



BuFAS e. V. (Hrsg.)

Altbausanierung 11 **Trocken, warm und dicht!**

27. Hanseatische Sanierungstage
vom 3. bis 5. November 2016
im Ostseebad Heringsdorf/Usedom

BuFAS

Beuth

Fraunhofer IRB ■ Verlag



Altbausanierung 11

BuFAS e. V. (Hrsg.)

Trocken, warm und dicht!

27. Hanseatische Sanierungstage
vom 3. bis 5. November 2016
im Ostseebad Heringsdorf/Usedom

1. Auflage 2016

Fraunhofer IRB ■ Verlag

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber:
BuFAS Bundesverband Feuchte und Altbausanierung e.V.

© 2016 Beuth Verlag GmbH
Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: kundenservice@beuth.de

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon: +49 711 970-25 00
Telefax: +49 711 970-25 08
Internet: www.baufachinformation.de
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: © Dipl.-Ing. (FH) Detlef Krause, Groß Belitz
Satz: Dipl.-Ing. (FH) Detlef Krause, Groß Belitz
Druck: Crivitz-Druck, 19089 Crivitz, Gewerbeallee 7a
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-26720-1 (Beuth)
ISBN (E-Book) 978-3-410-26721-8 (Beuth)
ISBN 978-3-8167-9747-0 (IRB)
ISBN (E-Book) 978-3-8167-9823-1 (IRB)

Editorial

„Trocken, warm und dicht!“ lautet das Thema der diesjährigen 27. Hanseatischen Sanierungstage und wieder einmal ist es gelungen, für diese Veranstaltung zahlreiche namhafte Referenten zu gewinnen. Im Blickpunkt stehen die Themen „Bauen und Bau im Bestand“, „Feuchteschutz“, „Holzschutz“, „Alternative Methoden/Forschung“, „Regelwerke“, „Rechtsfragen“ und „WDVS-aber richtig!“. Ein weiterer Höhepunkt ist ohne Frage auch die Fächekursion zum Wasserschloss Quilow.

Das diesjährige Themenspektrum hat ohne Frage eine große Bedeutung für die langfristige Erhaltung der Bausubstanz, insbesondere natürlich auch der historisch wertvollen Bauwerke. Im Rahmen des österreichischen Forschungsprojektes „Zukunftssicheres Bauen“ haben wir (OFL) gemeinsam mit der TU-Wien und Professor Kolbitsch den Projektteil „Wohngebäudezustand in Österreich vom Mittelalter bis in die 1980er Jahre“ bearbeitet und nach umfangreicher Bestandsaufnahme explizit festgestellt, dass ein Bauwerk „ewig“ hochwertig genutzt werden kann, wenn primär Wassereintritte von außen und von innen vermieden werden.

Der Veranstaltungsort Maritim Hotel „Kaiserhof“ ist für die Hanseatischen Sanierungstage aufgrund der direkten Meerlage und der großzügigen Veranstaltungsräumlichkeiten bestens geeignet. Ein rundum „ideales Gesamtpaket“ also, das immer wieder von Teilnehmern, Referenten und den zahlreichen Ausstellern gelobt wird und akzeptiert ist. Die alljährlich hohen Teilnehmer- und Ausstellerzahlen belegen dies eindrücklich.

Eines ist gewiss: Das Ziel der Hanseatischen Sanierungstage ist neben dem Wissenszuwachs vor allem das Networking von Fachleuten in angenehmer maritimer Umgebung.

Als Veranstalter der Wiener Sanierungstage seit 1992 und des Österreichischen Altbautages seit 2002 freut mich besonders die sehr gute Vernetzung und Zusammenarbeit mit dem BuFAS und die Internationalisierung der beiden Veranstaltungen durch die Teilnahme von Referenten aus unterschiedlichen Ländern. Aufgrund der Tatsache, dass in Zukunft hauptsächlich die Bauwerkserneuerung ein wesentlicher Tätigkeitsschwerpunkt im Baugeschehen sein wird, sind Weiterbildung und Erfahrungsaustausch auf diesem Gebiet besonders wichtig.

In diesem Sinne möchte ich allen herzlich danken, die zum Gelingen der 27. Hanseatischen Sanierungstage und zur Fertigstellung des vorliegenden Tagungsbandes beigetragen haben.

Im Namen des gesamten Vorstandes

Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Balak
Vorstandsmitglied
Bundesverbandes Feuchte & Altbausanierung e.V.

Grußwort

Sehr geehrte Bauschaffende und Sanierungsexperten,

einer guten Tradition folgend finden die 27. Hanseatischen Sanierungstage vom 3. bis 5. November 2016 im Maritim Hotel Kaiserhof im Ostseebad Heringsdorf auf Usedom statt. Auch im diesen Jahr findet wieder ein hochkarätiges Fachprogramm mit den Schwerpunktthemen „Bauen im Bestand“, „Feuchteschutz“, „Holzschutz“, „Alternative Methoden und Forschung“, „Regelwerke“, „Nachwuchsinnovationspreis“, „Bauwerkserhaltung“, „Wärmedämmverbundsysteme“ sowie „Rechtsfragen“ statt, für das zahlreiche renommierte Fachreferenten und Experten gewonnen werden konnten. Ich rufe insbesondere alle Architekten und Ingenieure des Bauwesens auf, diese Chance des Informations- und Erfahrungsaustausches zu nutzen und sich intensiv in die Fachdiskussion einzubringen.

Das Motto der Hanseatischen Sanierungstage „Trocken, warm und dicht!“ spricht nicht nur die Fachleute im Hinblick auf die Qualität der Bauwerkserhaltung und des Denkmalschutzes an, sondern ist auch für die Qualität der Rechtspflege und der Rechtsprechung im Baubereich in Deutschland von höchster Wichtigkeit. Gerade unsere Sachverständigen und Gutachter im Bauwesen tragen mit ihrer Berufsleistung wesentlich zum hohen Qualitätsstandard im Rechtssystem bei. Ihre Kenntnisse und Erfahrungen, die in Gutachten und Bewertungen einfließen, sind hier maßgeblich.

Der Bund Deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure e.V. (BDB) als mitgliederstärkster Verband von Architekten und Ingenieuren des Bauwesens in Deutschland begrüßt ausdrücklich diese für die Berufspraxis außerordentlich wichtige Veranstaltungsserie. Neben dem Aspekt der Fort- und Weiterbildung bieten die 27. Hanseatischen Sanierungstage auch eine exzellente Möglichkeit, Kontakte und Kooperationen der Teilnehmer untereinander zu knüpfen und zu festigen, ganz im Sinne des Netzwerkgedankens, der im BDB satzungsgemäß im Mittelpunkt der Verbandsarbeit steht. Darüber hinaus bietet das Ostseebad Heringsdorf einen attraktiven und stilvollen Rahmen, um auch die diesjährige Veranstaltung erfolgreich durchführen zu können.

Ich wünsche den 27. Hanseatischen Sanierungstagen viel Erfolg sowie den Teilnehmern neue und zielführende Erkenntnisse für die praktische Arbeit im Beruf.

Mit kollegialen Grüßen

Dipl.-Ing. (FH) Hans Georg Wagner
Parlamentarischer Staatssekretär a.D.
Präsident des BDB

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Editorial <i>(M. Balak)</i>	V
Grußwort <i>(H. G. Wagner)</i>	VII
Verbietet das Bauen! <i>(D. Fuhrhop)</i>	1
Schloss Riga – eine erfolgreiche Sanierung mit deutschem Fachwissen <i>(I. Thümller)</i>	5
Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow <i>(A. Semmler)</i>	21
Verbundabdichtungen in Innenräumen – Typische Probleme und Praxistipps <i>(H.-H. Wetzel)</i>	39
„Land unter?“ – Wesentliche Aspekte bei der Planung bodengleicher Duschen in Wohnungsbädern <i>(J. Bredemeyer)</i>	65
Entwurf DIN 18533 – Abdichtung von erdberührten Bauteilen <i>(A. Kohls)</i>	83
Prüfgrundsätze für Holzschutzmittel des DIBt auf dem Prüfstand <i>(M. Pallaske)</i>	95
Bekämpfende Holzschutzmittel – Wirksamkeit und Umwelt- aspekte <i>(R. Wegner)</i>	105
Aber das ist doch Lärche!!! Schäden an Bootsstegelanlagen – ein Praxisbericht <i>(D. Krause)</i>	119
Moderne Analyseverfahren zur Untersuchung von Baustoffen und Putzen <i>(J. Göske)</i>	139
Mögliche Asbestpotential bei alten Putzen, Spachtelmassen und Fliesenkleber <i>(K. Schwellnus)</i>	151
Funktionsputze – Welche Funktionen könnten Putze neben dem Witterungsschutz erfüllen? Stand der Arbeiten an einem neuen WTA-Merkblatt <i>(H.-W. Zier)</i>	165

	Seite
Flachdachrichtlinie versus DIN 18531 (<i>C. Herzberg</i>)	181
WDVS im Holzrahmenbau – Ergänzende Untersuchungen zum dauerhaften Witterungsschutz bei hygrothermischer Beanspruchung nach ETAG 004 mit Simulationen (<i>N. Leopold</i>)	187
Wärmetechnische Analyse von denkmalgeschützten Bestandsgebäuden am Beispiel der Wessenberg-Schule Konstanz (<i>M. Klingler</i>)	201
In-situ Prüfverfahren zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Bestandsmauerwerk (<i>A. Rudisch/V. Dunjic/A. Kolbitsch</i>)	213
Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt? – Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis (<i>M. Halstenberg</i>)	225
Produkthaftung des Handwerkers für Fehler der Baustoffindustrie (<i>U. Meiendresch</i>)	235
„Die lebendige Fassade“ – Algen als gewollter Bewuchs (<i>T. Warscheid</i>)	243
Podiumsdiskussion: WDVS – aber richtig (Moderation <i>T. Platts</i>)	
WDVS – Untergründe und Systeme (<i>A. Holm</i>)	251
WDVS – Algenwachstum (<i>J. v. Werder</i>)	263
WDVS – Brandschutz (<i>T. Merkewitsch/N. A. Fouad</i>)	273
Schäden an WDVS (<i>H. Oberhaus</i>)	291
Autorenliste	303
BuFAS-Mitglieder empfehlen sich	307

Verbietet das Bauen!

D. Fuhrhop
Oldenburg

Zusammenfassung

Neubau ist zum Dogma geworden: „Bauen, Bauen, Bauen“ heißt es allerorten, während die Reserven der Altbauten wenig beachtet werden. Dabei schadet Neubau ökologisch, ökonomisch und sozial, wie in diesem Text skizziert wird. Stattdessen aber gibt es Flächenreserven in vorhandenen Wohnungen, Häusern und Städten. Dafür bezieht sich der Text auf vorliegende „50 Werkzeuge, die Neubau überflüssig machen“ und skizziert einige. Dazu gehört zum Beispiel eine ganzheitliche Energiebilanz, die auch die in den Mauern gespeicherte graue Energie berücksichtigt. Wenn wir alle Möglichkeiten ausschöpfen, die unsere bereits gebauten Häuser bieten, wird Neubau überflüssig.

D. Fuhrhop, Verbietet das Bauen!

Dass wir neu bauen müssten, erscheint als selbstverständlich – mehr noch, es wird zum Dogma. Gerade in schrumpfenden Regionen konkurriert aber Neubau mit Altbau, und gerade dort ginge es besonders gut auch ohne neu zu bauen. Die Möglichkeiten dafür untersucht das Buch „Verbietet das Bauen!“ mit „50 Werkzeugen, die Neubau überflüssig machen“.

Was gegen Neubau spricht

Bevor es um die Werkzeuge anderer Möglichkeiten geht, vorab Argumente gegen Neubau, um zu begründen, warum wir nach anderen Wegen suchen sollten. So ist neu zu bauen unökologisch, weil es viel Energie erfordert, ein Haus komplett neu zu erstellen; zudem trägt es zur Versiegelung von 70 Hektar am Tag bei und zerstört wertvolle Äcker und Grünflächen. Bauen ist teuer und darum nicht sozial, wie oft behauptet wird – die günstigsten Wohnungen finden wir immer in Altbauten. Auslöser für Neubau ist weniger der Bedarf als vielmehr der Anlagedruck internationaler Investoren, gepaart mit Prestigedenken und Neubau-Mythen. Doch es gibt Alternativen zum Neubau.

„Nicht hier“, sagen aber viele in boomenden Städten wie Hamburg und München, in die viele Menschen ziehen. Aber sind es wirklich so viele? Freilich steigt die Einwohnerzahl der deutschen Großstädte in den letzten zehn Jahren, doch fast überall sank sie vorher über Jahrzehnte. Wir finden darum den historischen Höchststand der Einwohnerzahl meist in den 1960er oder 1970er Jahren, doch seitdem wurden zigtausend Wohnungen gebaut. Gleichviel Menschen wohnen in immer mehr Wohnungen auf immer größerer Fläche. Anstatt nun die nächsten zigtausenden Wohnungen zu bauen und dafür weitere grüne Wiesen zuzubauen, Landschaftsschutzgebiete und Freiflächen, sollten wir darüber nachdenken, wie und wo wir wohnen und wie wir das ändern können.

„Nicht jetzt“ heißt es dazu aber seit dem vorigen Herbst, wir dürften nicht am Neubau zweifeln, weil viele Flüchtlinge kamen. Zweifellos ist es eine Herausforderung für alle Städte, Flüchtlinge gut unterzubringen. Aber wenn wir nun über langfristige Lösungen nachdenken, mit denen Integration gelingt, dann sicher nicht mit massenhaftem Neubau von großen Siedlungen nur für Flüchtlinge. Suchen wir stattdessen danach, wie wir Flüchtlinge auch „in die Gebäude integrieren“ können, und schaffen Platz in Altbauten.

Die 50 Werkzeuge, die Neubau überflüssig machen, reichen von pauschalem Umdenken mit einer größeren Wertschätzung des Gebauten bis zu pragmatischen Beispielen, die bereits erprobt sind, und die wir nur öfter umsetzen sollten: Es geht um die Verhinderung von Abriss und die Beseitigung von Leerstand, Umbauen, Umnutzen, Umdeuten, die Förderung von Umzügen lokal und regional sowie andere Formen des Zusammenwohnens.

Nachfolgend beispielhaft 5 der 50 Werkzeuge, die Neubau überflüssig machen – es sind zugleich Werkzeuge, unsere Häuser anders und besser zu nutzen.

- **Umbauen dank Beratung**

In der „InnovationCity“ Bottrop liegt die Sanierungsquote dreimal höher als üblich; es sanieren jährlich drei Prozent der Eigentümer ihr Haus anstatt knapp ein Prozent wie im Bundesdurchschnitt – und das in einem Stadtteil mit 60.000 Einwohnern. Erreicht wurde das nicht durch große Fördersummen, sondern durch intensive Beratung vieler Eigentümer darüber, was es bereits an Fördergeld gibt.

- **Ganzheitliche Bilanz ziehen**

Für einen korrekten Vergleich des Energieaufwands der Sanierung eines Altbau einerseits und dessen Abriss samt Ersatzneubau andererseits müssen wir alles einrechnen: Die Betriebsenergie etwa für Heizen, von der meist gesprochen wird, und bei der Neubauten bis hin zu Passivhäusern günstiger liegen können. Aber davor fällt bereits die Erstellungsenergie an, und es erfordert erheblich mehr Energie, ein neues Haus zu errichten, als ein altes Haus zu sanieren. Als drittes müssen wir auf die Mobilitätsenergie schauen, denn Neubauten entstehen oft auf der grünen Wiese, so dass die Bewohner ein zweites oder drittes Auto anschaffen; und selbst bei Ersatzneubau an gleicher Stelle müssen meist mehr Parkplätze gebaut werden, und die werden dann auch genutzt. In der Schweiz sind derartige dreistufige Ökobilanzen bereits üblich, in denen Erstellung, Betrieb und Mobilität betrachtet werden – in Deutschland sollten wir das auch schaffen.

- **Kulturellen und sozialen Wert der Häuser einrechnen**

Bei der Diskussion um Abriss sollte es nicht allein um ökologische und ökonomische Argumente gehen, denn jedes Haus hat auch einen baugeschichtlichen Wert, und mit jedem Haus bewahren wir ein Stück Heimat. Wenn etwa in Duisburg-Bruckhausen in den letzten Jahren ein ganzes Stadtviertel abgerissen wurde mit über hundert Gründerzeithäusern, dann wurde den Menschen mehr genommen als nur eine Wohnung, es verschwand auch ein Teil ihrer gebauten Erinnerung und somit ein Teil ihres Lebens.

- **Leerstand beseitigen**

Genau genommen befassen sich sogar zehn der Werkzeuge damit, Leerstand zu erfassen, zu managen und zu beseitigen. Es fehlt bereits am Erfassen, denn nur ein Achtel der deutschen Kommunen kennt ihren Leerstand komplett, Zweidrittel aber wissen nichts darüber, wo etwas leersteht. In Deutschlands 19 größten Bürostandorten stehen allein etwa acht Millionen Quadratmeter Bürofläche leer, doch gleichzeitig werden jährlich zwei Millionen Quadratmeter Büros neu gebaut. Ein Blick in die Niederlande nach Amsterdam zeigt, wie sich mit Leerstandsmanagement Eigentümer

D. Fuhrhop, Verbietet das Bauen!

dazu bewegen lassen, Häuser umzunutzen, zum Beispiel Büros in Studentenappartements.

