erforderliche Material billiger aus Chile importiert werden konnte. An den Ort einer Salpeterraffinerie erinnerte bis vor wenigen Jahren die Salpeterstraße in München, direkt hinter dem Nationaltheater (Bild 2). Dieses Wissen hätte wohl mindestens in der nächsten Generation noch vorhanden sein können, oder wurde es verdrängt, weil man in einer anderen, schöneren Epoche lebte? Das ist eine ungeklärte Frage.



Bild 2: Teilansicht der Außenwand der früheren Salpeterraffinerie innerhalb des Gebäudekomplexes der ehemaligen Königlichen Residenz in München mit typischen Putzschäden infolge Salzausblühungen. Die an die Raffinerie angrenzende Straße hatte den Namen »Salpeterstraße«. (Foto: H. G. Meier)

2.2 Frühere Maßnahmen gegen Grundfeuchte

In einem Atlas und Lehrbuch der Hygiene aus dem Jahr 1909 wird über den Schutz der Gebäude, namentlich der Mauern, gegen die Bodenfeuchtigkeit Folgendes ausgeführt [6]: »Als eine der Ursachen feuchter Wände gilt die aus dem Boden in die Grund- und Kellermauern eindringende und durch Haarröhrchenwirkung [damals für Kapillarleitung] darin aufsteigende Feuchtigkeit genannt. Vorkehrungen dagegen können nur selten ganz unterlassen werden, z. B. bei sehr hoher Lage aller Teile des Baues weit über dem höchsten Grundwasserspiegel und wenn gleichzeitig der umgebende Grund das vom Tage einsickernde Niederschlagswasser nicht längere Zeit festhält, sondern rasch versickern lässt, z. B. reiner Sand oder Kies. Aber auch dann muss durch mindestens 1 m breite Umpflasterung des Hauses das Niederschlagswasser abgewiesen werden [Bild 3]. Bei Berghängen ist es geraten – sofern nicht weitergehende Maßregeln nötig werden – neben die Grundausohle an der Bergseite einen Strang tönerner Entwässerungsrohre zu legen und das sich darin sammelnde Wasser in sicherer Weise um das Gebäude herumzuleiten [Bild 3a]. Wo aber irgendeine länger andauernde Durchfeuchtung des die Grund- und Kellermauern umgebenden Bodens zu fürchten ist, genügen diese Mittel nicht. Statt ihrer, oder besser neben ihnen müssen undurchlässige Schichten angewandt werden, die das Mauerwerk von dem durchfeuchten Boden scheiden oder wenigstens das Aufsteigen der Feuchtigkeit aus dem Grundbau in die Umfassungswände des Gebäudes hindern. Die Bild 3 a–d geben einige Beispiele solcher Anordnungen, ohne damit alle möglichen Fälle erschöpfen zu wollen. Es ist bei solchen Fällen dringend nötig, nicht schematisch zu verfahren, sondern in jedem einzelnen Falle die Umstände genau zu prüfen und geeignete Mittel zur Abwehr der Feuchtigkeit zu wählen.

Aus welchen Stoffen können nun diese Trennungsschichten bestehen? Dichter Zementmörtel als äußerer Verputz der Kellermauern wäre an sich unverwüstlich, kann aber durch Bewegungen des Mauerwerks leicht Risse bekommen; er ist also nur dann zweckmäßig, wenn das Mauerwerk und der Untergrund so fest und stark sind, dass jede Rissebildung ausgeschlossen erscheint. Schaltet man 3 bis 4 Schichten Klinker mit dichtem Zementmörtel vermauert in eine Mauer ein, so verhindert dies unbedingt das Aufsteigen von Feuchtigkeit; vorausgesetzt aber ist auch hier, dass keine Risse auftreten. Es ist daher begreiflich, dass in der Praxis biegsamen und zähen Stoffen der Vorzug gegeben wird, weil diese kleinen Bewegungen des Mauerwerks folgen ohne zu zerreißen. Bleiplatten werden viel empfohlen, am häufigsten aber sind sogenannte Isolierplatten aus Filz oder starker Pappe, die mit Asphalt oder Teer getränkt und auf beiden Seiten damit belegt sind. Solche Platten werden einfach mit etwa 10 cm Überdeckung in eine Fuge verlegt; die manchmal beliebte Verlö-

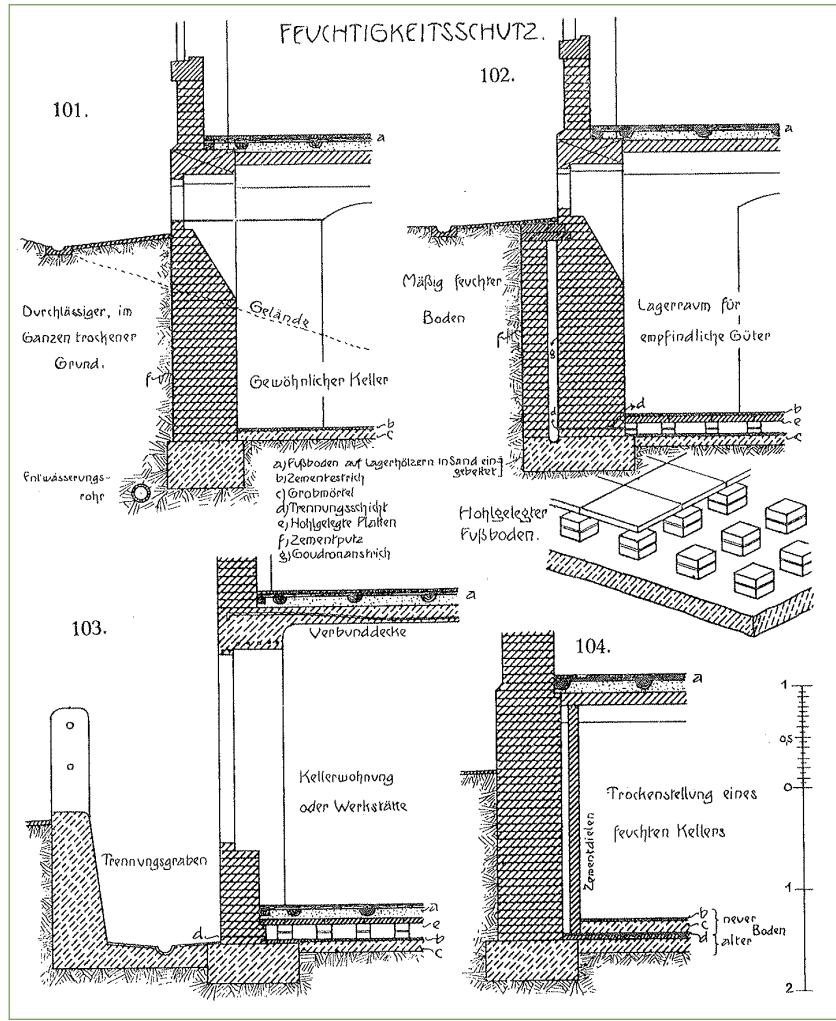


Bild 3 a-d: Beispiele für den Schutz von Mauern gegen Bodenfeuchtigkeit nach v. Mecenseffy, 1909 [6]

tung der Stöße mit flüssigem Teer oder Asphalt ist unnötig, weil die weichen Plattenränder sich unter dem Gewicht des darüber lastenden Mauerwerks alsbald völlig wasserdicht ineinander pressen.«

Diese Darstellung des ehemaligen Architekturprofessors E. v. Mecenseffy der Technischen Hochschule München habe ich deshalb in vollem Wortlaut übernommen, weil hier in kurzer und klarer Art die wesentlichen Gesichtspunkte gegen aufsteigende Feuchte genannt werden und gleichzeitig die Aufforderung für eigene Entscheidungen

zwischen den Zeilen zu lesen ist. Sein Vorschlag zur Vermeidung aufsteigender Grundfeuchte, 3 bis 4 Lagen Klinker zu verwenden, deckt sich mit den in Abschnitt 3.1 geschilderten eigenen Untersuchungen an Mauerproben und wird auch durch eine jahrhundertealte Praxis bestätigt. Hiernach wird die Bedeutung einer Horizontalisperre als mögliche Ursache von Schäden durch aufsteigende Feuchte in heutiger Zeit überbewertet, zumindest bei Mauerwerk aus Formsteinen wie Ziegelmauern. Bei Bruchsteinmauerwerk mit einem dickeren, verbindenden Mörtelgerüst oder in einer Putzschicht kann die Feuchtigkeit höher steigen.

Ergänzt sei noch, dass Teerdachbahnen seit Mitte des 19. Jahrhunderts für Gebäudedächer bekannt waren, aber wohl nicht generell gegen aufsteigende Feuchte verwendet worden sind. Daraus wurde wohl geschlossen, dass vor 1900 bei Wänden keine Horizontalisolierung üblich war und daher bei solchen Gebäuden die Schäden aufgetreten seien.

3 Der heutige Wissensstand

Es gibt vier verschiedene Ursachen für das Schadensbild ›aufsteigende Feuchte‹, die man unterscheiden muss, um die richtige Sanierung vorzunehmen. Dies wurde in der Vergangenheit nicht genügend beachtet, worauf viele Fehlsanierungen zurückgehen und wodurch die angeführten geringen Erfolgs- bzw. hohen Schadensquoten zustande kommen.

3.1 Erste Untersuchungen (1960er-Jahre)

Ende der 1950er-Jahre wurden in Altbauten zur Feuchtereduzierung (weshalb auch immer) sog. ›Entfeuchtungsröhrchen‹ (auch als Mauерlungen bezeichnet) von verschiedenen Firmen und in verschiedenen Ausführungen aus Kunststoff angeboten, die früher schon aus Tonröhren üblich waren (Knapen-Röhrchen). Solche kamen aus unterschiedlichen (auch unsinnigen Gründen – Bilder 4 und 5) zur Anwendung, zumal Aufwand und Kosten nicht allzu groß erschienen. Obwohl – wie bereits erwähnt – Probleme des Altbaus zunächst kein Untersuchungsgegenstand waren, wurden in Anbetracht der Häufung des Einbaus solcher Entfeuchtungsröhrchen Anfang der 1960er-Jahre mit Unterstützung des Wohnungsbauministeriums am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Untersuchungen über deren Wirksamkeit



Bild 4: Entfeuchtungsröhrchen in der Außenmauer eines Wohnhauses. Die Zahl der Entfeuchtungsröhrchen im Sturz des Kellerfensters ist umgekehrt proportional zur Wahrscheinlichkeit, dass dort aufsteigende Feuchte anzutreffen ist. Dies zeigt, wie unsinnig oft solche Röhrchen (aus kommerziellen Gründen) angebracht worden sind.

vorgenommen mit folgendem Ergebnis (Auszug aus dem Schlussergebnis [7]): »Die Feuchtigkeitsabgabe durch im Mauerwerk eingesetzte Trocknungsröhrchen erfolgt durch Dampfdiffusion, unterstützt durch strömungsbedingten Austausch zwischen der Luft im Röhrchen und der Außenluft. Eine positive Wirkung ist daher grundsätzlich nur dann zu erzielen, wenn der Wasserdampf-Partialdruck im Mauerwerk höher ist als in der Außenluft. Das ist in der Regel bei zeitweilig besonnten Wänden der Fall und bei Wänden, die an beheizte Räume angrenzen. Bei unbesonnten Wänden und unbeheizten Räumen ist keine positive Wirkung zu erwarten, eher eine Verschlechterung der Feuchteverhältnisse.«



Bild 5: Teilansicht der Erdgeschossmauer des Nationalmuseums in Neapel, fotografiert 1974. Man kann sich fragen, ob dort aufsteigende Feuchte wirklich die Ursache sein konnte.

Außerdem wurden an 1,5 m hohen Wandproben aus Vollziegeln und Bimsbeton-Vollsteinen, vermortelt mit Kalkputz bzw. Kalkzementputz, Messungen der Wasseraufnahme und Steighöhe über eine Zeitdauer von 3½ Jahren bei Eintauchen von 1 bis 2 cm in Wasser durchgeführt. Die Proben waren mit Polyethylenfolien umhüllt, um eine Oberflächenverdunstung zu vermeiden. Die Wasseraufnahme blieb nach 10 bis 20 Tagen weitgehend unverändert und erhöhte sich im weiteren Verlauf nur noch wenig auf folgende Höhen:

- Ziegel und Bimsbeton mit Kalkzementmörtel: nur unterste Steinlage,
- Ziegel mit Kalkmörtel: 7 Steinlagen,
- Bimsbeton mit Kalkmörtel: 3 Steinlagen.

Ähnliche Ergebnisse mit geringen Steighöhen erzielte später auch die Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin. Weitere Untersuchungen konnten aber wegen der Bevorzugung von Neubau-Projekten damals nicht durchgeführt werden. Die offizielle Altbau-Forschung war damit zunächst beendet und Weiter- oder Neuentwicklungen erfolgten allein in der genannten ›alternativen Richtung‹ unter Nutzung elektroosmotischer, elektrophysikalischer und anderer Effekte zur Mauerentfeuchtung, wie in [2] ausführlich geschildert.

3.2 Spätere Untersuchungen (1980er-Jahre)

Etwa ab den 1980er-Jahren, als die Neubau-Forschung zu einer gewissen Saturierung gekommen war und andererseits aus Gründen der Energieeinsparung der Altbau mehr in den Fokus rückte, ermöglichten Forschungsmittel für die Altbausanierung eine Erweiterung des Wissens auf diesem zunächst vernachlässigten Gebiet (Stichworte: Denkmalschutz, Fachwerkforschung, Kirchensanierung). Dadurch konnten auch Kenntnisse im Zusammenhang mit der aufsteigenden Feuchte gewonnen werden. Es war allerdings festzustellen, dass sich durch die vorangegangene Betrachtungsweise die Meinung einer von unten, vom Baugrund her, bedingten Feuchteinwirkung stabilisiert hat und sich in industriellen, aber auch in wissenschaftlichen Kreisen verbreitet hat. Hier gilt eben der Spruch der alten Römer: »*Semper aliquid heret*« (etwas bleibt immer hängen). Viele meinten und meinen immer noch, dass das Salz mit aufsteigendem Grundwasser nach oben wandert und dass dem durch Verbesserung einer Horizontal sperre oder durch Injektionen (ohne oder mit Druck) zu begegnen ist. Diese Meinung wird aus den im Folgenden dargestellten Aussagen und Abhilfemaßnahmen z. T. noch deutlich.