- Bausünden wertschätzen

Nicht nur denkmalgeschützte Häuser verdienen es, gepflegt und bewahrt zu werden, auch die Alltagsarchitektur. Oft ist es allein der historische Abstand, der uns erkennen lässt, welchen Wert ein Baustil besitzt. So hat sich der Blick auf die Häuser der 1950er Jahre bereits geändert, und mit den Jahrzehnten werden wir auch wertschätzen, was die Sechziger und Siebziger Jahre geleistet haben. Um das zu erkennen, hilft oft eine Umdeutung vermeintlicher „Bausünden“: wenn sie uns besonders stören, liegt der Verdacht nahe, dass sie besonders gelungene Bausünden sind, die es verdienen, dass wir sie bewahren.

Mithilfe dieser und mithilfe aller insgesamt 50 Werkzeuge des Buches, die Neubau überflüssig machen, können wir alle Bedürfnisse erfüllen – und müssten weder über Neubau noch über ein Bauverbot diskutieren. Ein solches Programm des Umbaus, der Umnutzung und der Umzüge ist im Detail nicht einfach, aber auch neu zu bauen ist nie so einfach, wie es anfangs scheint. Und unsere Altbauten besser zu nutzen kostet zwar Geld, aber Neubau ist teurer – und unser gebautes Erbe, unsere alten Häuser, Dörfer und Städte sind unbezahlbar.

Mehr Informationen:

Daniel Fuhrhop, „Verbietet das Bauen!“, oekom Verlag

192 Seiten, 17,95 €

ISBN-13: 978-3-86581-733-4

Daniel Fuhrhop, „Willkommensstadt – wo Flüchtlinge wohnen und Städte lebendig werden“, oekom Verlag.

ca. 220 Seiten, 17,95 €

ISBN-13: 978-3-86581-812-6

www.verbietet-das-bauen.de

www.willkommensstadt.de

www.daniel-fuhrhop.de

Schloss Riga – eine erfolgreiche Sanierung mit deutschem Fachwissen

I. Thümler
Berlin

Zusammenfassung

Auf Grund eines verheerenden Brandes bei Sanierungsarbeiten im Schloss in Riga im Jahre 2013 wurden europaweit Fachleute und Experten gesucht, um bei der Beseitigung der entstandenen Schäden zu unterstützen. Die lettischen Verantwortlichen fanden sie in Deutschland. Eine Expertenkommission erarbeitete ein Sanierungskonzept zur Trocknung von Wasserschäden, Schimmelpilz- und Schwammsanierung, welches durch fachliche Begleitung deutscher Techniker vor Ort umgesetzt werden konnte. Da die in Deutschland üblichen Qualitätsstandards und Richtlinien im Baltikum neue Maßstäbe setzten, wurde eine Kooperation zwischen lettischen und deutschen Sanierungsunternehmen geschlossen. Nunmehr wird versucht, deutsches Fachwissen in diesem Bereich als Handlungsgrundlage und Leitfaden für die Sanierungsarbeiten im Baltikum einzuführen.

Der Praxisbericht zeigt, dass für deutsche Verhältnisse „normale“ Fachleute, aus anderen Perspektiven als „Experten“ angesehen werden und als Vorbild dienen.

1 Historischer Abriss, das Schloss und seine Bedeutung



Bild 1: Rigaer Schloss – Ansicht

Riga, die lettische Hauptstadt gehört mit ihrer Backsteingotik, vielen Museen und den Jugendstil-Häusern seit 1997 zum Weltkulturerbe. Besonders stolz sind die Rigaer auf das historische Schloss mit einem seiner erhaltenen Rundtürme im Zentrum der Stadt.

Die Historie reicht bis ins Jahr 1330 zurück, denn hier wurde der Grundstein für das Ordensschloss des livländischen Zweigs des Deutschen Ordens gelegt. Nach seiner Fertigstellung um 1353 war der Sitz des Ordensmeisters. Der Standort am Ufer der Düna war strategisch gewählt und die Burg von einem Graben mit Zugbrücke umgeben. In den 1480er Jahren wurde die Burg von den Stadtbürgern belagert und von allen Versorgungswegen abgeschnitten, bis die Ordensritter des Schwertbrüderordens kapitulierten. Anschließend verschickten die Bürger zum Zeichen ihres Triumphes einzelne Steine an die übrigen Hansestädte. 1491 belagerten wiederum die Ordensritter die Stadt und konnten über sie siegen, sodass die Bürger gezwungen waren ab 1515 eine neue Burg zu errichten. In dieser Zeit entstanden auch die heutigen Rundtürme (Bleiturm und Heiliggeistturm). Größere Umbauten gab es erst wieder im 18. und 19. Jh., wobei die gotischen Gewölbe in den Kellern bis heute erhalten geblieben sind.

Die Geschichte des Schlosses ist geprägt von zahlreichen Kriegen mit den entsprechenden Eigentumswechseln. So befanden sich hier die Residenzen des polnischen und schwedischen Statthalters, als auch der Wohnsitz des russischen Generalgouverneurs. Am 18. November 1918 wurde Lettland als unabhängiger Staat proklamiert. Der Präsident der Republik Lettland bezog das Schloss. Während der Sowjetzeit wurde das Schloss als Pionierpalast und weiter als Museum genutzt. Vor allem das Lettische Nationalmuseum für Geschichte ist seit 1922 in den mittelalterlichen

Schlossmauern untergebracht. Dort sind etwa 1 Mio. Exponate mit Funden gelagert, die bis ins 9. Jt. v. Chr. zurückreichen. Nach dem Zerfall der Sowjetunion im Jahre 1991 wurde das Schloss wieder zum Regierungssitz und zur Kanzlei des Präsidenten Lettlands.

2 Der verheerende Brand vom 20.6.2013 und seine Folgen

Damit das Schloss wieder eine Perle der Stadt Riga werden kann, wurde vor ca. 5 Jahren mit umfangreichen Sanierungsarbeiten mit Unterstützung europäischer Fördergelder begonnen. Wahrscheinlich bei Schweißarbeiten kam es zu einem schrecklichen Brand, der das gesamte Dachgeschoss in Flammen setzte und vollkommen zerstörte. Bei den Löscharbeiten wurde der betroffene Teil massiv überflutet.



Bild 2: Brand des Schlosses



Bild 3: weiße Halle nach dem Brand

3 Warum ein deutsches Expertenteam ?

Da es sich um den Regierungssitz handelte dauerten die Untersuchungen zur Brandursache an, was zur wochenlangen Unterbrechungen der Arbeiten führte. Der eingerichtete Krisenstab suchte nach Lösungen, wie mit dem Problem umzugehen sei, wobei sie nach ähnlichen Projekten recherchierten. Sie wurden auf den Brand der Anna Amalia Bibliothek in Weimar aus dem Jahre 2004 aufmerksam und suchten Kontakt zu Projektleitern in Deutschland.

Florian Starke war einer derjenigen zu dem der Kontakt aufgebaut wurde. Er hatte viel Erfahrung bei der Sanierung des Brandschadens als Projektleiter gewonnen, jedoch waren spezielle Fachkenntnisse von Nöten. So luden die lettischen Kollegen zusätzlich Herrn Andreas Protz von der Firma Fead als Spezialist für Mauerwerksdiagnostik und mich für die Trocknungsarbeiten und die Schimmelsanierung ein.

Parallel begannen die lettischen Sanierer mit ersten Notmaßnahmen, wie der Erstellung von Abstützungen, Dachabdeckungen mit Folie und Beräumungsarbeiten. Während der Arbeiten klagten immer mehr Arbeiter über Atemprobleme, Schwindelanfälle usw. Ärztliche Untersuchungen der Betroffenen zeigten, dass es sich um Reaktionen infolge der sich im gesamten Schloss massiv ausgebreiteten Schimmelpilze handelte.

Als wir Ende September 2013 als deutsche Expertenkommission das Schloss besichtigten, zeigte es sich in einem sehr desolaten Zustand, die lettischen Kollegen wirkten überfordert und warteten auf fachlichen Rat, wie weiter zu verfahren sei.



Bild 4: Schloss mit Notdach



Bild 5: nasses Treppenhaus mit historischem Parkett

Am 3 Tag der Untersuchungen im Schloss wurden wir gebeten, ein Sanierungskonzept vor zu schlagen. In einer kleinen Konferenz, an dem Regierungsmitarbeiter, die Chefrestauratoren und wichtige Vertreter des Sanierungsunternehmens teilnahmen, stellten wir unser grobes Konzept vor.

Offensichtlich war dies für die lettischen Kollegen eine echte Hilfe, denn noch am selben Tag wurden Presseinterviews für namhafte Zeitungen unter dem Thema „Deutsche Experten helfen bei der Rettung unseres Schlosses“ geführt – es war ein Politikum.



Bild 6: Fernsehberichte über das Schloss

I. Thümler, Schloss Riga – eine erfolgreiche Sanierung mit deutschem Fachwissen

Was hatten wir vorgeschlagen:

1. Sofortiger Arbeitsschutz durch taugliche Atemmasken
2. Sofortige fachgerechte Beseitigung des sichtbaren Schimmelsporen und Einsatz von Hepafiltern
3. Entfeuchtung der Raumluft und der durchfeuchten Bauteile
4. Errichtung eines Notdaches, welches den zu erwartenden Schnee sicher abhalten konnte. Verhinderung des erneuten Eintritts von Niederschlagswasser in das Gebäude.
5. Statische Ertüchtigung
6. Fachgerechte Brandschadensanierung
7. Technische Trocknung der betroffenen Bauteile

4 Schimmelsanierung nach deutschen Qualitätsstandards

Die aktuelle lettische Herangehensweise an ein Schimmelpilzproblem ist ähnlich dem deutschen Umgang von vor ca. 30 Jahren. Die Mentalität ist eher pragmatisch nach dem Motto: „Schimmel abwischen, bei Feuchtigkeit die Fenster solange öffnen, bis es wieder trocken ist.“ Dies ist unter anderem dem Umstand geschuldet, dass das Einkommen der lettischen Bevölkerung deutlich unter dem deutschen Niveau liegt und technische Geräte, wie Hepa-Filter, ausgefeilte Trocknungsgeräte, Unterdruckhaltung usw. auch für Sanierungsunternehmen zu teuer bzw. nicht verfügbar sind. Abgesehen davon ist in den vergangenen 15 Jahren gerade in Deutschland im Zuge der energetischen Sanierung die Schimmelproblematik zu Topthema geworden. Ein Schimmelpilzleitfaden, wie vom Umweltbundesamt, ist in Lettland nicht bekannt. Es gibt nur sehr wenige Labore, die überhaupt technisch und fachlich in der Lage sind, dieses Thema entsprechend zu behandeln. Unsere Idee, die lettischen Kollegen lediglich fachlich anzuleiten wurde später insofern unnötig, als dass auch die komplette Umsetzung durch unsere Fachleute erfolgen sollte.



Bild 7: Fogging zur Schimmelbekämpfung



Bild 8: Schimmelproben werden entnommen



Bild 9: Absaugen der Schimmelsporen in der weißen Halle

5 Technische Trocknung historischer Bausubstanz

Die Durchfeuchtungsschäden infolge des Löschwassers und der später hinzugekommenen Wassereinbrüche durch die Undichtigkeiten in der provisorischen Dacheindeckung waren sehr umfangreich und individuell. Zudem gab es Altschäden mit Putzabplatzungen, Versalzungen und Versottungen, Frost geschädigte Bereiche, langjährig über die Fassade eingedrungene und aufsteigende Feuchtigkeit, die einer jeweils gesonderten Sanierung bedurften.

Nicht zuletzt die Konstruktionen des Jahrhunderte alten Gebäudes mussten gezielt untersucht werden. Sie ergaben:

I. Thümler, Schloss Riga – eine erfolgreiche Sanierung mit deutschem Fachwissen

- Historisches Mischmauerwerk aus Ziegeln und Natursteinen,
- Beton- und Kalksandsteinkonstruktionen verschiedener Dimension,
- Deckenbalkenlagen mit teilweise unbekannten Schüttungen und mehrschichtigem Aufbau sowie Hölzern aus der Gründerzeit,
- Zwischendecken aus Beton mit Stahlträgern
- wertvolle Stuckdecken mit Malereien und Abhangdecken aus der Sowjetzeit



Bild 10: Mauerwerksdiagnostik im Schloss



Bild 11: Tiefenfeuchtemessung mit Mikrowellen

Auf Grundlage der Gebäudediagnostik wurden bauteilbezogene Trocknungsverfahren ausgewählt und eingesetzt.



Bild 12: Mikrowellen-trocknung des Mauerwerks



Bild 13: Infrarottrock-nung im Treppenhaus



Bild 14: Trocknung der Holzbalkenlagen

6 Sanierung von Echtem Hausschwamm nach DIN 68 800

Bei den Untersuchungen traten Schäden durch Holz zerstörende Organismen zu Tage. Neben Insektenbefall war vor allem Braunfäule auffällig, die durch Echten Hausschwamm hervorgerufen wurde. Die in Deutschland geltenden Sanierungs-Regeln im Umgang mit diesem Holzzerstörer sind im Baltikum nicht bekannt. Den Arbeitern war zwar klar, dass es sich um einen Pilz handelt, jedoch waren die Behandlungsmethoden gleichermaßen pragmatisch wie bei Feuchtigkeit und Schimmelbefall. So wurde lediglich das sichtbare Mycel und die Fruchtkörper an den Bauteilen mechanisch entfernt und offensichtlich zerstörte Hölzer abgeschnitten. Neue Hölzer wurden ohne irgendeinen Schutz an die befallenen angebracht, bzw. die Konstruktionen einfach wieder verschlossen.

Für uns war dies eine schwierige Situation. Einerseits schätzten wir die fachlichen Leistungen der lettischen Kollegen, andererseits wollten wir auf die zu erwartenden Gefahren ohne Arroganz und Besserwisserei hinweisen. Wir teilten unsere Besorgnis den Verantwortlichen vorsichtig mit und verwiesen auf unsere deutschen Richtlinien, die hier aber keine offizielle Geltung hatten.

Abgesehen von den fachlichen Aspekten ist eine Schwammsanierung bekanntermaßen kostenintensiv. Nur mit Fingerspitzengefühl und Überzeugungskraft war es möglich, dieses heikle Thema im Sinne des nachhaltigen Schlosserhalts zu diskutieren und die Notwendigkeit von weiteren Bekämpfungs- bzw. Schutzmaßnahmen zu erläutern.

Um die denkmalgeschützte Bausubstanz nicht weiter zu schädigen, schlugen wir die in Deutschland geläufigen thermischen Behandlungsverfahren vor. Sensibilisiert vom Brandschaden wurde dieses Vorgehen jedoch verworfen und schlussendlich der konventionelle Weg nach DIN 68 800/4 gewählt.



Bild 15: Befall am Holz



Bild 16: Befall in der Dachkonstruktion



Bild 17: Ausbreitung des EHS im Kabelkanal



Bild 18: Abflammen des EHS



Bild 19: Schwammsperre

7 Das Schloss wird übergeben

Nach 8-wöchigem Einsatz mit sechs Technikern und jeweils einem Sachverständigen konnten die durch den Brandschaden entstandenen Feuchtigkeitsschäden erfolgreich beseitigt werden.

Abschlussmessungen zeigten, dass die Schimmelbelastung auf ein normales Maß reduziert werden konnte, die Durchfeuchtungen waren beseitigt und die Behandlung des Echten Hausschwammes war abgeschlossen.

Damit waren die Voraussetzungen geschaffen, damit die lettischen Kollegen mit der eigentlichen Sanierung des Schlosses fortfahren konnten.

Im Verlauf der letzten 3 Jahre reiste ich im Auftrag des Sanierungsunternehmens mehrfach nach Riga und durfte den Fortschritt der Restauration miterleben.

Bei meinem letzten Besuch im Juni 2016 stand das Schloss kurz vor der Wiedereröffnung und ich war zutiefst beeindruckt, was die lettischen Kollegen aus der brandgeschädigten Ruine gezaubert hatten. Nunmehr zählt zumindest der erste Teil des Schlosses wieder als ein Schmuckstück von Weltniveau.

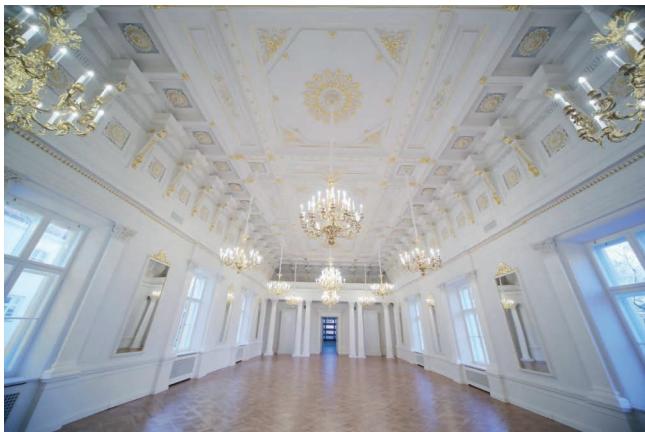


Bild 20: weiße Halle kurz vor der Übergabe

8 Ausblick - Schloss Teil 2, Untersuchungen in den mittelalterlichen Mauern / Kooperation

Offensichtlich hat die systematische und fachkompetente deutsche Vorgehensweise bei den lettischen Auftraggebern insofern Eindruck hinterlassen, als dass der zweite Teil des Schlosses (älterer Teil) auch durch uns untersucht werden durfte. Gemeinsam mit Herrn Andreas Protz hatte ich im September 2014 die Aufgabe, eine Sanierungskonzeption hinsichtlich der Feuchteschäden, der damit verbundenen Salzbelastung und der mikrobiellen Belastung (Schimmel und holzzerstörende Pilze) in einer groben Übersicht zu erarbeiten. Des Weiteren sollte die Abfolge der Sanierung aufgestellt werden, um weitere Folgeschäden zu vermeiden.

Besonderes Augenmerk galt den Wasserschäden durch von außen eintretende Feuchtigkeit (Dach, Fassade, Keller).

Die Untersuchungen erfolgten stichprobenartig an den auffälligsten Bereichen in Kooperation mit lettischen Kollegen.

Hierbei zeigte sich, dass sich die vorgefundenen Feuchteschäden wie folgt aufteilen: Löschwasserschäden vom Brand, eintretende Feuchte vom Dach und der Fassade sowie aufsteigende und seitlich eindringende Feuchte im Kellerbereich. Entsprechend zeigen auch hier die Schadensbilder Salzausblühungen, Frostschäden, Schimmelbefall und Zerstörungen durch holzzerstörende Organismen.

Aber nicht nur das Schloss in Riga wurde und wird durch die Unterstützung deutscher Fachleute saniert. Durch die gute Presse der „Deutschen Experten“ konnten durch uns Schimmelsanierungsmaßnahmen u.a. im Rigaer Dom durchgeführt werden. Besonders das Fogging-Verfahren beeindruckte, denn liebevoll wurden unsere Kollegen als „Mold Busters“ bezeichnet, die den Schimmel in Riga „verjagen“.

I. Thümler, Schloss Riga – eine erfolgreiche Sanierung mit deutschem Fachwissen



Bild 21: „Mold Busters“ in der Presse

Der Kirchturm des Doms war zudem massiv von holzzerstörenden Insekten befallen und stark beschädigt. Auf Grund der historischen Bausubstanz kamen konventionelle Verfahren der Sanierung nicht in Frage. So erarbeiteten wir ein Konzept zur thermischen Behandlung, welches jedoch hinsichtlich der unbegründeten Angst vor einem möglichen Brand aufgegeben wurde. Stattdessen führten die Kollegen der Firma Römer-Biotec erfolgreich eine Begasung durch.



Bild 22: Begasung Dom Riga durch Römer-Biotec

Im Nationalmuseum in Riga begutachteten wir zahlreiche Feuchteschäden, die infolge der langjährigen Einwirkung von Niederschlagswasser entstanden waren.



Bild 23: Nationalmuseum
Begutachtung Wasserschäden

Außenmauerwerk mit sichtbaren Feuchteschäden infolge undichter Entwässerung.
Sofern keine weitere Feuchtigkeit hinzu kommt, trocknet dieser Bereich auf
natürliche Art aus.

Wir erstellten ein Sanierungskonzept, das unter unserer Anleitung von den lettischen Kollegen selbst umgesetzt werden konnte.

Aufgrund der sehr kollegialen und engen Zusammenarbeit entstand der Gedanke, die deutsche Vorgehensweise bei der Technischen Austrocknung von Wasserschäden, der Schimmelsanierung und auch dem Umgang mit Holz zerstörenden Organismen auch im lettischen und im gesamten baltischen Raum zu etablieren. Aus diesem Grund schlossen die RE + RE Group, eines der größten Bau- und Sanierungsunternehmen Lettlands und die Otto Richter GmbH - Die Feuchteklinik® aus Berlin im vergangenen Jahr einen Kooperationsvertrag.

Im Rahmen dessen schulten wir lettische Fachleute in einem mehrmonatigen Praktikum in Berlin sowohl theoretisch als auch praktisch in diesen Fachgebieten.

Dabei werden deutsche Qualitätsstandards, Richtlinien und Normen an die baltischen Gegebenheiten angepasst und sollen in Zukunft die Grundlage für die Vorgehensweise bei der Sanierung von Wasserschäden werden.

Bildnachweise

Bild 1: www.liveriga.com

Bild 2: <http://bilder1.n-tv.de/img/incoming/origs10865896/6742732238-w1000-h960/40381065.jpg>

Bild 3,4,5: Archiv Otto Richter GmbH

Bild 6: Archiv Fa. RE&RE

Bild 7 – 19: Archiv Otto Richter GmbH

Bild 20, 21: Archiv Fa. RE&RE

Bild 22: Archiv Römer Biotec

Bild 23: Archiv Otto Richter GmbH

(Leerseite)

Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand - Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

A. Semmler
Berlin

Zusammenfassung

Das Bauen im Denkmal erfordert einen hohen Aufwand an vorbereitenden Fachgutachten in den frühen Leistungsphasen. Ein tiefes Verständnis der Substanz mit ihrer Bau- und Schadensgeschichte einschließlich deren Würdigung und Wertung ist hier nicht nur für eine wirtschaftliche Planung erforderlich, sondern auch die Voraussetzung für eine das Denkmal in seinem Zeugniswert möglichst wenig beeinträchtigende Planungslösung. Als Grundlage hierfür bewährt sich die Erstellung von „Ampelplänen“ des Gebäudes, also von Darstellungen, die das Substrat der technischen Schadensgutachten mit dem aus bauhistorischem Befund und denkmalpflegerischer Zielstellung entwickelten Schutzgutplan überlagert. Dies erfordert zwingend eine Gesamtbetrachtung des Gebäudes und eine möglichst vollständige Durchführung aller für das Gesamtverständnis erforderlichen Fachgutachten zu Beginn des Planungsprozesses. Es ist daher auch bei einer Ausführung in mehreren Bauabschnitten häufig unvermeidbar, dass im ersten Abschnitt zunächst unverhältnismäßig hoch erscheinende Planungskostenanteile entstehen. Bei Verwendung von Fördergeldern steht diese Notwendigkeit häufig im Widerspruch zu den Förderbedingungen, die zumeist eine Deckelung der Planungskosten enthalten. Planer und Bauherren müssen bei der Planung im Denkmal auf diesen Umstand hinweisen und ggf. Ausnahmen von Förderrichtlinien erwirken, Förderstellen müssen ihren Ermessensspielraum nutzen und vor allem beim Entwurf künftiger Förderbedingungen die Gefahr einer „segmentierten Planung“ vor allem für ein Denkmal im Auge behalten.

1 Einführung

1.1 Planen im denkmalgeschützten Bestand

Beim Bauen im Bestand verlangt die Untersuchung der vorhandenen Bausubstanz bereits einen erheblichen Teil der Planungszeit und auch des Planungsbudgets für sich. Die Gründlichkeit der Untersuchung reduziert die Unsicherheiten und damit Risiken, die die vorhandene Bausubstanz grundsätzlich birgt. Das Planen vor allem im älteren Baubestand erfordert damit bereits eine Vielzahl von der eigentlichen Planung vorausgehenden Fachgutachten, die beim Neubau in der Regel keine oder eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen, wie zum Beispiel:

- Aktenrecherche und -durchsicht
- Bestandsplanerstellung
- Bauchemische und bauphysikalische Bauwerksanalytik
- Holzschutzgutachten
- Ermittlung und Beurteilung des Tragsystems, ggf. Nachberechnung
- Ermittlung der Konstruktionsweisen und der Veränderungsgeschichte
- Ermittlung von Schadensursachen und -verläufen mit Beurteilung der zeitlichen Komponente
- Naturschutzfachliche Untersuchungen v.a. an teilweise ungenutzten Gebäuden (z.B. nicht ausgebauter Dachgeschosse oder extensiv genutzte Keller)

Beim Planen im Denkmal kommen weitere Fachdisziplinen und auch Erschwernisse bzw. zusätzliche Anforderungen an übliche Fachgutachten hinzu:

- Verformungsgerechtes Aufmaß
- Archivrecherche unter kunsthistorischen Aspekten
- Historische Bauforschung ("Bauarchäologie")
- Archäologie (Erkundung von Bodendenkmalen)
- Restauratorische Untersuchungen
 - o Farbrestauratoren
 - o Steinrestauratoren
 - o Holzrestauratoren
 - o Papierrestauratoren
 - o etc.

Die vorstehende, nicht abschließende Liste zeigt bereits den bei der Planung im Denkmal gegenüber der Planung im Bestand nochmals erhöhten Untersuchungs- und damit Planungsaufwand. Dies führt dazu, dass beim Bauen im Denkmal Planungskosten von 30% und mehr der Gesamtbaukosten eines Bauwerks (KG 200, 300, 400 und 700) keine Ausnahme, bei komplexeren Planungsaufgaben und höherwertigen Denkmalen sogar die Regel sind. Dies führt nicht nur regelmäßig zu Verwunderung bei den Planungsbeteiligten (allen voran den Bauherren, aber auch bei vielen Planern, die den Aufwand für alle Planungsdisziplinen bei der Erstellung des Kostenrahmens häufig selbst unterschätzen), sondern steht auch im Widerspruch zu den Förderstatuten vieler Förderprogramme.

1.2 Bauvorhaben mit hoher Förderquote

Gerade denkmalgeschützte Bauten werden häufig mit Fördermitteln instandgesetzt, da sie allgemein als besonders förderwürdig und -bedürftig erscheinen, in vielen Förderprogrammen begünstigt werden und mit besonders hohen Förderquoten rechnen dürfen.

In einer Reihe von Förderprogrammen sind die anteiligen Planungskosten prozentual gedeckelt, häufig auf 20%, teilweise aber sogar auf nur 10% der gesamten Kosten. Folglich "fehlen" im Extremfall gut zwei Drittel der im Denkmal erforderlichen Planungskosten. Natürlich sind höhere Planungskosten nicht per se verboten, jedoch sind diese darüber hinaus gehenden Kosten dann nicht förderfähig, und das heißt in der Regel nicht einmal als Eigenanteil ansetzbar. Dies führt verständlicherweise nicht unbedingt dazu, die Bereitschaft der Bauherren zu erhöhen, die notwendigen Untersuchungen angemessen zu honorieren. Schlimmer noch: Es besteht die Gefahr, dass gebotene Untersuchungen unterbleiben, da sie ja vermeintlich von den Förderstellen für nicht erforderlich gehalten werden.

Dies ist ein Trugschluss, der nicht nur Planungsfehler aufgrund unzureichender Substanzkenntnis provoziert, sondern darüber hinaus bei denkmalgeschützter Substanz auch das Denkmal selbst gefährdet. Die Zerstörungen an Denkmälern geschehen vielfach aus Unwissenheit über Bedeutung und Eigenarten der Substanz. Hier stellen sie aber nicht nur einen materiellen, sondern auch einen kulturhistorischen Schaden dar.

Die Festlegungen von Höchstgrenzen für die anteiligen Planungskosten in öffentlichen und nichtöffentlichen Förderprogrammen verfolgen natürlich nicht die Absicht, Planungshonorare preislich zu regulieren oder die Anfertigung notwendiger Fachgutachten zu unterbinden, sondern entspringen dem nachvollziehbaren Wunsch der Fördermittelgeber, nicht nur Papier produzieren zu lassen, sondern greifbare, gebaute Ergebnisse zu begünstigen. Es ist aber zu beachten, dass Denkmal-Instandsetzungen nicht nur in speziell auf Baudenkmale zugeschnittenen Programmen gefördert werden, sondern auch in solchen, die unter Infrastrukturmaßnahmen, Städtebaumaßnahmen oder "normale" Baumaßnahmen fallen. Je nach Maßnahmentyp sind anteilige Planungskosten bis hinunter zu 10% (z.B. bei Infrastrukturmaßnahmen wie Wegebau) dann durchaus üblich und mit der HOAI noch in Einklang zu bringen.

Problematisch wird es aber selbst bei solchen "Nicht-Denkmal"-Vorhaben dann, wenn die Maßnahmen über mehrere Jahre verteilt, in sogenannten Jahresscheiben gefördert und realisiert werden sollen. Dies bedeutet, dass regelmäßig auch die Planung in Jahresscheiben "segmentiert" werden muss, da andernfalls sofort wieder die anteiligen Planungskosten des jeweiligen Förderprogramms überschritten werden. Je höher die Förderquote eines Vorhabens und je geringer infolgedessen der Eigenanteil des Bauherrn, desto weniger ist es zudem möglich, die über das Gesamtprojekt erforderliche Planungstiefe innerhalb des Eigenanteils und damit des förderunabhängig

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

flüssigen Kapitals und des ersten Projektabschnitts zu erreichen. So geraten gerade besonders förderwürdige Projekte in die Gefahr einer "segmentierten Planung".

1.3 "Segmentierte Planung" und Baudenkmale

Eine "segmentierte" Planung, also die Unterteilung der Planung eines Bauvorhabens in Unterabschnitte, ist immer dann problematisch, wenn die Planungsabschnitte nicht nach bautechnischen Gesichtspunkten logisch gebildet werden, sondern nach "Jahres-scheiben" oder rein budgetären Aspekten. Dies vor allem dann, wenn die Einteilung nicht wenigstens ein deutlich ausgeweitetes Planungsbudget im ersten Abschnitt aufweist, um mindestens die Grundlagenermittlung und eine detaillierte Vorplanung durchgängig für das Gesamtvorhaben abschließen zu können. Wie oben dargelegt, verlangen Planungsvorhaben im Bestand und erst recht im Baudenkmal eine Vielzahl von Fachgutachten und Besonderen Leistungen der Bestandsaufnahme, die alle in die Planungsphasen der Grundlagenermittlung und Vorplanung fallen. Das Mehr an Planungskosten fällt also zu einem nicht geringen Teil in diese vorderen Leistungsphasen der Planung, so dass es fast unausweichlich ist, dass bei einer durch Deckelung der anteiligen Planungskosten erzwungenen Segmentierung der Planung nicht einmal die ersten beiden Leistungsphasen vollständig und auf verlässlicher Grundlage für das Gesamtvorhaben durchgeführt werden können. Die Verlässlichkeit der Gesamtplanung leidet und kann nicht nur das Planungsergebnis, sondern auch das Baudenkmal selbst nachhaltig gefährden.

2 Nass, kalt und einsturzgefährdet - Das Wasserschloss Quilow bis heute

2.1 Erkenntnisse zur Baugeschichte

Das sogenannte Wasserschloss Quilow - eigentlich handelt es sich vom Bautypus her um ein Festes Haus - ist eines der wenigen, mit überschaubaren Veränderungen erhaltenen Renaissance-Gutshäuser in Mecklenburg-Vorpommern. Gebaut wurde es um 1575 (1573d-1577d) für Roloff v. Owstin als voll unterkellertes zweistöckiges Wohnhaus mit vorgelagertem Treppenturm und großem Satteldach mit Schmuckgiebeln und Zwerchhäusern. Diese gelten als einzige noch bauzeitlich erhaltene Zwerchhäuser eines Profanbaus der Renaissance-Zeit in Vorpommern. Daher ist Quilow als Denkmal von nationalem Rang eingestuft worden, was neben zusätzlichen Fördermöglichkeiten auch ein besonderes denkmalpflegerisches Augenmerk bedeutet.

Die somit obligatorische bauhistorische Untersuchung konnte jüngst aber neben interessanten Einblicken in die Baugeschichte auch eine Reihe baulicher Merkwürdigkeiten und konstruktiver Mängel des Gebäudes erklären. Schon während der Erbauung gab es demnach Planänderungen, die neben Problemen im Baugrund auch ein Grund für bereits bald nach Fertigstellung auftretende statische Schäden am Gebäude sind. So wurde während der Errichtung der Außenmauern des Erdgeschosses über dem bereits vierachsig (mit vier Fensterachsen) errichteten und für die Einwölbung vorgese-

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

henen Kellergeschoß entschieden, die Schauseite von Erd- und Obergeschoss sechс-achsig auszuführen.

Auf der Rückseite blieb man aber bei vier Achsen - möglicherweise war das Gebäude hier auch bereits soweit fertig gestellt, dass man für die Rückseite nicht noch einmal umbauen wollte. Noch etwas weiter im Bauverlauf wurde offenbar angeordnet, auch das Erdgeschoß vollständig gewölbt auszuführen, was für vergleichbare Feste Häuser dieser Zeit und der Region eher ungewöhnlich ist, aber wohl einem erhöhten Repräsentationsbedürfnis Rechnung tragen sollte (Bild 1). Hierdurch ergibt sich eine höchst problematische Gewölbeform im Erdgeschoß: Im vorderseitigen Schiff treffen die sechs Gewölkappchen der Vorderseite auf vier Gewölkappchen, die sich zwischen den drei Hauptpfeilern aufspannen. Während sich im Kellergeschoß und auf der Rückseite folglich regelmäßige Kreuzgratgewölbe befinden, ergibt sich im Erdgeschoß eine Gewölbeform für die es noch nicht einmal einen richtigen Namen gibt. Es ist ja auch ein "Zufallsprodukt", das erst durch zwei Planänderungen während der mehrjährigen Erbauung entstanden ist. Mit der ursprünglich vorgesehenen Balkendecke wären die unterschiedlichen Fensterachsen vorne und hinten kein gravierendes Problem gewesen.