3.2.1 Erhöhter Salzgehalt (Mauersalpeter)

Bei der Sanierung von feuchte- und salzgeschädigten Altbauten kamen, wie meist in solchen Fällen üblich, verschiedene Maßnahmen zur Anwendung, wie Einbau oder Verbesserung der Heizung, Injektionen, Drainage und schließlich als ‚begleitende‘ Maßnahme – wie es hieß – Sanierputze. Dass die letztere Maßnahme die wichtigste und wirksamste ist, wurde erst nach einiger Zeit klar [8]. Oft wurde nämlich die Frage gestellt: »*Wie lange dauert es, bis das Porenvolumen der Sanierputze mit Salzen gefüllt ist und der Putz wegen der weiter mit dem Wasser von unten nachgelieferten Salzen erneuert werden muss?*« In Wirklichkeit waren die Salze von außen gekommen (z. B. durch Spritzwasser) und dadurch hauptsächlich im Putz bzw. den äußeren, ans Erdreich grenzenden Mauerschichten angereichert. Infolge der Hygroskopizität der Salze waren diese Mauerbereiche feuchter, wodurch der Eindruck aufsteigender Feuchte entstand. Der Schaden war meist mit der Entfernung des Putzes und dem Aufbringen eines Sanierputzes dauerhaft behoben. Bei fachgerechter Ausführung von Sanierputzen wird dies durch Erfahrungen aus über 30 Jahren belegt.

3.2.2 Tauwasserbildung bei intermittierender Beheizung

Bei Bauten im 19. Jahrhundert und früher legte man auf die Wärmedämmung der Außenwände keinen besonderen Wert – auf die Statik kam es an. Auch wegen der damals verwendeten Baustoffe zeichnen sich alte Gebäude durch geringe Wärmedämmung und hohe Wärme speicherfähigkeit aus. Das bedeutet, dass bei intermittierender oder nur zeitweiliger Beheizung die Oberflächentemperaturen von Wand bereichen mit größerer Masse oder reduzierter Wärmezufuhr nur langsam ansteigen, wodurch dort Tauwasser auftreten kann. Wenn das häufig am aufgehenden Mauerwerk des Erdgeschosses der Fall ist, dann sieht das wieder wie aufsteigende Feuchte aus. Zu beheben ist dies, indem man die zu geringe Wärmedämmung oder die geometrische Wärmebrücke an der Ecke Außenwand-Fußboden durch gezielte Beheizung kompensiert. Man nennt das ›Bauteiltemperierung‹, weil dies nur partiell an der jeweiligen Wärmebrücke erforderlich ist, um dort die Oberflächentemperatur um einige Kelvin zu erhöhen. Die andere Möglichkeit ist eine zusätzliche Wärmedämmung, die aber in der Regel oft nicht machbar oder aus Gründen des Denkmalschutzes nicht zulässig ist. Deshalb ist diese Bauteiltemperierung unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung von meist denkmalgeschützten Bauten zu bewerten und der Energieverbrauch zweitrangig. Es sei denn, man heizt nicht partiell, sondern die gesamte Außenwand, ohne diese zusätzlich zu dämmen. Das ist energetisch nicht zu vertreten; dies wird in [4] eingehend erläutert.

Die partielle Bauteiltemperierung als ›thermische Trockenlegung‹ zu bezeichnen, wie dies oft und auch in [2] erfolgt, ist nicht zutreffend. Die Formulierung in [2], dass die durch die Wärmezufuhr bedingte Verdunstungsmenge größer als der nachfolgende kapillare Wasser transport sein soll, zeigt wieder, dass an kapillar aufsteigende Feuchte gedacht wird. In Wirklichkeit handelt es sich hier um eine Reduzierung oder Vermeidung von Tauwasserbildung aus der Raumluft bzw. um eine Förderung der Rückverdunstung des Tauwassers.

3.2.3 Sommerkondensation

Als Sommerkondensation bezeichnet man die Tauwasserbildung an Innenoberflächen unbeheizter Gebäude aufgrund von einströmender warm-feuchter Außenluft. Im Frühjahr wird dies durch intensives Lüften oft zur Erwärmung von Kirchen genutzt, in deren Gemäuer noch die Winterkälte steckt. Die einströmende warme Außenluft hat aber meist eine höhere absolute Feuchte, die sich an kalten Innen-

oberflächen niederschlagen kann. Das sind wiederum die Stellen im Fundamentbereich, die zu dem Eindruck von aufsteigender Feuchte führen. Zu vermeiden ist dies, indem man den Luftaustausch steuert, d. h. nur dann lüftet, wenn die absolute Außenluftfeuchte niedriger ist als die absolute Raumluftfeuchte [4].

3.2.4 Kapillar aufsteigende Grundfeuchte

Wenn wirklich kapillar aufsteigende Grundfeuchte als letzte Schadensursachen aufgeführt wird, dann deshalb, weil sie nach meinen Erfahrungen seltener auftritt als die zuvor genannten Ursachen. Bei im Läufer/Binder-System errichtetem Mauerwerk ist wegen der Übergangswiderstände zwischen Stein und Mörtel die aufsteigende Feuchte gering, insbesondere wenn die Steine wenig saugfähig sind (siehe Schemadarstellung in Bild 6 sowie Bild 7). Nur in durchgehenden Mörtelschichten kann die Steighöhe größer sein, z. B. bei Bruchsteinmauerwerk, wie erwähnt. Ein Beispiel für eine größere Steighöhe im Putz gibt Bild 8. Bei einem bäuerlichen Anwesen mit Tuffstein-Außenmauern, durchgehend vom Wohnteil und dem angrenzenden Stall, ist nur der Wohnteil verputzt. Und nur am Außenputz sind Schäden erkennbar, die auf aufsteigende Feuchte hindeuten, wobei der undefinierbare Anstrich mitverursachend sein kann.

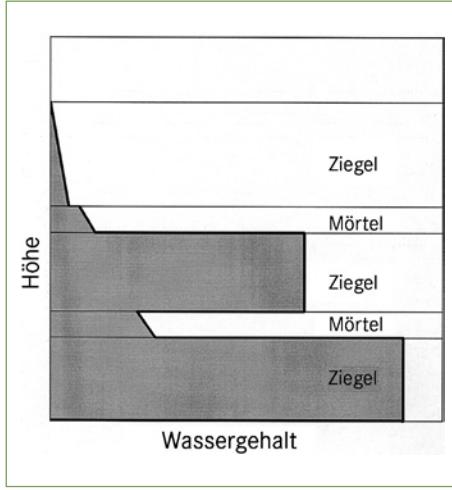


Bild 6: Schematische Darstellung der Höhenverteilung von Feuchtigkeit in Ziegelmauerwerk unter Berücksichtigung der Übergangswiderstände zwischen den verschiedenen Materialien



Bild 7: Fundamentbereich der aus Ziegelmauerwerk um 1250 erbauten St. Marienkirche in Parchim/Mecklenburg. Als Sperrsicht gegen aufsteigende Feuchte dienten großformatige Granitsteine.



Bild 8: Bei der Tuffstein-Außenwand eines alten bäuerlichen Anwesens tritt nur im Außenputz des Wohnbereiches aufsteigende Feuchte auf, nicht aber im unverputzten Bereich, trotz höherer Feuchtelastung (Stall).

4 Zusammenfassung und Folgerungen

Das Schadensbild ›aufsteigende Feuchte‹ bei alten Gebäudemauern kann verschiedene Ursachen haben, die man erkennen muss, um die richtige Sanierungsmaßnahme zu wählen. Folgende Ursachen kommen dabei infrage (mit stichwortartiger Angabe der Sanierungsmöglichkeiten):

- erhöhter Salzgehalt (Mauersalpeter) – Abhilfe: Sanierputz,
- Tauwasserbildung bei intermittierter Beheizung – Abhilfe: Bauteiltemperierung,
- Sommerkondensation – Abhilfe: gesteuertes Lüften,
- kapillar aufsteigende Grundfeuchte – Abhilfe: Einbau einer Horizontalisolierung, Injektionen oder Vertikalisolierung in Verbindung mit einer Verbesserung der Drainage.