Bild 1: Baualtersplan des Erdgeschoßes, vorläufiger Stand aus dem laufenden Planungsprozess: Gelb gekennzeichnete Gebäudepartien zeigen die erste Bauphase [1]

Schon während der Errichtung des Obergeschoßes und der Zwerchhäuser im Dachgeschoß sind erkennbar Setzungen ausgeglichen worden, was an entsprechenden Verformungen von Gesimsbändern und darüber befindlichen bauzeitlichen Ausgleichslagen im Mauerwerk erkennbar ist (Bild 2). Zu der ungünstigen Konstruktion des Erdgeschoßgewölbes kam also auch noch ein problematischer Baugrund.

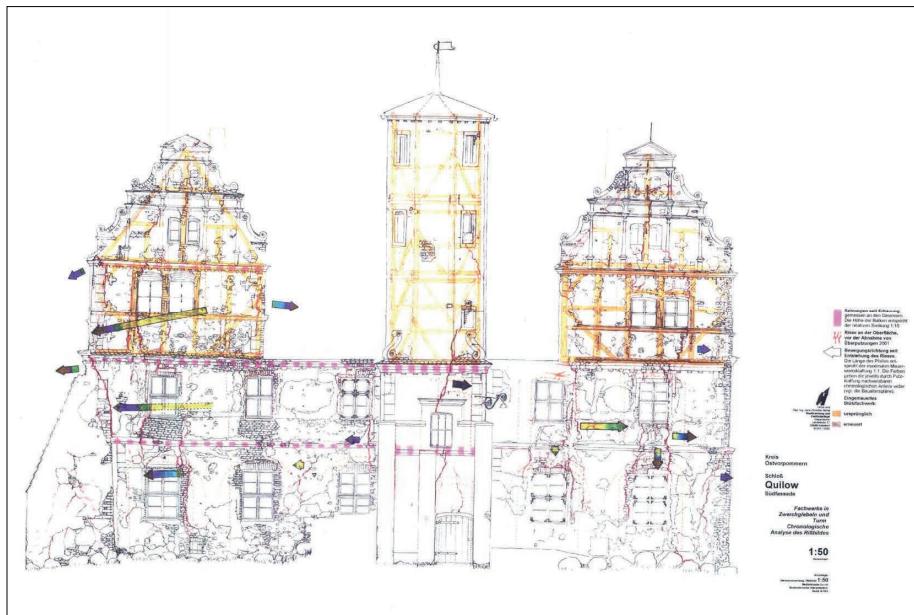


Bild 2: Kartierung der Rissbewegungen mit Darstellung des Zeitraums und der Stärke der Rissveränderung [2]

Bereits wenige Jahrzehnte nach seiner Errichtung wird das Feste Haus Quilow in Quellen als stark baufällig beschrieben und von Spalten im Mauerwerk, durch die man nach draußen sehen könne, berichtet.

Das Gebäude wurde in der Folge mit Strebepfeilern gesichert, aber auch erweitert und im Inneren mit zusätzlichen Wänden in mehr Einzelräume unterteilt. Diese Umbauten vor allem des 18. Jahrhunderts prägen das Haus heute im Inneren, während äußerlich die bauzeitliche Form weitgehend unverändert überliefert ist (Bild 1). Die einzelnen Umbauten sollen nicht Gegenstand dieses Berichtes sein. Es soll stattdessen ein Blick auf die jüngere Instandsetzungsgeschichte geworfen werden.

2.2 Jüngere Instandsetzungsgeschichte

Bereits in den 1960er-Jahren war das Feste Haus in Quilow im besonderen Fokus des Instituts für Denkmalpflege der DDR. Zu dieser Zeit war das Gebäude wie viele Gutshäuser in gemeindlicher Mischnutzung für öffentliche Nutzungen und Wohnungen. Aufgrund des schlechten konstruktiven Zustands wurden umfangreiche Maßnahmen vom Institut für Denkmalpflege geplant und begleitet. Beide Hauptgiebel

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

wurden wegen Einsturzgefahr abgebrochen und durch Nachbildungen ersetzt. Dabei wurden auch die anschließenden Gewölbe teilweise freigelegt, mit kreuzweisen Ei-senzuggliedern verspannt und mit neuen Holzfußböden versehen. Das Dach wurde mit Bitumen-Wellplatten gedeckt. Weitere vorgesehene Instandsetzungsarbeiten konnten damals offenbar aus Mittelknappheit nicht umgesetzt werden. Wenngleich hierdurch nicht unwesentlich bauzeitliche Substanz verloren ging, ist es möglicherweise dieser Maßnahme zu verdanken, dass das Gebäude überhaupt noch steht.

Bis zur Wende war das Haus bewohnt und mit verschiedenen öffentlichen Nutzungen bespielt. Es handelte sich jedoch um Wohnungen mit sehr einfachem Standard, so dass das Haus kurz nach der Wende leer gezogen wurde. Natürlich war der Denkmalwert des Objektes seit den 1960er-Jahren nicht vergessen worden, so dass sehr schnell Bemühungen einsetzen, das insgesamt trotz der vorangegangenen Maßnahmen immer noch baufällige Haus mit Fördermitteln grundsätzlich instand zu setzen und damit auch die durch zahlreiche Risse in den Fassaden offenkundigen statischen Mängel zu beheben (Bild 2).

Das Haus wurde vom Landesamt für Kultur und Denkmalpflege als national bedeutsames Denkmal eingestuft und konnte auf diese Weise aus Bundes- und Landesmitteln besonders gefördert werden. Weiterhin wurden erhebliche Mittel bei der Deutschen Stiftung Denkmalschutz beantragt und auch bewilligt. Allerdings konnte nicht von vornherein ein Etat über die Gesamtinstandsetzung gebildet und beantragt werden, sondern - wie aus den überlieferten Unterlagen klar ersichtlich - es wurde über viele Jahre (letztendlich von 1992/3 bis 2002/3) in Jahresscheiben geplant, beantragt und gebaut, natürlich nicht nur wegen begrenzt verfügbarer Fördermittel, sondern auch, weil der erforderliche Eigenanteil von der Gemeinde als Eigentümerin wohl nicht auf einen Schlag aufzubringen gewesen wäre.

Dabei wurde die historische Gründung im soilcrete-Verfahren unterfangen ohne zuvor die aufgehenden Mauerwerke und Konstruktionen hinsichtlich ihrer Stabilität und Kraftschlüssigkeit instand zu setzen. Weiterhin wurden über dem Obergeschoss und im Dach gewaltige Stahlkonstruktionen eingebaut, die zu nicht unmaßgeblichen Lastwechseln und Veränderungen im Kräfteverlauf in den darunter liegenden - bereits historisch stark rissigen und geschädigten, aber damals und bis heute noch in keiner Weise instand gesetzten - tragenden Bauteilen des Ober-, Erd- und Kellergeschosses geführt haben.

Zwar wurde 1993 zunächst eine grobe Gesamtkonzeption und ein statisches Gutachten erarbeitet, diese hatten jedoch nicht die erforderliche Tiefe, um auch nur die technische Problematik insgesamt zu erfassen, die bauhistorische Dimension umso weniger. Folglich konnte keine technisch sinnvolle Aufteilung in Bauabschnitte vorgenommen und aus Unkenntnis auch keine ausreichende Rücksicht auf verborgene historische Bauausstattung genommen werden.

Die Planungen waren bis zum Abbruch der Maßnahme im Jahr 2002 nicht vollständig fertig gestellt. Offenbar wurde begleitend zur Maßnahme jeden Jahres lediglich eine ausschnitthafte Planung erarbeitet - es gab zwar eine am Anfang einmal aufge-

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

stellte Denkmalpflegerische Zielstellung und eine Sanierungskonzeption, jedoch waren beide und vor allem letztere auf unzureichender Grundlage erstellt worden, so dass sie rückblickend betrachtet nichtzutreffend und nicht umsetzbar waren.

Es handelt sich hierbei um ein klassisches Beispiel für die oben beschriebene "segmentierte Planung", was im vorliegenden Fall z.B. so weit ging, dass es lediglich eine Teilstatik gab, die nicht vom Dach bis in die Gründung durchgearbeitet wurde - jedenfalls wird im damaligen Prüfbericht darauf verwiesen, dass Teile noch nicht zur Prüfung vorlagen und vor Baubeginn noch zu prüfen wären.

Faktisch ist aber dennoch gebaut worden - mit dem Ergebnis, dass bis zum Stoppen der Maßnahme wertvolle Bausubstanz verloren ging und zuletzt nur noch eine Notsicherung des teilsanierten Gebäudes durchgeführt werden konnte, da die ausgeführten Teilmaßnahmen die ohnehin fragilen Gewölbe und Außenmauern des Erd- und Kellergeschosses noch weiter geschädigt hatten, so dass akute Einsturzgefahr bestand (Bild 3).

Spannräthe und hölzerne Abstützungen der Gewölbe durchziehen seitdem Keller- und Erdgeschoss; die Fenster sind nicht mehr zu schließen, da die Notkonstruktionen durch die Fensteröffnungen geführt sind (Bild 4). Regen und Sommerkondensat schädigen verbliebene Holzfußböden, Lehmputz und Wandbemalungen.



Bild 3: Zustand 2002 kurz vor Abbruch der Maßnahmen. Im Erdgeschoss werden gerade die Notverspannungen montiert. Im Vordergrund liegen noch Stahlträger für die übrigen Fenster bereit. Nachfolgend wurde noch der Küchenanbau des 19. Jahrhundert abgebrochen und das Dach der Nordseite neu gedeckt



Bild 4: Heutiger Zustand innen im Erdgeschoss mit Stützkonstruktionen und Verspannungen auf Augenhöhe

Die segmentierte Planung, der eine das gesamte Haus mit allen Aspekten umfassende technische und bauhistorische Grundlagenermittlung und - mindestens - eine detaillierte Vorplanung fehlte, hat dazu geführt,

- dass teilweise ungeeignete oder auch übertriebenen Maßnahmen in der falschen Reihenfolge ausgeführt wurden,
- dass statisch relevante Bauteile zwischen Gründung und Dach weder planerisch noch baukonstruktiv bearbeitet wurden, obgleich dies zwingende Voraussetzung für die Maßnahmen an anderen Bauteilen gewesen wären,
- dass Anforderungen z.B. an die Raumnutzungen und damit Verkehrslasten aus Unklarheit über die spätere tatsächliche Verwendung und über die Konsequenzen in baulicher Hinsicht anfangs unnötig hoch angesetzt wurden und in späteren Planungsschritten dann nicht mehr korrigierbar waren, da die zugehörigen Konstruktionen im voran gegangenen Bauabschnitt bereits gebaut worden waren.

Sie hat aus meiner Sicht, neben möglichen planerischen Fehlinterpretationen denkmalpflegerischer Auflagen, zu einem nicht mehr nutzbaren Objekt geführt: Nass, kalt und einsturzgefährdet wurde das Objekt 2007 von der Stiftung Kulturerbe im ländlichen Raum Mecklenburg-Vorpommern übernommen, mit der Zielsetzung, Nutzungs-szenarien und Strategien zur Wiederherstellung zu finden.

3 Heutiger Ansatz für die Fortschreibung der begonnenen Modernisierung

3.1 Erste Schritte und Nutzungskonzept

Für eine Fortschreibung der begonnenen Instandsetzung mussten zunächst die jüngere Instandsetzungsgeschichte und die zugehörigen Planungsunterlagen zusammengetragen und ausgewertet sowie mit dem tatsächlich Umgesetzten verglichen werden. Dabei stellte sich heraus, dass über die vielen einzelnen Planungsschritte in Summe durchaus brauchbare Grundlagenermittlungen und Untersuchungen erstanden waren, alle jedoch segmentiert und teilweise auch innerhalb eines Planungsgewerks von verschiedenen Fachplanern erarbeitet. Viele waren unvollständig, da zumeist - auftragsgemäß - nur ein Teilaspekt oder ein Bauteil des Gebäudes behandelt wurde.

Die neue Eigentümerin ließ also - neben einigen akuten Notsicherungsmaßnahmen am Objekt - ein detailliertes Kataster der alten Planungsunterlagen erstellen, das im zweiten Schritt daraufhin auszuwerten war, welche Untersuchungsergebnisse weiterverwendbar waren, welche ergänzt und welche zu aktualisieren waren. So ergab sich eine Art "Landkarte" mit einer Reihe weißer Flecken, zu denen keine Ergebnisse vorlagen. Es wurde außerdem überblicksartig geprüft, welche Planungen bereits umgesetzt waren und welche nicht, welche Schäden die umgesetzten Maßnahmen behoben hatten und welche sie belassen, verstärkt oder gar erzeugt hatten. Im Bestreben, zeitnah sichtbare Ergebnisse zu produzieren, wurde die Beantragung von Fördermitteln bei Bund und Land vorgesehen, aus Gründen des aufzubringenden Eigenkapitals und der realistischer Weise zu erwartenden Förderbudgets und -quoten wieder verteilt auf mehrere Jahre und auch wiederum nur für einen Teilaspekt: die Fassade, allerdings inkl. statischer Instandsetzung der Gewölbe.

Noch während der weiteren Qualifizierung der Förderanträge wurde deutlich, dass mit den jeweils kleinen Budgetscheiben für die Planung oder alternativ den eigenen Ressourcen und als Eigenanteil vorgesehenen Budgets der Eigentümerin eine vollständige Vorleistung oder Vorfinanzierung der erforderlichen Gesamtuntersuchung und -planung nicht möglich sein würde - aufgrund der Höchstquoten für Planungskosten auch nicht innerhalb eines möglichen ersten Förderabschnitts, denn die zu leistenden Untersuchungs- und Planungsaufgaben hätten das gesamte erste Jahresbudget inkl. Fördermitteln bereits verschlungen und es hätten zu 100% Planungskosten finanziert werden müssen. Für reine Planungen lassen sich in aller Regel keine Förderprogramme finden, bestenfalls einmal für Machbarkeitsstudien oder Nutzungskonzepte, was aber ebenfalls eher die Ausnahme ist und außerdem für das vorliegende Projekt erneut eine nicht ausreichende Tiefe bedeutet hätte. Es wurde absehbar, dass man trotz aller Bemühungen in eine ähnlich "segmentierte" Planung hineinschlittern würde, wie die Vorgänger in der Nachwendezeit bis 2002. Zwar mit dem Vorteil, auf den bereits vorliegenden Unterlagen aufzubauen und aus den rückblickend erkannten Fehlern lernen zu können, jedoch wiederum mit erheblichen Planungsrisiken aus der segmentierten Planung und den noch nicht abschließend verstandenen

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

Auswirkungen der in der Nachwendezeit infolge der unvollständig geplanten und umgesetzten Baumaßnahmen entstandenen oder verstärkten Schäden am Bestand.

Parallel hatte der neue Eigentümer jedoch Nutzungsüberlegungen angestrengt und mit temporären Nutzungen wie einer internationalen Klangkunstausstellung und Schülerworkshops sowie mit Öffentlichkeitsarbeit die überregionale Wahrnehmbarkeit des Objekts gestärkt. Auf diesem Wege konnte schließlich ein Betreiber für das Wasserschloss Quilow gefunden werden, der bereit war, gemeinsam mit der Stiftung eine denkmalverträgliche Nutzung unter Einbezug der bereits 1993 bis 2002 eingebauten Konstruktionen - denn auf diesen ruhen noch Bindungsfristen der seinerzeit verbauten Fördermittel(!) - zu entwickeln.

Gemeinsam wurde die Entscheidung getroffen, die bisherige Förderkonzept nicht weiter zu verfolgen und stattdessen ein einheitliches und nicht segmentiertes Förderprojekt aufzusetzen. Dies geschah in Abstimmung mit den zuständigen Stellen beim Land Mecklenburg-Vorpommern, die glücklicherweise ein offenes Ohr sowohl für das Projekt selbst als auch für die Problematik eines "segmentierten" Projekts mit gegenüber vielen Förderrichtlinien vermeintlich zu hohen anteiligen Planungskosten hatten. So konnte schließlich aufgrund des gemeinsamen Willens aller Beteiligten - Eigentümer, Betreiber, Wirtschafts-, Kultur- und Landwirtschaftsministerium - eine mögliche Förderkulisse gefunden werden und ein passender, einheitlicher Förderantrag über ein mehrjähriges Gesamtförderpaket ohne "Jahresscheiben" und ohne eine das spezifische Vorhaben nicht berücksichtigende Deckelung der Gutachten- und Planungskosten gestellt werden.

Als Nutzung ist eine vielfältige Kombination aus Tourismus-Netzwerkstation (sog. "touristische Basisstation") mit Ausstellungs- und Arbeitsräumen für Kunst, Geschichte, Kultur und Bildung vorgesehen. Dabei hilft die gute Vernetzung der Betreiber in der freien Kunst- und Theaterszene. Im benachbarten Verwalterhaus wird das Konzept durch eine Beherbergungsstätte ergänzt.

Natürlich muss bei einem solchen Gebäude das Raumprogramm zu einem gewissen Grad auch aus dem vorhandenen Raumangebot heraus entwickelt werden. Dennoch gibt es selbst bei einem sehr auf das spezifische Denkmal zugeschnittenen Betreiberkonzept Konflikte zwischen geforderten Abläufen und Raumkonfigurationen auf der einen Seite und der Denkmaleigenschaft auf der anderen.