Mit den angegebenen Sanierungsmethoden sind Feuchteschäden an aufgehendem Mauerwerk, die in Aussehen und Form wie ›aufsteigende Feuchte‹ erscheinen, zu beheben. Manchmal ist ein Schaden auch auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Deshalb ist eine sorgfältige Analyse vor Beginn jeder Sanierung eine zwingende Voraussetzung für die Entscheidung geeigneter Sanierungsmaßnahmen. Denn viele Fehlsanierungen in der Vergangenheit sind auf falsche Sanierungsmaßnahmen zurückzuführen.

Literatur

- [1] Simlinger, C.: Erfolgskontrolle nachträglicher Maßnahmen gegen aufsteigende Feuchtigkeit im Sanierungszeitraum 1980–1997. Schriftenreihe Hanseatische Sanierungstage, Nr. 13, 2002
- [2] Weber, J.; Schulz, V.: Reduzierung des Durchfeuchtungsgrades durch Verfahren außerhalb der Regeln der Technik. *Bausubstanz* 5(2014), Nr. 1, S. 44–54
- [3] Künzel, H.: Bautraditionen auf dem Prüfstand. Die Entwicklung der Bauphysik im Spannungsfeld zwischen Tradition und Forschung. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2014
- [4] Künzel, H.: Bauphysik und Denkmalpflege. 2. erw. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009
- [5] Pászthory, E.: Salpetergewinnung vom Mittelalter in die Neuzeit. *Kultur und Technik* (Deutsches Museum), 2/1988, S. 67–73
- [6] Mecenseffy, E. v.: Baustoffe und Baugefüge. In: Prausnitz, W.: Lehmann's med. Atlanten. Bd. VIII. Atlas und Lehrbuch der Hygiene. München: Lehmann's Verlag, 1909
- [7] Künzel, H.: Zur Trocknungswirkung von Entfeuchtungsrohren in Grundmauern. *Gesundheits-Ingenieur* 89(1968), Nr. 5, S. 138–141 und Nr. 6, S. 175–179
- [8] Künzel, H.: Sanierputze sind mehr als eine begleitende Maßnahme. In: Fachverband Feuchte und Altbausanitize e.V. -FAS-, Berlin (Hrsg.): *Bautenschutzmittel. Vorträge anlässlich der 8. Hanseatischen Sanierungstage im November 1997*. FAS-Schriftenreihe 1997, Nr. 8, S. 167–177. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1997

Erstveröffentlichung:

Künzel, H.: Problembereich ›aufsteigende Feuchte‹. *BAUSUBSTANZ* 5(2014), Nr. 3, S. 34–40

Anhang B: Prüfung, Zulassung und Normung von Wärmedämmverbundsystemen

Wärmedämmverbundsysteme (WDV-Systeme) werden seit über einem halben Jahrhundert zunehmend angewandt; sie sind eine wirksame und wirtschaftliche Möglichkeit, die Wärmedämmung von Gebäudewänden zu verbessern. Ihre Anwendung wird aber bis heute durch bauaufsichtliche Zulassungen geregelt. Das steht im Gegensatz zu anderen Bausystemen, die in der Regel nach Einführung und Bewährung genormt werden.

Zunächst keine Zulassung für WDV-Systeme erforderlich

WDV-Systeme wurden 1959 durch Edwin Horbach zum Patent angemeldet, das damals aber nicht erteilt worden war. Nach Erprobung an fensterlosen Fabrikbauten wurde es bald auch im Wohnungsbau angewendet, zunächst mit Polystyrol-Hartschaumschichten von ca. 30 mm Dicke und dünnen, armierten Kunstharzputzen. Damals bezeichnete man diese Art der Dämmung als ‚Thermohaut‘ und betrachtete sie eher als ‚exotisch‘, weil die äußere Wandschicht nicht den gängigen Vorstellungen einer ‚stabilen Wand‘ entsprach. Da bei dieser dünnen und leichten Wärmedämmart kein Problem der Standsicherheit erkennbar war und sie nicht gegen eine bestehende Norm verstieß, war zunächst keine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

Anders war es allerdings in Frankreich, Belgien und Holland, wo das Dämmssystem ebenfalls auf Interesse stieß. Dort werden Gewährleistungen für Bauausführungen aber nicht vom Bauunternehmer übernommen wie in Deutschland, sondern von Versicherungen. Und die verlangen Prüfzeugnisse (Agréments) für die Funktionalität – je mehr, desto besser.

Einführung der UEAtc-Prüfwand: ein reiner Zufall

Die folgende wahre Geschichte, die ich bereits 1999 veröffentlicht habe [1], geht auf die 1970er-Jahre zurück. Damals hatte ein junger Ingenieur im Prüflabor eines großen Industriebetriebes den Auftrag erhalten, eine Prüfanlage für Langzeit- und Extrembeanspruchungen von Außenwandkonstruktionen zu entwickeln. Der Ingenieur baute eine Prüfwand, berieselte diese drei Stunden mit Leitungswasser und erwärmte sie anschließend drei Stunden auf 70 °C. Dies fünf Wochen lang durchgeführt ergibt 140 Zyklen.

Ein maßgeblicher Vertreter des CSTB Paris besuchte die besagte Firma und besichtigte beiläufig die neue Prüfanlage. Er war davon so angetan, dass er beschloss: »*So sollen in Zukunft alle WDV-Systeme für Frankreich geprüft werden*«. Gesagt, getan. Damit war man zunächst zufrieden, bis mit dem Aufkommen von WDV-Systemen mit Mineralfaserdämmung folgendes Problem entstand: Diese bestanden die Prüfung mit der UEAtc-Prüfwand (Union Européenne pour l’Agrément Technique dans la Construction) nicht, obwohl sie sich in der Praxis bestens bewährt haben. Im mineralischen Putz entstanden Risse und Kondenswasser lief aus der Mineralwolle-Dämmung nach unten aus [2].

Modifizierungen der Randbedingungen

Statt den Sinn der Prüfwand nun generell zu überdenken, hat man einfach die Randbedingungen so weit ›abgespeckt‹, bis die offensichtlichen Mängel beim Test nicht mehr aufgetreten sind: Man hat die Versuchszyklen von 140 auf 80 reduziert, die Temperatur von 70 °C auf 50 °C erniedrigt, statt drei Stunden Wasserberieselung nur zwei festgelegt und eine Erholungsstunde ohne Wasser- und Wärmebeaufschlagung eingeführt. Damit war die Umkehrdiffusion durch starke Wärmezufuhr auf die nassen Putzschichten deutlich gemindert. Für die spätere europäische Zulassung wurden die Anforderungen nochmals modifiziert. Dadurch wurde klar, dass es sich bei Untersuchungen an der Prüfwand nicht um eine begründbare Bewertung der Gebrauchstauglichkeit handelt, sondern um ein ›Prüfritual‹, um in den ›Club der Zugelassenen‹ zu kommen. Ich selbst war stets gegen diese Prüfwand-Untersuchungen – auch in internationalen Gremien – und fast wäre es zu einer Abschaffung gekommen, aber dann kam alles anders.

Sicherheitsnachweis für WDV-Systeme

Mit der zunehmenden Anwendung von Mineralwolle-Dämmplatten und mineralischen Putzen bei WDV-Systemen entstand eine neue Situation. Wegen der größeren Flächengewichte solcher Systeme schien ein Standsicherheitsnachweis erforderlich. Damit ist die Aufgabe von den Bauphysikern zu den Statikern übergegangen, die von der ganzen Vorgeschichte so gut wie nichts wussten und nun für ihre Zwecke die schon fast abgeschaffte Prüfwand wieder mobilisierten.

Und dann noch die Plattenbauten

Ein weiterer Punkt kam hinzu: Für die anstehende Zusatzdämmung der Plattenbauten in Ostdeutschland sind natürlich WDV-Systeme ebenfalls gut geeignet. Aber Theoretiker haben Bedenken angemeldet, ob eine erforderliche dauerhafte Überdeckung der Plattenfugen auch durch mineralische Putze auf WDV-Systemen funktioniert. Dadurch wurde die Prüfwand noch weiter aufgewertet und so modifiziert, dass eine vertikale Fuge in deren Mitte angeordnet und aufgeweitet wird. Um auf der ›sichereren Seite‹ zu sein, prüft man bei -20°C und bekommt Rissbilder, die in der Praxis nie vorkommen.

Bauaufsichtliche Zulassung für Deutschland erst seit 1994

Eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) benötigen WDV-Systeme für Deutschland erst seit 1994, wobei es nach den Vorstellungen des CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) und der geschilderten Entwicklung unvermeidbar war, dass die UEAtc- bzw. EOTA-Prüfbedingungen (European Organisation for Technical Approvals) voll übernommen worden waren. Zusätzlich gilt die Bestimmung, dass stets nur »*in sich geschlossene Systeme*« verarbeitet werden dürfen [3]. Alle Systemkomponenten müssen vom jeweiligen Systemhersteller geliefert werden. Das ist die Situation, die in [1] mit Recht kritisiert worden ist.

Fazit

Aus bauphysikalischer Sicht sind Untersuchungen an der beschriebenen Prüfwand, mit mehrmals den praktischen Verhältnissen ›angepassten‹ Prüfrandbedingungen, ungeeignet, um die Gebrauchstauglichkeit von WDV-Systemen zu beurteilen. Man kann nicht an einem einzigen Objekt (also an einem Unikat) sowohl über bauphysikalische als auch über festigkeitstechnische Fragestellungen zutreffende Aussagen gewinnen. In der Forschung ist es üblich, dass gesicherte Eigenschaften durch Mittelwerte belegt werden. In [2] wird mit Recht darauf hingewiesen, dass schon die Umstände der Herstellung einer Prüfwand – ob im Freien oder im Labor – die Ergebnisse beeinflussen können. Weitere Begründungen dafür, dass diese Prüfwand-Methode nicht geeignet und vertretbar ist, sind in [2] und [5] enthalten. Es ist endlich an der Zeit, diese Prüfwand-Methode und den damit im Zusammenhang stehenden ›Systemzwang‹ abzuschaffen. Durch die nachfolgend geschilderten Parallelfälle kommt man zu der gleichen Konsequenz.

Zulassung und Normung

Eine bauaufsichtliche Zulassung wird für neuartige Baustoffe und Bausysteme im Allgemeinen erteilt, wenn noch nicht genügend Erfahrungen über Eigenschaften und Bewährung vorliegen. Deshalb wird eine Zulassung zeitlich begrenzt und kann zurückgezogen werden, wenn sich die Bewährung nicht bestätigt. Im Falle einer Bewährung ist es die Regel, dass das Produkt oder System genormt wird. Oft werden Zulassungen als etwas ›Besonderes‹ oder ›Spezielles‹ betrachtet und die Norm als das ›Normale‹, und deshalb werden Zulassungen höher eingestuft.

EPS-Wärmedämmputzsysteme

Wärmedämmputzsysteme wurden 1968 patentiert und benötigten eine Zulassung, da der Oberputz entgegen der geltenden Norm DIN 18550 härter ist als der wärmedämmende Unterputz. Für Zulassungen wurde ein Prüfplan erarbeitet mit Messungen der Druckfestigkeit der beiden Putzlagen und Haftfestigkeit. Der berufene Sachverständigen-Ausschuss überprüfte mehrmals in der Praxis ausgeführte

Gebäude. Das war in den 1970er-Jahren. Nachdem die Bewertungen durchweg positiv ausgefallen waren, wurden Dämmputze im März 1991 durch DIN 18550-3 genormt bei Übernahme der Nachweisdaten in den Zulassungen.

Eine viel ältere Entwicklung: Außendämmung durch Holzwolle-Leichtbauplatten

Holzwolle-Leichtbauplatten (HWL-Platten) wurden 1908 patentiert und waren praktisch die erste im Wohnungsbau in größerem Stil angewandte Dämmstoffart. Ausgeliefert wurden sie aber erst seit 1920 nach dem Bau einer automatischen Fertigungsanlage [7]. Vielleicht war dieses Patent der Grund für die Nicht-Patentierung des WDV-Systems.

Auf dem Versuchsgelände Holzkirchen des Fraunhofer IPB wurden im Gründungsjahr 1951 zwei Versuchshäuschen mit Dämmung durch HWL-Platten aufgebaut und in den folgenden Jahren geprüft [8]: das eine aus HWL-Formkörpern mit Betonfüllung (Mantelbeton), das andere aus Holzfachwerk mit außen 5 cm, innen 3,5 cm HWL-Platten, jeweils außenseitig verputzt, außen mit einem dreilagigen Sumpfkalkputz von insgesamt 3 cm Dicke ohne Armierung mit folgenden Zementzusätzen:

1. Lage: 100 kg,
2. Lage: 50 kg, jeweils auf 1 m³ Mörtel, und
3. Lage: reiner Kalkputz.

Die Art der Oberfläche der HWL-Platten ermöglicht eine gute Putzhaftung. In beiden Fällen gab es keinerlei Putzprobleme oder sonstige Mängel. Das ergab auch das Gutachten in [7]. Eine bauaufsichtliche Zulassung war damals noch nicht erforderlich (das Institut für Bau-technik wurde erst 1951 gegründet). Später wurde das Verputzen von HWL-Platten durch DIN 1102 genormt (Holzwolle-Leichtbauplatten und Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN 1101 als Dämmstoffe für das Bauwesen).

Zugegeben: Bei der Einführung der WDV-Systeme (dünne und leichte ›Thermohaut‹ mit hohlem Klang beim Hinklopfen) fehlte eine Assoziation mit der robusten, konventionell verputzen HWL-Platte. Aber mit der weiteren Entwicklung – dargestellt in Bild 1 – kamen sich die-

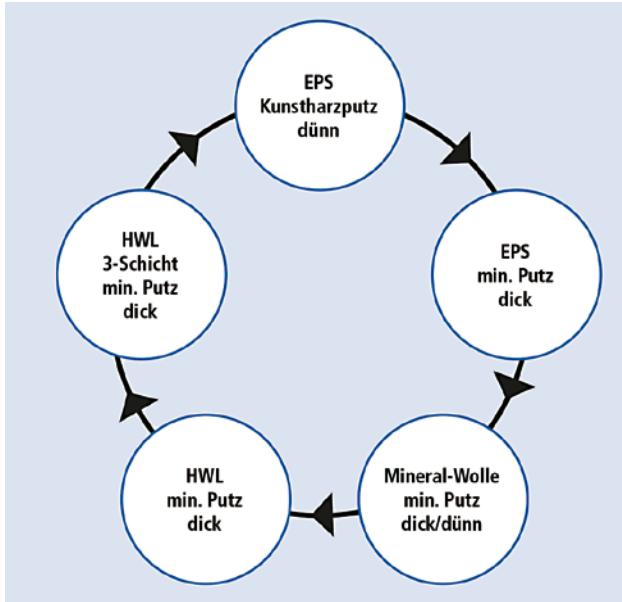


Bild 1: Schematische Darstellung des ›Werdegangs‹ von WDV-Systemen, ausgehend vom obersten Kreis im Uhrzeigersinn: Dämmsschichten und Putz wurden immer dicker und schwerer, bis sie sich schließlich den HWL-Platten und Dreischichtplatten näherten, welche seit Langem normativ geregelt sind.

se beiden Ausführungsarten immer näher. Zwischen Mineralwolle-Dämmung und HWL-Dreischichtplatte, jeweils mit Dickputz, ist nur noch ein Unterschied im Haftverbund möglich, der aber beim WDV-System durch Klebemörtel problemlos ausgeglichen werden kann. Ich habe auf diese offensichtlich gegebene ›Verwandtschaft‹ zwischen WDV-Systemen und HWL-Außendämmung bereits vor 16 Jahren hingewiesen [5], damals aber ohne Reaktion.