3.2 Lösungsansätze für die Planungsaufgabe: Ampelplan

Der neue Gesamtprojektrahmen ermöglichte es, endlich eine Zusammenführung aller bisherigen Untersuchungsergebnisse vorzunehmen und vor allem, die für die Planung zusätzlich erforderlichen Gutachten und Fachplanungen zu projektieren. Dabei wurden die Fachgutachten zunächst in zwei Aufgabenfelder unterteilt: bauhistorische Gutachten und bautechnische Gutachten, die alle einheitlich auf Grundlage eines im 3D-Laserscanning-Verfahren erstellten, verformungsgerechten Aufmaßes der Genauigkeitsstufe III nach Eckstein zu erstellen sind: [3], [4]

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

Bauhistorische Gutachten sind in diesem Fall:

- Historische Bauforschung
- Farbrestauratorische Untersuchungen
- Ärachäologische Begleitung
- Bautechnische Gutachten:
- Baugrundgutachten
- Holzschutzgutachten
- Bauwerksanalytik (Baustoffuntersuchungen)
- Ermittlung der statischen Schäden (Risskartierung und Bewertung der Verformungen)
- Konservatorische Schadenserhebung an zu erhaltenen Putzen u.ä.

Um eine einfach zu lesende Planungsgrundlage zu erhalten, wird jeweils die Quintessenz jedes technischen Fachgutachtens in einem Schadensplan zusammengefasst, wobei jede Fachschale nach einer vorgegebenen Legende nur drei Schadensgrade in einer zugewiesenen Farbe darstellen darf (Tabelle 1). Nur so können alle wesentlichen Erkenntnisse in einem vereinfachten Plan gemeinsam aufgezeigt werden.

Tabelle 1: Legende für die Darstellung der technischen Hauptaussage von schadensbezogenen bautechnischen Gutachten im Ampelplan nach [6]

Schädigungsgrad		Fachschale (Beispiele)	
	Starke, irreversible Schäden	Grün	Holzschutzgutachter
	Mittelstarke Schäden, die im Bestand reparabel sind	Orange	Restaurator
	Oberflächliche, geringe, nicht substanzelle Schäden	Dunkelblau	Statiker

Die bauhistorischen und restauratorischen Erkenntnisse werden von den Fachgutachtern gewertet und münden dann in einen sogenannten Bindungs- oder Schutzgutplan.[5] Der Schutzgutplan enthält ähnlich wie der zusammengefasste technische Schadensplan bereits eine wertende Aussage darüber, ob ein bestimmtes Bauteil aus denkmalpflegerischer Sicht als besonders erhaltenswert oder eher entbehrlich eingestuft wird. Dabei gilt nicht automatisch die Regel „je älter, desto wertvoller“, sondern abhängig von der denkmalpflegerischen Zielstellung, können auch für das Objekt charakteristische Zeitschichten oder gut erhaltene und besondere Bauteile in den Mit-

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

telpunkt des Interesses gestellt werden. Dies ist vom einzelnen Objekt abhängig und muss abschließend vom Denkmalamt genehmigt werden. Anders als vielfach angenommen, haben Planer und Bauherren aber durchaus nennenswerte Spielräume bei der Aufstellung und Begründung der Denkmalpflegerischen Zielstellung, sofern die entsprechenden bauhistorischen Gutachten frühzeitig im Planungsprozess aufgestellt und ausgewertet werden und nicht darauf gewartet wird, dass diese Gutachten in der Baugenehmigung als Auflage formuliert werden.[6] Im vorliegenden Fall des Wasserschlosses Quilow wurde zum Beispiel von Bauherrn und Betreiber festgelegt, dass grundsätzlich erst einmal alle Zeitschichten, auch die aus der DDR-Zeit, als erhaltenswürdig eingestuft werden sollen. Kriterium für die Festlegung des Schutzgrades sollte demnach nicht nur das Alter, sondern auch der technische Erhaltungszustand und die Aussagekraft und Originalität der jeweiligen Bauteile sein. Diese Denkmalpflegerische Zielstellung war den Bauhistorikern bei der Erstellung des Schutzgutplans bekannt und konnte in die Aufstellung des Schutzgutplans einbezogen werden. Für den Schutzgutplan wurden ebenfalls drei Grade vorgegeben, in diesem Fall Grade des Denkmalwerts (Tabelle 2).

Ein vorläufiger Schutzgutplan sollte möglichst früh im Planungsprozess erstellt und allen Fachgutachtern zur Verfügung gestellt werden, da er auch die Bereiche kenntlich macht, in denen zerstörende Untersuchungen untersagt oder wenn unumgänglich nur nach Rücksprache oder sogar nur unter bauarchäologischer oder restauratorischer Begleitung mit minimalinvasiven Methoden vorzunehmen sind. Im konkreten Fall des Wasserschlosses Quilow wurden so etwa die Bereiche für Entnahme von Materialproben oder zerstörenden Untersuchungen für die Erstellung des Holzschutzgutachtens und der bauchemischen Analytik freigegeben.

Tabelle 2: Beispielhafte Legende für die Darstellung des Denkmalwertes von Bauteilen im Ergebnis der bauhistorischen Gutachten in drei Graden nach [6]

Denkmalwert	
	Rot: Erhaltenswert, hoher Denkmalwert, unveränderbar.
	Gelb: Diskussionswürdig, geringerer Denkmalwert, bedingt veränderbar
	Grün: ohne Denkmalwert, Entfernung oder Veränderung möglich.

Die Überlagerung des zusammengefassten Schadensplans und des Schutzgut- oder Bindungsplans ergibt die maßgebliche Übersichtsdarstellung, die Grundlage für das Maßnahmenkonzept, also den eigentlichen Entwurf zur Anpassung und Bespielung des Bestandes mit den vorgesehenen Nutzungen ist (Bild 5). Aus dieser vereinfac-

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

chenden und damit übersichtlichen - von uns „Ampelplan“ genannten - Darstellung können alle Beteiligten schnell die wesentlichen Rahmenbedingungen für die Planung im Denkmal ablesen (Bild 6). Veränderungen von Raumkonfigurationen oder die Schaffung aus Nutzungsgründen erforderlicher zusätzlicher Öffnungen können auf diese Weise möglichst in Bereiche verlegt werden, die entweder einen geringen Schutzgutstatus oder ohnehin einen so hohen Schadensgrad aufweisen, dass sie jedenfalls nicht in ihrer Originalsubstanz erhalten werden könnten. So sollen die notwendigen Eingriffe in die Substanz so gelenkt werden, dass der Zeugnis- und Denkmalwert des Objekts möglichst wenig geschmälert wird. Die gleichzeitige Darstellung von Schadensgrad und Denkmalwert in einem Grundlagenplan erlaubt darüber hinaus auch häufig einen in Bezug auf die Baukosten günstigeren Entwurf, da Veränderungen zum Beispiel vermehrt in Bereiche mit großem, technisch bedingtem Erneuerungsbedarf verlegt werden können.

Auf die gleiche Weise werden Installationstrassen für die technische Gebäudeausrüstung und die Anordnung von statischen Ertüchtigungsmaßnahmen wo möglich in Bereichen geführt, die einen minimalen Substanzverlust nach sich ziehen: Statt etwa Öffnungen für Steigestränge in *in situ* zu erhaltenden historischen Gewölben zu planen, können diese in Gewölbefeldern geplant werden, die aufgrund ihres hohen Schädigungsgrades ohnehin teilweise zu ersetzen sind. Die Planung wird auf diese Weise auch auf dieser Ebene denkmalgerecht und wirtschaftlich zugleich ausfallen. Die zunächst möglicherweise holzschnittartig anmutende Darstellungsweise des Planes erweist sich für den Planungsaltag als Vorteil, da die Reduktion auf die wesentlichen Aussagen die schnellere Lesbarkeit erlaubt und der Verweis auf die detailliertere Information des jeweiligen Fachgutachtens während der Planung präsent bleibt. Die Detailinformation des Fachgutachtens ist für die Detailplanung und Einzelfallentscheidung selbstverständlich weiterhin im Gutachten selbst nachzuschlagen.

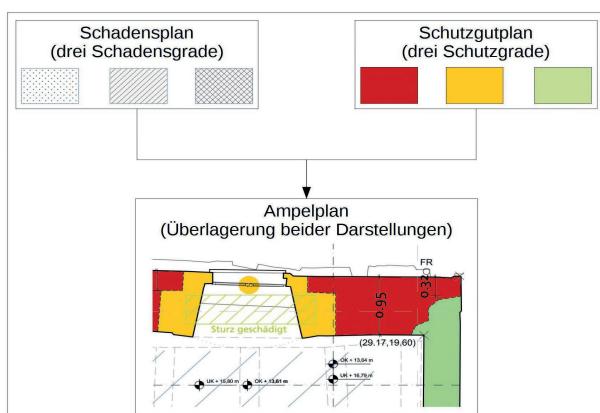


Bild 5: Schema zur Entwicklung des „Ampelplans“ als maßgeblicher Entwurfsgrundlage aus Schutzgutplan und Schadensplan.

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

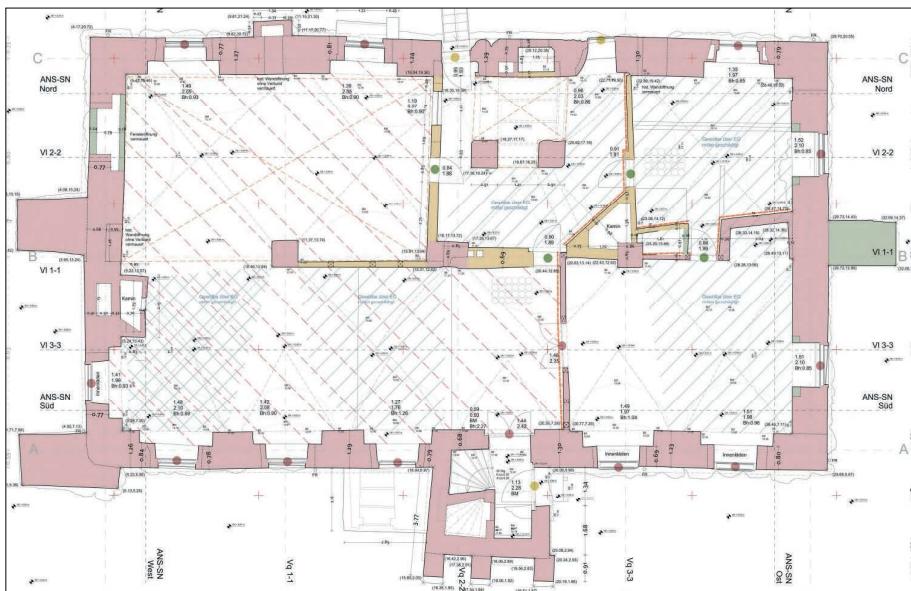


Bild 6: „Ampelplan“ des 1. Obergeschosses des Wasserschlosses Quilow mit vereinfachter Darstellung des Denkmalwertes in Farben und des Schadensgrades in Schraffuren

3.3 Bindungsfristen - Weiterarbeit mit dem Bestand

Im besonderen Fall des Wasserschlosses Quilow ist in der Konzeptfindung zu berücksichtigen, dass die bis 2002 mit Fördergeldern eingebauten Konstruktionen Bindungsfristen aufweisen, also eine Mindestfrist, innerhalb derer diese Konstruktionen dem Förderzweck entsprechend genutzt werden müssen. Dies bedeutet etwa für die massiven und in der Rückschau als unsensibel und überdimensioniert empfundenen stählernen Ertüchtigungskonstruktionen, dass diese nicht nur aus wirtschaftlichen, sondern auch aus förderrechtlichen Erwägungen nicht einfach rückgebaut werden können, sondern ihrem bestimmungsgemäßen Zweck entsprechend zu verwenden sind.

Neben dem denkmalpflegerischen Bindungsplan waren also im Fall des Wasserschlosses Quilow auch die förderrechtlichen Bindungsfristen bei der Konzeptfindung zu berücksichtigen. Dies führte aufgrund der bereits während der Sanierungsphase zum Ende des Jahrtausends geschaffenen Fakten zu einer Raumverteilung und Entwurfskonzeption, die wohl bei einer heutigen Planung auf dem überlieferten Bestand von 1993 ohne die jüngeren Maßnahmen nicht als zielführend angesehen worden wären.

A. Semmler, Nass, kalt und einsturzgefährdet: Ergebnis einer Sanierung im Bestand – Praxisbeispiel Wasserschloss Quilow

re. So führte unter anderem die Tatsache, dass in den Jahren bis 2002 eine gewaltige Stahlkonstruktion mit einer Auslegung für Verkehrslasten von 5 kN/m^2 im Dachgeschoss eingebaut worden ist, zu der Entwurfsentscheidung, das Dachgeschoss ebenfalls für die Unterbringung öffentlich zugänglicher Räume des Raumprogramms, unter anderem eines Arbeits- und Veranstaltungs- sowie eines Ausstellungsraums zu nutzen. Dies führt zwar auch zum Erfordernis eines baulichen Rettungsweges aus dem Dachgeschoss, der jedoch als externes, freistehendes und offenes Treppenhaus konzipiert auch als Rettungsweg für das darunterliegende Obergeschoss dienen kann. Durch die Anordnung und Ausführung in der Art eines externen Sicherheitstreppenhauses genügt dieses für beide Geschosse nach gültiger Bauordnung als einziger baulicher Rettungsweg. Die bauzeitliche, zu eng gewendelte, sehr ungleichmäßige und so nur unter erheblichem Substanzverlust als Rettungsweg zu qualifizierende Originaltreppe des Renaissance-Treppenturms kann stattdessen unverändert (im Wesentlichen optisch aufgearbeitet) erhalten werden (Bild 7). Wiederum lassen sich so wirtschaftliche Aspekte mit denen des Denkmalschutzes und hier weiterhin mit den Bindungsverpflichtungen in der jüngeren Vergangenheit investierter Fördermittel vereinen.



Bild 7: Aus der Bauzeit weitgehend unverändert erhaltenes Treppenhaus, das aber nach heutigen Aspekten nur mit erheblichen Anpassungen und Abweichungen den Anforderungen eines baulichen Rettungsweges näherungsweise entsprechen könnte.

4 Fazit

Für das sogenannte Wasserschloss Quilow, ein mit vergleichsweise wenig veränderter Bausubstanz überliefertes Festes Haus der Renaissance in Vorpommern, führten die Folgen einer segmentierten Planung bis zum Jahr 2002 zu einem nicht mehr zu nutzenden Gebäude, das ohne die gegen Ende der Baumaßnahmen eingefügte Hilfskonstruktionen einstürzen würde und dessen Gebäudehülle nicht einmal mehr die Grundfunktionen Trockenheit und Abgeschlossenheit erfüllen kann. Es folgten Jahre des Stillstands und der Ratlosigkeit für das Denkmal von nationalem Wert. Erst ein mit Hilfe, Geduld und Willen aller beteiligten Stellen aufgestelltes Förderkonzept bietet nun die Chance, das Begonnene noch zu einem guten Ende zu führen. Dabei soll aus den Fehlern gelernt werden und von vorneherein und durchgängig mit einem kombinierten Schutzbau- und Schadensplan gearbeitet werden, der auf einer breiten Grundlage neu ausgewerteter und neu erstellter technischer und bauhistorischer Fachgutachten erstellt wurde.

Literatur

- [1] Holst, J. (2015): aus Bauhistorische Untersuchungen für Dienstleistung Denkmal DD Gesellschaft von Architekten und Sachverständigen mbH: Baualtersplan Erdgeschoss, nicht veröffentlicht
- [2] Holst, J. (2002): Wasserschloss Quilow, Südfassade: Chronologische Analyse der Rissbilder, nicht veröffentlicht
- [3] Eckstein, G. (1999): Empfehlungen für Baudokumentationen. Bauaufnahme – Bauuntersuchung, Arbeitshefte des Landesdenkmalamtes Baden-Württemberg, Nr. 7, Konrad Theiss Verlag
- [4] Semmler, A. (2005): Das terrestrische Laserscanning als Dokumentationsmethode in Bauforschung und Denkmalpflege, in: DVW-Schriftenreihe Band 48, Wißner-Verlag
- [5] Cramer, J. und Breitling, S. (2007): Architektur im Bestand, Birkhäuser Verlag, S. 92
- [6] Bielefeld, B. und Wirths, M. (2010): Entwicklung und Durchführung von Bauprojekten im Bestand, Kapitel 3.10.9 Denkmalpflegerische Zielstellung und Maßnahmenkonzept, Vieweg+Teubner

(Leerseite)

Verbundabdichtungen in Innenräumen

Typische Probleme und Praxistipps

H.-H. Wetzel
Laboe

Zusammenfassung

Zur Abdichtung von Innenräumen werden schon seit vielen Jahren Abdichtungen im Verbund mit Fliesen und Platten – nachfolgend vereinfacht als „Verbundabdichtungen“ bezeichnet – eingesetzt. Ihr entscheidender Vorteil besteht darin, dass sie das Wasser dort ableiten, wo es anfällt. Aber es gibt auch typische Probleme, die immer wieder zu Diskussionen und gelegentlich sogar zu Irritationen führen.

Im Entwurf der neuen DIN 18534-3 „Abdichtungen in Innenräumen – Teil 3: Abdichtungen mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten“ findet man zwar erste Antworten, aber mitunter noch keine hinreichend praktikablen Lösungsvorschläge. Zu den typischen Problemen zählen z. B. das Bodengefälle, die Einhaltung der Trockenschichtdicke von flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen, die Ausbildung von Bewegungs- und Estrichrandfugen, die Abdichtung im Bereich von Dübelbefestigungen und die Reparierbarkeit. Hierbei macht es auch keinen Unterschied, ob sich der abzudichtende Innenraum in einem bestehenden Gebäude befindet oder Bestandteil eines geplanten Neubaus ist.