Das Entstehen des ›Systemgedankens‹

Als Kenner der Entwicklung von WDV-Systemen von Anfang an kann ich vielleicht etwas zum Entstehen des Systemgedankens beitragen. Das WDV-System wurde nicht durch gezielte Forschung kreiert, sondern durch ›Probieren in der Waschküche‹, wie es oft in solchen Fällen ist. Es begann mit dünnen Dämmsschichten und einem dünnen Spach-

telbelag mit Kunststoffgewebe („Thermohaut“), etwas später dann mit Glasgittergewebe. Lange Zeit war das die Ausführung, vielleicht mit dickeren Dämmschichten aber immer Kunstharzputz und Polystyrol-Hartschaum. Dabei wurde festgestellt, dass frisch geschäumter Hartschaum und Automatenplatten Putzrisse zur Folge haben können. Deshalb haben die Hersteller frische Dämmplatten mit niedriger Rohdichte zum Nachschwinden gelagert und ausgeliefert, womit der Slogan »Alles aus einer Hand« begann.

An die Verwendung von mineralischen, dickeren Putzen traute man sich lange Zeit nicht heran. Mit Mineralfaserplatten gab es zunächst Schwierigkeiten (allerdings mit nicht hydrophobierten, die als Drainschicht wirkten). Und bevor man die Wärmedämmung auf 100 mm und mehr erhöhte, wurden Testversuche auf dem Freigelände Holzkirchen vorgenommen. Mit Verbesserungen des Klebe- und Armierungsmörtels kamen weitere Varianten von Systemkomponenten hinzu. Es war somit ein vorsichtiges empirisches Vor- und Weitertasten ohne begleitende wissenschaftliche Untersuchungen.

Es gibt kein Dämmsystem, das in der Vergangenheit so intensiv getestet und überprüft worden ist wie WDV-Systeme, aus den vielen Veröffentlichungen hierzu nur als Beispiele [4] und [5]. Man wusste, dass es funktioniert – insgesamt – aber im Einzelnen nicht warum, so wie auch bei der Prüfwand. Es wurde versäumt, durch begleitende wissenschaftliche Untersuchungen Analysen über die Wirkmechanismen bzw. erforderlichen Eigenschaften der beteiligten Komponenten vorzunehmen. Das kann man als Verarmung des wissenschaftlichen Ethos bezeichnen.

Folgerungen

Es gibt somit zwei voneinander unabhängige Begründungen für das Abschaffen der Zulassungsmodalitäten bei WDV-Systemen:

1. Die ungeeignete Prüfung durch die Prüfwand, die eher als Formsache betrachtet werden muss denn als physikalische Bewertungsmöglichkeit in Verbindung mit dem unbegründbaren Systemzwang,
2. der Vergleich mit der Vorgehensweise bei HWL-Außendämmung mit Außenputz, die seit Jahrzehnten in einer bewährten Regelung durch Normung besteht.

Unter den verschiedenen Putzarten bzw. Putzsystemen, die in Deutschland durch Norm- oder Regelwerke definiert und festgelegt sind, zählen z.B.

- wasserabweisende Putze,
- Wärmedämmputze,
- Leichtputze und
- Sanierputze.

Diese können nach bestehenden Vorschriften hergestellt und in Bauteile integriert werden. Es besteht kein Grund dagegen, in diese Reihe auch:

- Armierungspalte für WDV-Systeme aufzunehmen, ggf. unter Berücksichtigung der Art des Dämmstoffes.

Das Wichtigste beim WDV-System ist der Armierungspalte mit eingelegter Gewebearmierung. Putz und Gewebe müssen aufeinander abgestimmt sein. Das bedeutet, dass die Geometrie des Gewebes, Imprägnierung sowie Adhäsions- und Kohäsionseigenschaften des Putzes optimal kompatibel sein müssen. Das kann durch Messung geprüft werden. Die Klebetechnik ist heute im Bauwesen und in der gesamten Technik so verbreitet, dass diese im Zusammenhang mit dem WDV-System keine Besonderheit ist.

Bleibt noch der Oberputz auf dem Armierungspalte, der aber keine ergänzende technische Funktion hat, sondern in erster Linie aus optischen Gründen gewählt wird. Hier bestand nie eine Notwendigkeit, diesen Putz in Zulassungen festzuschreiben. Dann können auch andere als „zugelassene“ Oberputze zur Anwendung kommen, wodurch die oft kritisierte „Uniformität“ des Aussehens von WDV-Systemen

beseitigt wäre. Es müssen nur maximales Flächengewicht und Mör telgruppe vermerkt werden.

Diese Liberalisierung durch Normung anstelle von Zulassung wäre sicher zum Nutzen von Anwendern und zur weiteren Verbreitung des Dämmsystems von Vorteil.

Literatur

- [1] Künzel, H.: Prüfen um des Prüfens willen. Arconis 4 (1999), Nr. 3, S. 32–34
- [2] Bagda, E.: Hygrothermische Erfahrungen mit der Prüfwand nach UEAtc. Bauphysik 10(1988), Nr. 4, S. 113–116
- [3] Pätzold, H.: WDVS-Atlas. Planung und Ausführung von Wärmedämm-Verbundsystemen. Ober-Ramstadt: Caparol – Farben Lacke Bautenschutz, 2007
- [4] Künzel, H.: Schäden an Wärmedämmverbundsystemen trotz Zulassung. Der Bausachverständige 3(2007), Nr. 5, S. 27–28
- [5] Künzel, H.: Warum sich WDV-Systeme durchgesetzt haben. Bauphysik 20(1998), Nr. 2, S. 22–25
- [6] Künzel, H. M. et al.: Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von WDV-Systemen. Bauphysik 28(2006), Nr. 3, S. 153–163
- [7] Die Heraklith-Leichtbauplatte und Gutachten von Prof. Stois, TH München vom 30.01.1950. Heraklith-Rundschau Nr. 1, Januar 1951
- [8] Reiher, H. et al.: Wärme- und Feuchtigkeitsschutz in Wohnbauten. Reihen-Vergleichs-Versuche an künstlich bewohnten Versuchsbauten der Freiland-Versuchsstelle bei Holzkirchen/Obb., Außenstelle des Instituts für technische Physik, Stuttgart. Berlin: Ernst & Sohn, 1958

Erstveröffentlichung:

Künzel, H.: Prüfung, Zulassung und Normung von Wärmedämm-verbundsystemen. Der Bausachverständige 10(2014), Nr. 2, S. 37–39

Anhang C: Historische Außenputze auf Wärmedämmverbundsystemen

In einer früheren Veröffentlichung wird bemängelt, dass die regionale und handwerkliche Vielfalt von historischen Putzfassaden bei Renovierungen durch Wärmedämmverbundsysteme (WDV-Systeme) verloren gehe. Dadurch werde das Stadtbild durch »uniforme Einheitsfassaden« geprägt [1]. Dass dies nicht der Fall sein muss, wird durch den folgenden Beitrag belegt.