In diesem Beitrag werden diese Probleme nicht nur angesprochen, sondern es werden auch Tipps für die Praxis vorgestellt.

1 Einleitung

Warum haben die Abdichtungen von Innenräumen einen so hohen Stellenwert? Die Antwort ist einfach: Im Gegensatz zu Abdichtungen von z. B. genutzten und nicht genutzten Dachflächen hat die Beseitigung von Abdichtungsmängeln im Gebäudeinneren in aller Regel auch erhebliche Nutzungsbeeinträchtigungen oder gar Nutzungsausfälle zur Folge. Das betrifft nicht nur die Wohnungsbäder, sondern z. B. auch gewerblich genutzte Küchen oder die Wellness-Bereiche von Hotels.

Während sich bei der Sanierung gewerblich genutzter Küchen in der Regel die Produktion noch in Container-Notküchen aufrecht erhalten lässt, führt die Sanierung eines Wellness-Bereichs nicht selten zur vorübergehenden Schließung des gesamten Hotels. So wird einerseits von den Hotelgästen nicht nur die mit der Sanierung verbundene Lärmbelästigung als unzumutbar empfunden, sondern andererseits verlieren darauf ausgerichtete Hotels durch den Wegfall des Wellness-Bereichs einen ihrer Hauptanziehungspunkte. In derartigen Fällen ist damit zu rechnen, dass der mit der Schließung einhergehende Betriebsunterbrechungsschaden höhere Kosten nach sich zieht als diejenigen Kosten, die mit der eigentlichen Sanierung verbunden sind.

Grund genug, sich gerade mit den heute zunehmend verwendeten Verbundabdichtungen kritisch auseinanderzusetzen, ihre typischen Probleme aufzuzeigen und Vorschläge zu unterbreiten, wie man es besser machen kann.

2 Problem Nr. 1: Gefälle

In den zurzeit in Deutschland geltenden Gesetzen, Normen und Regelwerken gibt es sehr unterschiedliche Angaben zum Gefälle von Bodenflächen, welches bei Abdichtungen von Innenräumen vorzusehen ist. Entweder wird das Thema „Gefälle“ überhaupt nicht angesprochen oder es werden konkrete Mindest- und zum Teil auch Höchstwerte genannt.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass vielen Baubeteiligten diese „Gefälleregeln“ nicht immer vollständig bewusst sind. Hinzu kommt, dass nach dem im Dezember 2015 vorgestellten Entwurf der neuen Norm „Abdichtung von Innenräumen“ [1] das Thema „Gefälle“ so allgemein gehalten wird, dass dem Anwender dieser Norm die Risiken, die von einem unzureichenden Bodengefälle ausgehen können, nicht hinreichend vermittelt werden.

Fällt auf einer zu einem Innenraum gehörenden Bodenfläche planmäßig Wasser (Brauchwasser, Reinigungswasser etc.) an, dann gelangt dieses nur dann zügig zum Bodenablauf oder zur Bodenrinne, wenn der Boden über ein ausreichendes Gefälle verfügt. Diese bautechnische Selbstverständlichkeit gilt zunächst völlig unabhängig von der Abdichtungsart (Bild 1).

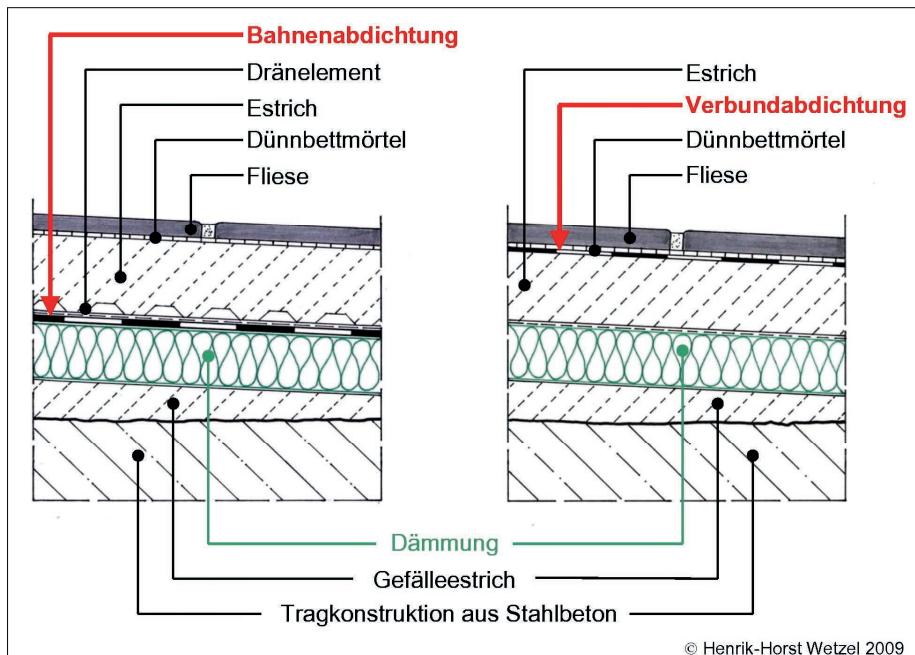


Bild 1: Gefälleausbildung bei Bahnen- und Verbundabdichtungen

In diesem Zusammenhang gibt es indes noch einen weiteren wichtigen Grund, welcher die Erfordernis eines Bodengefälles auslöst. So muss vermieden werden, dass Menschen, die sich auf solchen nassen Bodenflächen aufhalten, ausrutschen und dabei verletzen können. Und genau hierfür gibt es entsprechende Regeln, die zu einer Reduzierung dieser Unfallgefahr beitragen sollen.

Diese Regeln sind völlig unabhängig von abdichtungstechnischen und architektonischen Gesichtspunkten zu beachten.

Tabelle 1 ist zu entnehmen, welche zum Teil unterschiedlichen „Gefälleregeln“ zurzeit in Deutschland existieren. Eine ähnliche tabellarische Übersicht wurde auch im Januar 2016 in Leipzig vorgestellt [2].

Wie unterschiedlich in der Praxis mit diesen Regeln umgegangen wird, dokumentieren die auf den Bildern 2 bis 15 gezeigten und entsprechend kommentierten Beispiele.

Tabelle 1: Anforderungen an das Bodengefälle

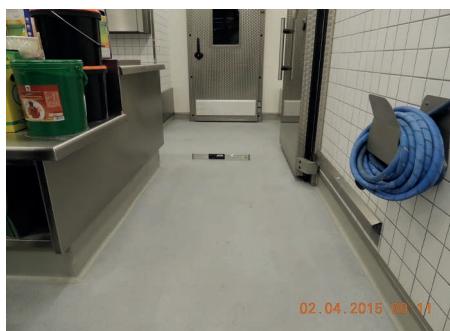
Gesetz / Regelwerk (chronologisch)	Anforderung an das Bodengefälle
DGUV-Regel 108-003 (vormals BGR 181) „Fußböden in Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr“, aktualisierte Fassung Oktober 2003 [3], Abschnitt 4	„Eine wirkungsvolle Entwässerung von Bodenflächen kann durch ausreichende Querneigung (mindestens 2 %) erzielt werden.“
DGUV-Regel 110-001 (vormals BGR 110) „Arbeiten in Gaststätten“, Ausgabe April 2007 [4], Abschnitt 3.2.2.3	„Fußböden müssen so ausgeführt sein, dass auf den Fußboden gelangte Flüssigkeit abgeführt wird. Dies kann durch leichtes Gefälle des Fußbodens ... erreicht werden. Empfohlen wird ein Gefälle des Fußbodens von 1 bis 1,5 %.“
DGUV-Regel 110-002 (vormals BGR 111) „Arbeiten in Küchenbetrieben“, Ausgabe Mai 2007 [5], Abschnitt 3.2.2.3	„Fußböden müssen so ausgeführt sein, dass auf den Fußboden gelangte Flüssigkeit abgeführt wird. Dies kann durch leichtes Gefälle des Fußbodens ... erreicht werden. Empfohlen wird ein Gefälle des Fußbodens von 1 bis 1,5 %.“
DGUV-Regel 110-004 (vormals BGR 112) „Arbeiten in Backbetrieben“, Ausgabe Dezember 2007 [6], Abschnitt 3.2.2.3	„Fußböden müssen so ausgeführt sein, dass auf den Fußboden gelangte Flüssigkeit abgeführt wird. Dies kann durch leichtes Gefälle des Fußbodens ... erreicht werden. Empfohlen wird ein Gefälle des Fußbodens von 1 bis 1,5 %.“
BEB-Merkblatt „Abdichtungsstoffe im Verbund mit Bodenbelägen“, Ausgabe August 2010 [7]	„Sofern ein Bodenablauf vorhanden ist, ist das notwendige Gefälle (in der Regel 1 - 3 %, abhängig von der Oberflächenstruktur des Bodenbelages) zu den Entwässerungssystemen im Untergrund anzuordnen.“
DIN EN 15288-1:2010-12 „Schwimmbäder – Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen an Planung und Bau“ [8], Abschnitt 5.5.2	Vermeidung von Wasseransammlungen in Barfußbereichen: „Die Neigung in Richtung der Abflüsse muss zwischen 2 % und 5 % betragen. Bei einem Gefälle > 3 % ist besonders auf die Rutschhemmung zu achten.“
DGUV-Regel 107-001 (vormals BGR/GUV-R 108) „Betrieb von Bädern“, aktualisierte Fassung Juni 2011 [9], Abschnitt 4.1.1	„Wasseransammlungen in Verkehrsbereichen sind zu vermeiden. Dies wird z. B. durch ausreichendes Bodengefälle (siehe Richtlinien für den Bäderbau des Koordinierungskreises Bäder (KOK-Richtlinien)) und Bodenabläufe nach DIN EN 1253 „Abläufe für Gebäude“ erreicht.“
DIN 18040-2:2011-09 „Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen - Teil 2: Wohnungen“ [10], Abschnitt 5.5.5	„Die Fläche des Duschplatzes kann in die Bewegungsfläche des Sanitärraums einbezogen werden, wenn <ul style="list-style-type: none"> - der Übergang zum Duschplatz bodengleich gestaltet ist; - die zur Entwässerung erforderliche Neigung max. 2 % beträgt.“
DIN 18195-5:2011-12 „Bauwerksabdichtungen – Teil 5: Abdichtungen ... in Nassräumen ...“ [11], Abschnitt 8.4.2	„Beträgt das Gefälle der Abdichtungsunterlage unter 2 %, sind mindestens zwei Lagen Polymerbitumenbahnen zu verwenden.“
ZDB-Merkblatt „Verbundabdichtungen“, Ausgabe August 2012 [12]	Keine Angaben!
ZDB-Merkblatt „Schwimmbadbau“, Ausgabe August 2012 [13]	„Bodenbeläge, die durch Feuchtigkeit hoch beansprucht werden, müssen mit Gefälle ausgebildet ... werden; Gefälle von > 5 % sind in Bereichen, die begangen werden, zu vermeiden (siehe hierzu das Merkblatt 25.07 der DGfD-B); ...“
Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR A1.5/1.2 „Fußböden“, Ausgabe Februar 2013 [14], Abschnitt 4.4	„Fußböden sollen ohne Neigung angelegt werden. Ausgenommen sind funktionelle Neigungen, z. B. zur Ableitung von Flüssigkeiten.“
Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR A1.5/1.2 „Fußböden“, Ausgabe Februar 2013 [14], Abschnitt 6.3	„Fließfähige Flüssigkeiten lassen sich beispielsweise durch ein ausreichendes Fußbodengefälle abführen (z. B. ein Gefälle von mindestens 2 Prozent bei Flüssigkeiten mit wasserähnlichen Eigenschaften). Das Ableiten von Flüssigkeiten über Verkehrswege ist nach Möglichkeit zu vermeiden.“
„KOK-Richtlinien für den Bäderbau“, 5. Auflage 2013 [15]	Duschen: „Mindestens 3 %“ Beckenumgang: „Mindestens 2 %“
DGUV-Information 207-006 (vormals GUV-I 8527) „Bodenbeläge für nassbelastete Barfußbereiche“, Ausgabe Juni 2015 [16], Abschnitt 3.2	Verweis auf das DGfD-B-Merkblatt R 25.07: Duschen: „3 %“ Beckenumgang: „Mindestens 2 %“ „Ausreichende Anzahl von Bodenabläufen“
DGfD-B-Richtlinie R 25.07 „Gefälleausbildung in Bodenbelägen von Schwimmbädern“, Ausgabe August 2015 [17], Abschnitt 4.1	Duschen: „3 %“ Umkleidebereiche: „2 %“ Beckenumgang: „Mindestens 2 %“ Zuschlag zur Rutschhemmung bei Quergefälle > 5%



Bilder 2 und 3: Bodenfläche in der Dusche eines öffentlichen Schwimmbads:
Statt des erforderlichen Gefälles von 3 % betrug das Bodengefälle nur 0,7 %.



Bilder 4 und 5: Bodenfläche in der Dusche des Saunabereichs eines Hotels:
Statt des erforderlichen Gefälles von 3 % betrug das Bodengefälle nur 1,2 %.



Bilder 6 und 7: Mit einer Beschichtung (keine Abdichtung!) versehene Bodenfläche
in der Großküche eines Bürogebäudes: Entgegen [5] und [7] wurde ein Gefälle weder
geplant noch ausgeführt.

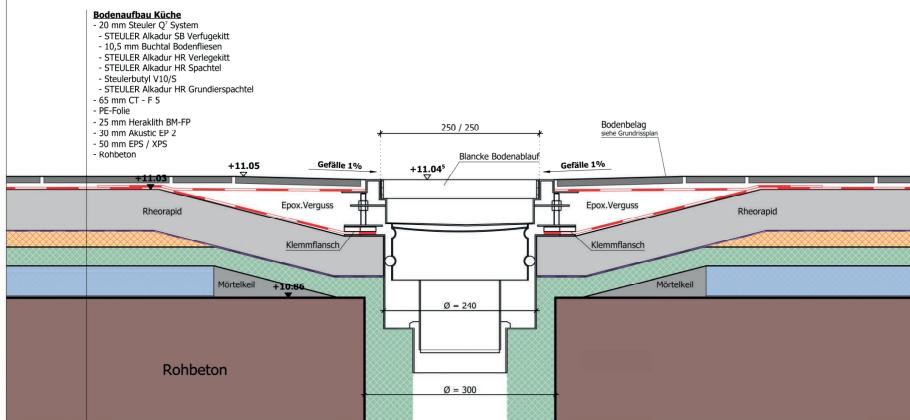


Bild 8: Ausführungsplanung eines Fußbodens in der Küche eines Hotels: Die nicht mit den geltenden Regeln für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Übereinstimmung stehende Planung eines nur im Nahbereich der Bodenabläufe angeordneten Gefälles beruht auf dem ausdrücklichen und entsprechend vertraglich vereinbarten Wunsch des Bauherrn. Vor dieser Vereinbarung wurde der Bauherr entsprechend beraten und aufgeklärt. Danach liegt es dann im alleinigen Verantwortungsbereich des Betreibers, Ausrutschunfälle aufgrund stehenden Wassers zu vermeiden. Auch die Gefälleausbildungen im Estrich stellen eine absolute Sonderkonstruktion dar.



Bilder 9 und 10: Zustand nach Einbau der Verbundabdichtung (hier: 2,0 mm dicke Butylkautschukbahn) im Bereich des Bodens und der Sockel und Zustand der Küche ca. zwei Jahre nach Inbetriebnahme



Bild 11: Über 350 m² großer, zu einer Waschkaue (Neubau) gehörender Duschbereich mit den bereits eingebauten Bodenrinnen vor Einbau des Verbundestrichs



Bilder 12 und 13: Fertiggestellte Bodenflächen der Waschkaue im Duschbereich mit ausreichendem Gefälle: Bei der Ausführung hielt man sich an die Regeln für nassbelastete Barfußbereiche, welche für Duschen ein Gefälle von mindestens 3 % fordern.



Bilder 14 und 15: An die Duschen der Waschkaue angrenzende, barfußbegangene Bodenflächen ohne Abläufe: Hier orientierte man sich an den Gefälle-Vorgaben, die für Beckenumgänge und Umkleidebereiche nassbelasteter Barfußbereiche gelten („mindestens 2 %“).

Bei bodengleichen Duschen geht es indes nicht nur darum, Ausrutschunfälle zu vermeiden, sondern es müssen auch die Anforderungen an eine ausreichende Entwässerung erfüllt werden.

Bild 16 zeigt einen Vorschlag zum Bau einer bodengleichen Dusche mit der aus DIN EN 1253 [18] stammenden Angabe der Stauhöhe $a \geq 20$ mm. Überträgt man diesen hilfsweise herangezogenen Wert auf die Höhenlage des Bodenablaufs oder der Bodenrinne, dann beträgt das Bodengefälle bei der auf Bild 16 dargestellten Anordnung der Bodenrinne und den heute üblichen Abmessungen von Duschen im Wohnungsbau von bis zu 1,00 m x 1,00 m „automatisch“ mehr als 2 % (Bilder 17 und 18).

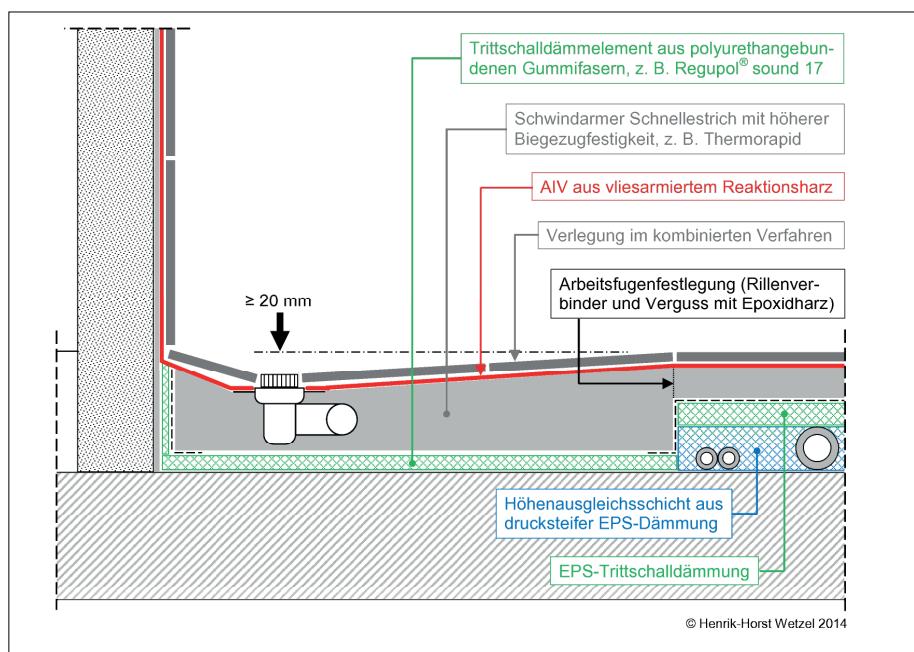


Bild 16: Prinzipskizze für den Bau einer bodengleichen Dusche mit einer Gefälleestrachvariante, bei der auf eine zusätzliche Bewegungsfuge zwischen schwimmendem Estrich und Gefälleestrach verzichtet werden kann [19]; Hinweis: Der hier dargestellte Gefälleestrach stellt eine von DIN 18560-1 [20] abweichende Sonderkonstruktion dar. Dieses wurde durch den Einsatz eines schwindarmen Schnellestrichs mit höherer Biegezugfestigkeit kompensiert.



Bilder 17 und 18: In [19] vorgestellte bodengleiche Dusche in einer Eigentumswohnung: Die Oberkante der Bodenrinne wurde unter hilfsweiser Heranziehung der aus DIN EN 1253 [18] stammenden Stauhöhe $a \geq 20$ mm unter der Oberkante Fußboden außerhalb der Duschfläche angeordnet. Das daraus resultierende Bodengefälle der 0,90 m breiten Dusche beträgt 2,8 %. Durch die gehämmerte Oberfläche der Feinsteinzeugfliesen innerhalb des Duschbereichs wird die in [16] geforderte Bewertungsgruppe B deutlich übertroffen.

Unfälle lassen sich nicht allein durch ein ausreichendes Bodengefälle vermeiden. Darauf fordern sowohl die GUV-Regel „Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr“ [3] als auch die „Technischen Regeln für Arbeitsstätten“ [14] für das sichere Begehen von Fußböden zusätzlich zum Gefälle weitere Schutzmaßnahmen gegen Ausrutschen. Zu diesen weiteren Schutzmaßnahmen zählen insbesondere geeignete Fußbodenbeläge, z. B. Beläge mit einer hohen Rutschhemmung oder einem zusätzlichen Verdrängungsraum.

Die in den beiden Regelwerken aufgelisteten, mehr als 160 Beispiele beinhalten neben den unterschiedlichsten Arbeitsräumen, Arbeitsbereichen und betrieblichen Verkehrswegen z. B. auch Eingangsbereiche und Treppen.

Hinsichtlich der jeweiligen Gefahren wird mit Bezug auf die Beläge zwischen den R-Gruppen (Bewertungsgruppe der Rutschgefahr) R 9 bis R 13 und den Bezeichnungen des Verdrängungsraums V 4 bis V 10 differenziert.

Analog zu den Arbeitsstätten reicht auch bei barfuß begangenen Nassbereichen allein das Bodengefälle noch nicht aus, um Unfälle zu vermeiden. In der DGUV Information 2007-006 „Bodenbeläge für nassbelastete Barfußbereiche“ [16], zu denen z. B. Bäder, Krankenhäuser sowie Umkleide-, Sanitär- und Duschräume von Sport- und Arbeitsstätten zählen, werden die jeweils infrage kommenden Bereiche entsprechend den unterschiedlichen Rutschgefahren den Bewertungsgruppen A, B oder C zugeordnet. Der nachfolgende Belag muss dann einer dieser Bewertungsgruppen entsprechen. Ergänzend wird in der DGUV Information 2007-006 noch auf Folgendes hingewiesen: *Werden Barfußbereiche planmäßig auch mit Schuhwerk begangen, sind zusätzlich die Anforderungen nach der ASR A1.5/1.2 zu beachten.*“

Praxistipps:

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es bezüglich des ordnungsgemäßen Bodengefälles für Arbeitsstätten sowie für nassbelastete Barfußbereiche in den aktuellen Gesetzen, Normen und Regelwerken eine Vielzahl von Vorgaben bzw. Empfehlungen gibt. Leider findet man hier bezüglich des einzuhaltenden Gefälles zurzeit zum Teil noch widersprüchliche Aussagen. Solche Widersprüche sollten zukünftig vermieden werden.

Die u. a. für Bäder, Krankenhäuser sowie Umkleide-, Sanitär- und Duschräume von Sport- und Arbeitsstätten geltenden Anforderungen an das Bodengefälle nassbelasteter Barfußbereiche sind nach diesseitiger Auffassung auch bei den Bodenflächen und den Belägen bodengleicher Duschen im Wohnungsbau anzuwenden. Warum sollten hier andere Anforderungen gegen Ausrutschen und an die Trittsicherheit bestehen als beispielsweise bei einem Duschraum einer Sport- oder Arbeitsstätte?

Bild 19 enthält auf den aktuellen (!) Regelungen basierende Vorschläge für die Größe des jeweils zu realisierenden Bodengefälles. In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, dass sich diese Empfehlungen natürlich nur dann realisieren lassen, wenn auch rechtzeitig (!) eine ausreichende Konstruktionshöhe des Fußbodens geplant wurde. Diese wird zusätzlich durch die Anzahl, die technisch sinnvolle Anordnung und von der Konstruktionshöhe der einzubauenden genormten Bodenabläufe oder Bodenrinnen mitbestimmt.

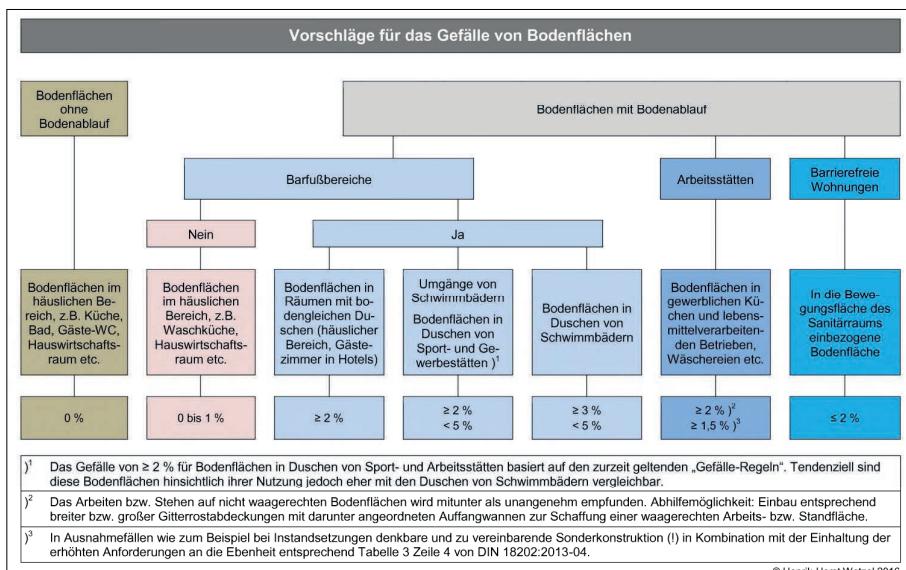


Bild 19: Vorschläge für das Gefälle von Bodenflächen [21]

3 Problem Nr. 2: Einhaltung der Mindesttrockenschichtdicke

Systembedingt ist bei den meisten auf dem Markt verwendeten flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen die Schichtdicke von der besonderen Sorgfalt der Ausführung abhängig. Die in der neuen Norm [22] vorgesehenen „Verbrauchsmengenkontrollen“ stellen nach meiner Erfahrung kein brauchbares Instrument zur Prüfung der Schichtdickeineinhaltung dar. Gleches gilt für die Herstellung einer „Referenzprobe auf gleicher Unterlage“. Eher geeignet sind da schon die „Nassschichtdickenmessungen“, die hinsichtlich ihrer Anzahl und Verteilung objektbezogen zu präzisieren sind, oder die Entnahme von Proben nach Durchtrocknung [23] (Bilder 20 bis 24).



Bild 20: Aus einer mineralischen Dichtschlämme bestehende Verbundabdichtung in den zu den Umkleidereichen gehörenden Duschen einer Schiffswerft: Schichtdickenschwankungen zwischen 0,3 mm und 4,0 mm. Zum Vergleich: Die erforderliche Mindesttrockenschichtdicke gemäß ZDB-Merkblatt u. a. beträgt 2,0 mm.



Bilder 21 und 22: Wie vor, jedoch mit Hervorhebung der geringsten und der größten Trockenschichtdicke

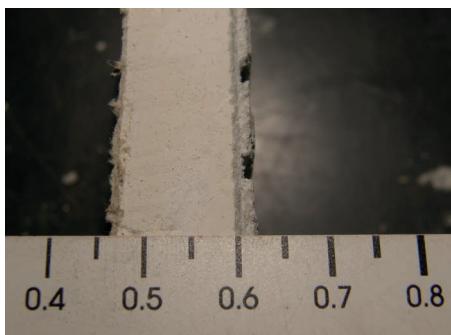


Bild 23: Aus einer mineralischen Dichtschlämme bestehende Verbundabdichtung in der Dusche eines Fitness-Centers: Nahezu konstante Trockenschichtdicke von 0,6 mm statt der erforderlichen 2,0 mm

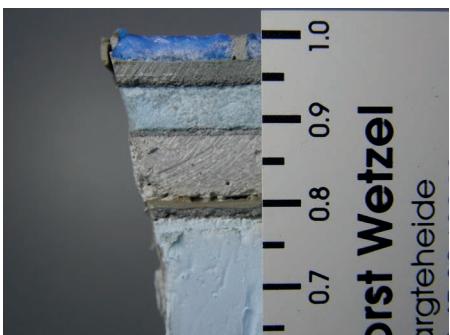
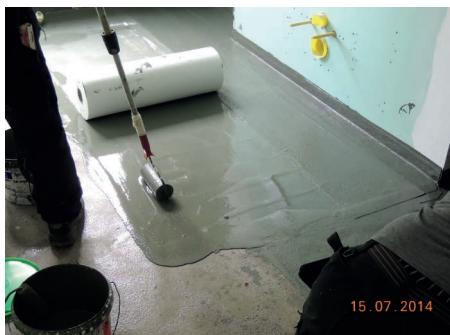


Bild 24: Aus einer Reaktionsharzabdichtung bestehende Verbundabdichtung im Saunabereich eines Hotels: Trockenschichtdicke von 0,8 mm statt der erforderlichen 1,0 mm

Bei vliestarmierten Reaktionsharz-Verbundabdichtungen (Bild 25) bedarf es nach diesseitiger Auffassung dagegen weder einer Kontrolle der Verbrauchsmengen noch der Entnahme von Proben nach Durchtrocknung. Nassschichtdickenmessungen sind aufgrund der Vlieseinbettung ohnehin nicht durchführbar. Werden bei diesen Systemen die Verbrauchsmengen nicht eingehalten, erkennt man das mit bloßem Auge an der sich an der Oberfläche abzeichnenden, nicht ausreichend eingebetteten Vlieseinlage. Wurde das Vlies jedoch ausreichend eingebettet, ist die Mindest-Trockenschichtdicke von z. B. 2,0 mm systembedingt eingehalten (Bild 26).



15.07.2014



16.07.2014

Bilder 25 und 26: Einbau der vliesarmierten Reaktionsharzabdichtung Kemperol 2K-PUR in einem Wohnungsbad mit bodengleicher Dusche

Praxistipps:

Basierend auf den zuvor vorgestellten Problemen können mit Bezug auf die Einhaltung der erforderlichen Trockenschichtdicke flüssig zu verarbeitender Verbundabdichtungen nachstehende Empfehlungen unterbreitet werden:

- Art und Umfang der bei flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen durchzuführenden Schichtdickenkontrollen sind durch den ausschreibenden Architekten oder Bauingenieur zu planen bzw. konkret auszuschreiben.
- Im Zuge der späteren Objektüberwachung sind die Schichtdickenkontrollen durch den zuständigen Objektüberwacher entsprechend zu dokumentieren.
- Durch den Einsatz vliesarmerter, flüssig aufzubringender Verbundabdichtungen, die sich beispielsweise als sog. Flüssigkunststoff-Abdichtungen bei der Abdichtung genutzter und nicht genutzter Dächer längst bewährt haben, lässt sich das Problem der Schichtdickenunterschreitung perfekt lösen. So kann man nach diesseitiger Auffassung bei der hier vorgestellten vliesarmierten Reaktionsharzabdichtung sogar auf Schichtdickenkontrollen verzichten, da bereits die Sichtkontrolle ausreicht.
- Alternativ besteht die Möglichkeit, bahnenförmige Abdichtungen aus 2 mm dicken Butylkautschukbahnen wie zum Beispiel das Steuler Q⁷ System (Bilder 8 und 9) einzusetzen. Diese hochwertige Abdichtung wird aber zurzeit nicht durch E DIN 18534-5 [24] erfasst.

4 Problem Nr. 3: Bewegungs- und Estrichrandfugen

Im Bereich der Bewegungsfuge zwischen schwimmendem Estrich und aufgehenden Bauteilen werden in der Regel Dichtbänder eingelegt (Bild 27). Bei diesen Dichtbändern handelte es sich früher fast ausnahmslos um einfache dünne Folien mit freiliegenden Vlies- oder Geweberändern zur Einbettung in die flüssig aufzubringende Abdichtung (Bild 28).

Die heutige Dichtband-Generation besteht in der Regel aus teil- oder vollflächig mit Vlies kaschierten, einseitig dehnbaren Dichtbändern (Bild 29). Die Dicke der Folie, die sich zwischen den beiden Vliesten der vlieskaschierten Dichtbänder befindet, ist mit rund 0,2 mm allerdings ebenfalls vergleichsweise dünn und damit entsprechend verletzungsanfällig.

Mitunter kommen auch Butylbänder zum Einsatz, die teil- oder vollflächig in die Verbundabdichtung eingebettet werden.

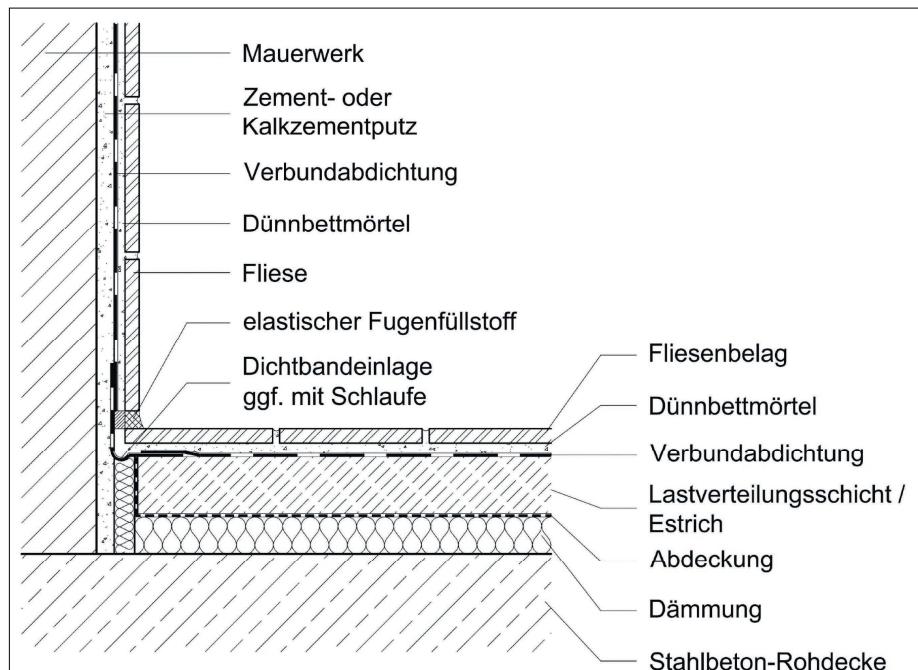
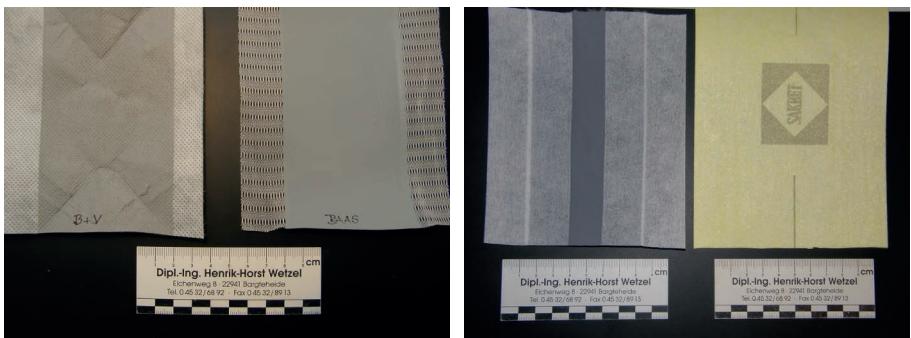


Bild 27: Wandanschluss gemäß ZDB-Merkblatt [12]



Bilder 28 und 29: Früher übliche Dichtbänder mit außenliegenden Geweberändern (linkes Bild) und Beispiele aktueller Dichtbänder (rechtes Bild)

Das in die Verbundabdichtung eingearbeitete Dichtband ist bei der im ZDB-Merkblatt skizzierten und heute auch praktizierten Anordnung einem viel zu hohen Beschädigungsrisiko ausgesetzt. So kann es beim Herausschneiden der elastischen Fugenfüllung (= Wartungsfuge!) sehr leicht passieren, dass mit dem Messer zugleich das vergleichsweise dünne Dichtband durchtrennt wird (Bilder 30 bis 32), und zwar unabhängig davon, ob das Dichtband nur an seinen Rändern in die Abdichtung eingebettet ist oder als Unterlage für die Abdichtung dient. Von einer derartigen Ausführung rate ich daher schon seit vielen Jahren ab [23].