Entwicklung von WDV-Systemen

Seit Anfang der 1960er-Jahre kommen WDV-Systeme im Wohnungsbau zur Anwendung. Zunächst wurden diese skeptisch beurteilt, denn eine Außendämmung aus einem weichen Dämmstoff mit einer Beschichtung von nur einigen Millimetern Dicke – damals zunächst als ›Thermohaut‹ bezeichnet – erschien für den Wohnungsbau wegen der Verletzlichkeit riskant und widersprach dem Gesichtspunkt der ›Stabilität‹ und Dauerhaftigkeit eines Bauwerks. Schließlich galt seit Jahrhunderten eine massive Gebäudewand als der Inbegriff der Sicherheit und Geborgenheit. Das Dämmsystem kam auch zunächst nur in fensterlosen Industriebauten zur Anwendung. Bald wurde es aber auch zur Dämmung von Wohnbauten verwendet, bei Dämm schichtdicken von wenigen Zentimetern. Viele Untersuchungen wurden in den vergangenen Jahrzehnten sowohl im Labor als auch an ausgeführten Bauten vorgenommen, welche die ursprünglichen Bedenken zerstreuten. Nach der Energiekrise erwies sich dieses Dämmsystem als wirtschaftliche Maßnahme, um den Wärmeschutz von bestehenden Bauten zu verbessern. Aber auch bei Neubauten kommt das Dämmsystem zunehmend zur Anwendung [2], [3].

Da WDV-Systeme bei Anwendungsbeginn nicht gegen eine bestehende Baunorm verstoßen haben und da man bei den leichten Dämmplatten und dünnen Putzschichten bei einem Crash-Fall keine ›Gefahr für Leib und Leben‹ befürchten musste, war lange Zeit keine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich. Erst seit der Verwendung schwererer Dämm schichten und dickerer Putze und hinsichtlich der ›Europäischen Harmonisierung‹ ist seit 1993 eine ›Europäische Tech-

nische Zulassung erforderlich. Aber schon vor der Erfordernis einer Zulassung wurde vonseiten der Anbieter von WDV-Systemen darauf hingewiesen, stets im System zu bleiben, d. h. nur die erforderlichen Einzelprodukte einer Firma zu verwenden, die aufeinander abgestimmt und erprobt sind und für die eine Garantie übernommen werden können. Bei der späteren Zulassung wurden die von den Firmen geforderten Systemelemente wie Kleber, Dämmstoff, Verdübelung, Armierungsputz mit Gewebeart und Oberputz aufgeführt.

Erprobung auf dem Versuchsgelände Holzkirchen

Im Sommer 1997 wurden auf der Nordwand eines ehemaligen Versuchsbau auf dem Versuchsgelände Holzkirchen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP verschiedene historische Putzweisen aufgebracht. Die Anregung hierzu ging vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege aus, das an einer Demonstration von historischen Putzen mit Werkmörteln interessiert war. Die Ausführung besorgte die Firma Colfirmit Rajasil GmbH (jetzt Heck Wall Systems GmbH & Co. KG). Die aus verschiedenen Fassadenausführungen bestehende Wand im unmittelbaren Eingangsbereich des Instituts sollte dadurch etwas ansehnlicher werden. Untersuchungen sind nicht vorgesehen, der Hauptzweck war die Demonstration (Bild 1).



Bild 1: Ansicht des ehemaligen eingeschossigen Versuchsbau mit verschiedenen historischen Putzweisen auf EPS-Hartschaum (WDV-System)

Um gleiche Untergrundverhältnisse für die aufzubringenden neuen Putze zu erhalten, wurde auf die bestehenden unterschiedlichen Fassadenflächen ein WDV-System »HECK MultiTherm EPS« nach Zulassung Nr. Z – 33.42-281 des Deutschen Instituts für Bautechnik aufgebracht (6 cm EPS-Dämmplatte 15-040 geklebt, darauf 6 mm armerter Grundputz Heck K u. A). Auf den erhärteten Unterputz wurden abschnittsweise die verschiedenen Oberputze appliziert.

Beschreibung und Darstellung der historischen Putzweisen

In den Bildern 2 bis 14 werden die verschiedenen Putzarten im Detail dargestellt, in der Reihenfolge von links nach rechts (Bild 1), aufgenommen in einem Sichtabstand von 1 bis 2 m mit Angabe der verwendeten Werk trockenmörtel sowie Kornbereiche und Dicken. Es handelt sich um mineralisch gebundene Mörtel der Mörtelgruppen P Ic und P II, im Wesentlichen sog. ›Edelputze‹ (EP). Die Fotos wurden im Herbst 2012 aufgenommen, somit nach einer Standzeit der Putze von 15 Jahren. Zu bemängelnde Schäden sind nicht aufgetreten, lediglich einzelne begrenzte Haarrisse, die aber nur bei allernächster Betrachtung zu sehen sind.



Bild 2: Renaissanceputz
(HECK ED Waschelputz fein)
Kornbereich: 0–0,7 mm
Putzdicke: ca. 5 mm



Bild 3: Intarsien Kratzputz,
Gesamtansicht (Rajasil EP WD
Kratzputz mittel)
Kornbereich: 0–4 mm
Putzdicke: ca. 10 mm

Bild 4: Intarsien Kratzputz,
Detailansicht

Der Kratzputz war eine beliebte Oberflächenstruktur, weil durch das Kratzen die bindemittelreichere und daher schwindanfällige Außenschicht abgetragen wurde.



Bild 5: Nesterputz (Rajasil EP WD Altdeutscher Putz mittel)
Kornbereich: 0–3,2 mm
Putzdicke: ca. wie Größtkorn



Bild 6: Besenwurf (Rajasil EP WD Besenwurf)
Kornbereich: 0–1,5 mm
Putzdicke: 3–4 mm





Bild 7: Besenzug (Rajasil EP WD Scheibputz fein)
Kornbereich: 0–1,5 mm
Putzdicke: ca. 3 mm



Bild 8: Ziehputz (Rajasil EP WD Altdeutscher Putz mittel)
Kornbereich: 0–3,2 mm
Putzdicke: ca. wie Größtkorn



Bild 9: Kellenwurf (Rajasil EP WD Kellenwurf grob)
Kornbereich: 0–8 mm
Putzdicke: 3–10 mm

Bild 10: Nutenputz (Quaderung) (Rajasil Sanierputz 035 zum Kratzen)

Kornbereich: 0–3,5 mm
Putzdicke: ca. 15 mm

Einzelne feine Haarrisse in den Nuten – nur bei Nahansicht erkennbar –, die aber nicht in den Armierungsputz übertragen werden.



Bild 11: Nagelbrettputz (Rajasil EP WD Scheibputz fein)

Kornbereich: 0–1,5 mm
Putzdicke: ca. 4 mm



Bild 12: Altdeutscher Putz (Rajasil EP WD Altdeutscher Putz mittel)

Kornbereich: 0–3,2 mm
Putzdicke: 5–8 mm





Bild 13: Spachteltechnik (Rajasil USP Universalspachtel)

Kornbereich: 0–0,5 mm

Putzdicke: 2–3 mm



Bild 14: Besenstipp (Rajasil EP WD Scheibputz fein)

Kornbereich: 0–1,5 mm

Putzdicke: 3–4 mm

Beurteilung und Folgerungen

Für das Langzeitverhalten eines WDV-Systems sind sowohl der dauerhafte Verbund zwischen Mauerwerk und Dämmschicht als auch zwischen Dämmschicht und Armierungsputz wichtig, wobei es in erster Linie auf das ›Zusammenpassen‹ von Armierungsmörtel und Armierungsgewebe ankommt. Oberputz und ggf. Außenanstrich bestimmen die Fassadenansicht und können den Regenschutz erhöhen, sind aber für die Funktionsfähigkeit des WDV-Systems von sehr untergeordneter Bedeutung. Üblicherweise angewandte Oberputze sind relativ dünn (in Kornstärke) und so strukturiert, dass keine geschlossene Schicht entsteht. Dickere mineralische Oberputze haben eine geringere Festigkeit als die Armierungsputze. In beiden Fällen sind aufgrund hygrothermischer Einflüsse von außen keine nachteiligen Auswirkungen auf das Gesamtsystem zu erwarten, wie z. B. unzulässige Spannungen, die zu Rissen führen können. Kleine Haarrisse im Nutenputz, die ausschließlich in den Nuten vorkommen, sind aufgrund der durch die Struktur bedingten Dickenunterschiede verständlich und nicht als Mangel zu bewerten.

Die Langzeitbeobachtungen an den beschriebenen historischen Putzweisen bestätigen, dass die Anwendung unterschiedlicher Putzvarianten als Oberputze zulässig ist bei Einhaltung gewisser Randbedingungen der Putzeigenschaften. In der oben angegebenen Zulassung des Herstellers sind als Oberputze auch mineralische Oberputze nach DIN EN 998-1 aufgeführt. Der Zulassung ist zu entnehmen, dass die Nass-Auftragsmenge 3,0 bis 25 kg/m² und die Dicke 2,0 bis 12,0 mm betragen darf. Die für die Darstellung der verschiedenen Putzweisen verwendeten Oberputze sind solche Putze.

Abschließend wird in Bild 15 noch eine renovierte Putzfassade aus der Praxis vorgestellt. Das oberste Geschoss über der Natursteinfassade des Gebäudes wurde vor 18 Jahren mit einem WDV-System renoviert. Das Gesamtbild ist eine aktuelle Fotoaufnahme aus dem Winter 2012/13, das kleine Bild zeigt eine Detailaufnahme nach der Renovierung.



Bild 15: Gesamt- und Teilansicht des Gebäudes Leipzig, Feuerbachstraße 17/17 a. Die Putzfassade des obersten Geschosses hat folgenden Aufbau: 80 mm Mineralwolle, gewebearmierter Grundputz, Oberputz mit mineralischem Edelputz (P Ic). Putzweise Kratzputz mittelfein in Rot und Schwarz. Die weißen Bereiche in den Ornamenten wurden mit mineralischem Renovierputz behandelt.

Diese Beispiele zeigen, dass WDV-Systeme nicht »uniforme Einheitsfassaden« zur Folge haben müssen. WDV-Systeme »vertragen« auch interessante und attraktive Putzweisen. Dabei ist die Verwendung von erprobten Trockenmörtel-Produkten für die Putzherstellung empfehlenswert, weil im Allgemeinen mit weniger Risiken verbunden als die Verwendung von Baustellenmörteln.

Literatur

- [1] Bauch, K.-G.: Die Putzfassade. *Bausubstanz* 3(2012), Nr. 2, S. 66–69
- [2] Künzel, H.: Warum sich WDV-Systeme durchgesetzt haben. *Bauphysik* 20(1998), Nr. 1, S. 2–8
- [3] Künzel, H. M.; Künzel, H.; Sedlbauer, K.: Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von Wärmedämmverbundsystemen. *Bauphysik* 28(2006), Nr. 3, S. 153–163

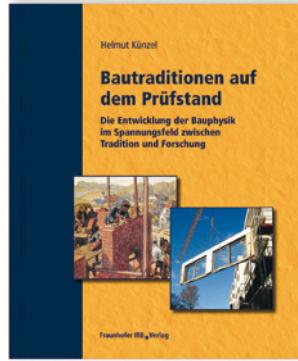
Erstveröffentlichung:

Künzel, H.; Fitz, C.: Historische Außenputze auf Wärmedämmverbundsystemen. *Bausubstanz* 4(2013), Nr. 3, S. 61–65

Bautraditionen auf dem Prüfstand

Die Entwicklung der Bauphysik
im Spannungsfeld
zwischen Tradition und Forschung

Helmut Künzel



2014, 153 Seiten, zahlr.
Abb., Tab., Gebunden
ISBN 978-3-8167-8996-3

E-Book:
ISBN 978-3-8167-8997-0

Heute gültige Regeln und Vorschriften in der Bauphysik gehen vielfach auf handwerkliche Traditionen und praktische Erfahrungen zurück. Das Buch gibt einen Überblick über den Wandel der Handwerkstechnik und der Ansprüche an gesundes Wohnen und, quasi als Konsequenz daraus, die Entwicklung der Bauphysik. Es liefert nicht nur Hintergrundwissen für Fachleute vom Bau, sondern kann für jeden von Interesse sein, der sich über die Entwicklung der Bau- und Wohnkultur in unserem Land informieren will.

Fraunhofer IRB Verlag
Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · www.baufachinformation.de

Schäden an Fassadenputzen

Schadenfreies Bauen Band 9

Helmut Künzel



3., überarb. u. erw. Aufl.
2011, 138 Seiten, zahlr.
Abb., Tab., Gebunden
ISBN 978-3-8167-8393-0

E-Book:
SBN 978-3-8167-8872-0

Die dritte, vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage beleuchtet alle Aspekte des Bauteils Fassadenputz und verdeutlicht, wie die Bauarten und die Arbeitsweisen die Anforderungen und die Möglichkeiten im Putzsektor beeinflusst haben. Aktuelle Themen wie die vereinfachte Klassifikation von Rissursachen, die Theorie der Rissanierung, die Situierung von Armierungsgeweben, Feuchteakkumulation und das vereinfachte Kriterium für »wasserabweisende Außenputze« werden behandelt. Die Darstellung und Analyse von Schadensfällen runden das Buch ab.

Fraunhofer IRB ■ Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 · 70569 Stuttgart · www.baufachinformation.de

Helmut Künzel

Außenputze – früher und heute

Wissenschaftliche Erkenntnisse, Praxis und Normung

Die Aufgabe von Außenputzen bestand ursprünglich darin, dem oft aus unterschiedlichen Steinen bestehenden Mauerwerk ein einheitliches Aussehen zu geben, quasi als ›Sichtputz‹. Hierfür haben sich mit den vorhandenen Bindemitteln entsprechende Handwerkstechniken entwickelt. Mit der Verwendung großformatiger Mauersteine und der Produktion von besonders wärmedämmenden Leichtsteinen nach der Energiekrise in den 1970er-Jahren entstanden neue Fragen bezüglich des ›richtigen‹ Putzes, um Schäden zu vermeiden. Die Mauerwerksarten und die diversen heutigen Putzarten – wasserabweisende, wärmedämmende, Sanier-, Entkopplungs- oder Armierungssputze – mit speziellen bauphysikalischen Aufgaben sind so unterschiedlich, dass alte Handwerksregeln allein nicht mehr angewandt werden können.

Im Labor und Freiland des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP wurden begleitend Untersuchungen zu diesen Putzarten durchgeführt, die jeweils in Fachzeitschriften veröffentlicht wurden und hier mit generellen Ausführungen zur Putztechnologie, mit Hinweisen zu Ursachen von Putzschäden und zur Messtechnik zusammengefasst sind. Abschließend erfolgt eine kritische Bewertung der nationalen und europäischen Putznormung, die den Stand der Technik nicht adäquat wiedergibt.

Der Autor: Dr.-Ing. Helmut Künzel ist ein in der Fachwelt anerkannter Bauphysiker. Als Leiter der Freilandversuchsstelle Holzkirchen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP von 1952 bis 1991 konnte er die neuere Entwicklung der Bauphysik unmittelbar verfolgen und mitgestalten. Sein besonderes Interesse galt von Anfang an der Fassaden- und Putztechnologie. Speziell auf dem Gebiet des Außenputzes erkannte er in den letzten Jahrzehnten interessante Aufgaben und Möglichkeiten.



ISBN 978-3-8167-9328-1



9 783816 793281