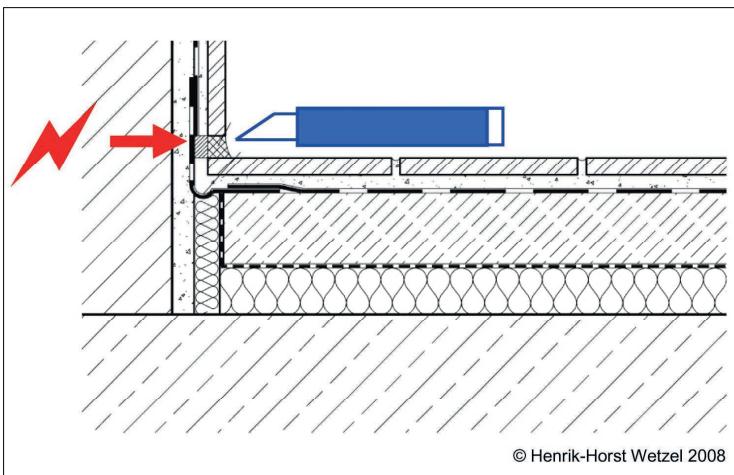


Bild 30: Beschädigungsgefahr für das Dichtband bei der Ausbildung der Estrichrandfuge gemäß ZDB-Merkblatt



Bild 31: Ausschneidevorgang mit aus Demonstrationsgründen zuvor entfernter Fliese (Eigenversuch).



Bild 32: Trotz behutsamen Herausschneidens durchtrenntes Dichtband (Eigenversuch)

Hierzu ist in Abschnitt 9.3 des Entwurfs von DIN 18534-3 [22] nun folgender Hinweis enthalten: „*Beim Austausch von Fugendichtstoffen ist sicherzustellen, dass die darunterliegende Abdichtung einschließlich der Dichtbänder oder Verstärkungen nicht beschädigt wird.*“

Eine Möglichkeit der im Normentwurf nicht weiter thematisierten Sicherstellung besteht im Einbau von „Schutzstreifen oder Zulagen“ [1]. So hat sich der Einbau starrer Schutzprofile (Bild 33) in Verbindung mit liegend eingebauten Hohlkehlfliesen (Bilder 34 und 35) und/oder bei fehlenden Anforderungen an den Trittschallschutz (Bild 36) in der Vergangenheit sehr gut bewährt.

Da im Wohnungsbau Hohlkehlfliesen zur absoluten Ausnahme gehören, sind die Hersteller gefordert, geeignete und körperschallbrückenarme Zulagen in ihr Zubehörprogramm mit aufzunehmen.

Während es bereits seit einigen Monaten schiffsfeste Dichtbänder für den Einbau von Dusch- und Badewannen gibt (Bilder 37 und 38), wird seit kurzem auch ein entsprechender Dichtbandschutz angeboten. Dieser basiert auf einem nichtrostenden Drahtgeflecht als Rollenware und wird in den Dünnbettmörtel eingebettet, nachdem Verbundabdichtung inklusive Dichtband eingebaut wurden (Bilder 39 und 40).

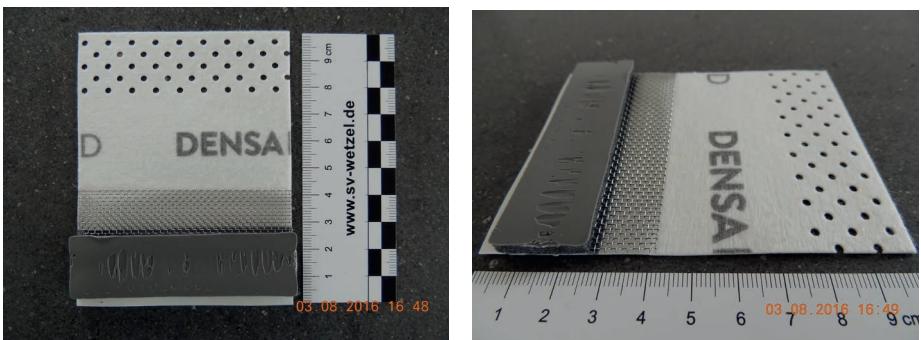
Der entscheidende Vorteil dieses Dichtbandschutzes gegenüber dem Schutzstreifen entsprechend Bild 33 besteht nicht nur im einfacheren Handling, sondern auch in der geringen Materialdicke mit der Folge, dass es keiner Hohlkehlfliesen und keiner Ausnehmungen mehr bedarf.



Bilder 33 und 34: Vorschlag für den Einbau einer Verbundabdichtung inklusive Schutzstreifen im Anschluss an aufgehende Wände (linkes Bild; aus [23]) und daran angelehnte Ausführungsplanung des Architekten



Bilder 35 und 36: Beispiele eines eingebauten Schutzstreifens in Verbindung mit einem schwimmenden Estrich (linkes Bild; © Architekt 2011) und eines Schutzwinkels in Verbindung mit einem Verbundestrich (rechtes Bild)



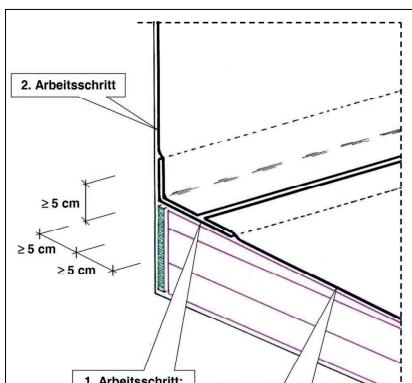
Bilder 37 und 38: Schnittfestes Schallschutz-Wannendichtband der SANITÄRWERKE GmbH



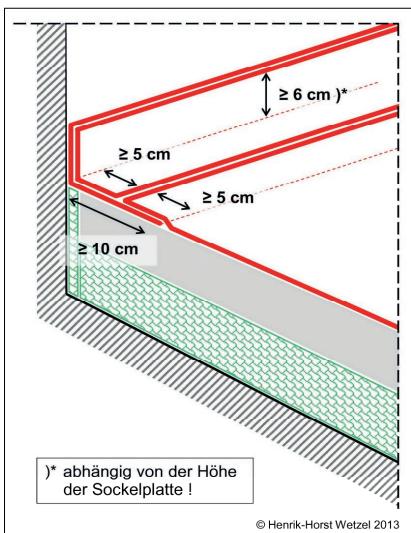
Bilder 39 und 40: Dichtschutz der SANITÄRWERKE GmbH zur Einbettung in den Dünnbettmörtel (Hinweis: Die Bilder zeigen ein vorläufiges Muster, da die Markteinführung erst nach Redaktionsschluss erfolgte.)

Bei den vliestarmierten Reaktionsharzabdichtungen werden keine Dichtbandeinlagen benötigt, sondern die Abdichtung wird im Bereich der Bewegungsfuge durch das Einbetten eines weiteren Vlieses verstärkt (Bilder 41 bis 44). Diese so verstärkte Abdichtung lässt sich nicht so schnell unbeabsichtigt durchtrennen wie die dünnen, beschädigungsanfälligen Dichtbandeinlagen. Gleichwohl sollte auch hier über den zusätzlichen Einbau des zuvor vorgestellten neuen Dichtschutzes aus nichtrostendem Drahtgeflecht nachgedacht werden.

Bei der Abdichtung aus 2 mm dicken Butylkautschukbahnen ist die Beschädigungsgefahr sehr gering, denn die ununterbrochen an der Wand hoch geführte Bahnenabdichtung befindet sich unter der im Mittel 2 mm dicken Schutz- und Ausgleichsschicht. Diese schützt die darunter bzw. dahinter befindliche Dichtbahn nachhaltig.



Bilder 41 und 42: Einbau von Verstärkungseinlagen einer vliestarmierten Reaktionsharzabdichtung im Bereich von Estrichrandfugen im Umkleidebereich einer Werft



Bilder 43 und 44: Einbau von Verstärkungseinlagen einer vliesarmierten Reaktionsharzabdichtung im Bereich von Wandabschnitten bei indirekter Beanspruchung des Bodens in einem Wohnungsbau

Praxistipps:

- Vorrangiges Ziel sollte es sein, die Anzahl von zu wartenden Bewegungsfugen so weit wie möglich zu reduzieren. Unter diesem Gesichtspunkt bietet z. B. die auf Bild 16 vorgestellte Bauart bei bodengleichen Duschen entscheidende Vorteile.
- Kommen Verbundabdichtungen mit verletzungsgefährdeten Dichtbandeinlagen zum Einsatz, dann sollten diese Dichtbänder immer zusätzlich geschützt werden, z. B. durch sog. Schutzprofile oder den neuen Dichtschutz aus nichtrostendem Drahtgeflecht. Der Einbau von Schutzprofilen darf nicht zu einer Beeinträchtigung des Trittschallschutzes führen.
- Vliesarmierte Reaktionsharzabdichtungen bieten zwar auch hier entscheidende Vorteile, da sie nicht auf Dichtbandeinlagen angewiesen sind, sondern Verstärkungseinlagen erhalten („Stärkung statt Schwächung“ [23]). Gleichwohl empfiehlt sich auch hier der Einbau des neuen Dichtschutzes aus nichtrostendem Drahtgeflecht.

5 Problem Nr. 4: Dübelbefestigungen

Die Hinweise, die das ZDB-Merkblatt [12] zur Abdichtung im Bereich von Dübelbefestigungen enthält, lauten lediglich: „Zur Befestigung von Sanitäreinrichtungen sind Maßnahmen zu ergreifen, die die Verbundabdichtung nicht beschädigen bzw. die abdichtende Eigenschaft nicht beeinträchtigen.“

Und in Abschnitt 9.4 des Entwurfs von DIN 18534-3 [22] wird angemerkt: „In Einzelfällen unvermeidbare nachträgliche Bohrungen durch die AIV-F sind durch besondere Maßnahmen, z. B. Verschluss mit Reaktionsharz, dauerhaft wasserdicht zu verschließen.“

Die gängige Praxis bei Vorliegen der mäßigen Beanspruchung (zukünftig Wassereinwirkungsklasse W1-I) wie z. B. einer Wand in der Dusche eines Wohnungsbads sieht dann in der Regel so aus, dass noch nicht einmal der Dübel unter Einsatz einer elastischen Fugenmasse eingebaut wird, sondern dass die elastische Fugenmasse nur zwischen Fliese und Sanitäreinrichtung angeordnet wird. Auch wenn man mit dieser Maßnahme das Loch in der Verbundabdichtung und die somit beschädigte Verbundabdichtung gar nicht erreicht, sind mir aus der Praxis bisher keine Schäden bekannt. Das dürfte daran liegen, dass das Brauchwasser bei Wänden so schnell abläuft, dass es die hinter der Fliesenbekleidung angeordnete Verbundabdichtung erst gar nicht erreicht. Schäden entstehen nachweislich allerdings dann, wenn überhaupt keine elastische Fugenmasse zwischen Fliese und Sanitäreinrichtung zum Einsatz kommt (Bilder 45 und 46).



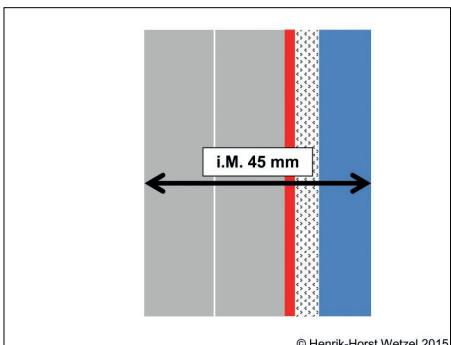
Bilder 45 und 46: Zusätzlich an der Wand mit Schraubdübeln fixierte Küchenmaschine in der Küche eines Bürogebäudes: Im Bereich der Kunststoffdübel, die noch dazu nicht bündig mit der Fliesenbekleidung abschlossen, hatte man auf zusätzliche „abdichtende“ Maßnahmen verzichtet. Im Rahmen eines Wasserbelastungsversuchs konnte nachgewiesen werden, dass Wasser in die Trockenbauwand eindringt.

Die Empfehlung, bei Vorliegen der hohen Beanspruchung Reaktionsharz-Verbundanker einzusetzen, scheitert häufig an dem zu großen Durchmesser der zugehörigen Ge- windestähle und dürfte demzufolge der Befestigung schwerer Gegenstände in massiven Wänden vorbehalten bleiben.

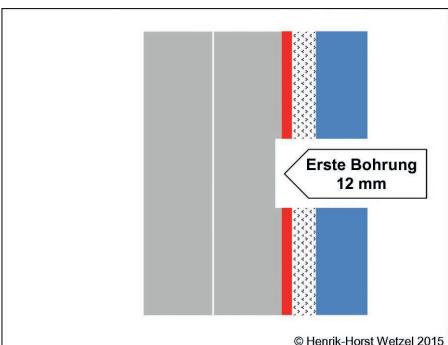
Praxistipp:

Die hier beschriebenen Vorgehensweisen sind technisch unbefriedigend. Da es (noch) keine in sich dichten Spezialdübel auf dem Markt gibt und auch die Systemanbieter von Verbundabdichtungen keine Systemlösungen anbieten, müssen andere Wege gefunden werden. So wurde kürzlich für die hoch beanspruchten Wände (zukünftig Wassereinwirkungsklasse W2-I) im Wellness-Bereich eines Hotels, bei dem zuvor eingesetzte Klebeverbindungen wiederholt versagt hatten, folgender Vorschlag für den Einbau von Dübeln mit einem Durchmesser von 6 mm bei zweifach mit zementgebundenen Bauplatten beplankten Wänden (Bild 47) erfolgreich praktiziert [25]:

- Herstellung einer ersten, nicht durchgängigen Bohrung mit einem Durchmesser von 12 mm im Bereich Fliese, Dünnbettmörtel, Verbundabdichtung und der Oberfläche (!) der äußereren, zementgebundenen Bauplatte entsprechend Bild 48. Hierzu sind, je nach Bekleidungsmaterial (keramische Fliesen, Feinsteinzeugfliesen) geeignete Bohrer zu verwenden. In dem hier gezeigten Beispiel (Bekleidung aus 10 mm dicken Feinsteinzeugfliesen) kam eine Diamant-Fliesen-Trockenbohrkrone zum Einsatz (Bild 49).
- Anschließend mittig anzusetzende durchgängige Bohrung mit einem Durchmesser von 6 mm (Bild 50). Hierbei darf ausschließlich ohne Einsatz der Schlagbohrfunktion gebohrt werden, da anderenfalls die hintere zementgebundene Bauplatte an ihrer Rückseite ausbricht.
- Gründliche Säuberung des Bohrlochs mit Druckluft oder Staubsauger
- Verfüllung des Bohrlochs mit einem hochwertigen, auch auf das Produkt der Verbundabdichtung abgestimmten elastischen Klebstoff (Bilder 51 und 52)
- Einführen eines Polyamid-Hohlraumdübels (lange Bauform; z. B. Tox Tetrafix XL 6/65 mm) inklusive großer Unterlegscheibe M6 (8,4 x 24,0 x 2,0 mm) DIN 9021 A4 (Bild 53) in den noch frischen Klebstoff (Bilder 54 und 55).
- Sollte beim Einführen des Dübels Klebstoff nach hinten gedrückt werden, ist dieser so zu ergänzen, dass er seitlich aus der Unterlegscheibe herausquillt (Bilder 56 bis 58).
- Vor der Montage der Sanitäreinrichtung zusätzlich elastische Fugenmasse in den Dübel und auf die Unterlegscheibe geben, damit auch die Schraube abgedichtet wird.
- Bei der Wahl der Schrauben (A4, Ø 4,5 mm) muss die Dicke des zu befestigenden Gegenstands zu dem Ausgangsmaß (hier: 70 mm) hinzugerechnet werden, damit die Schraube zur Erzielung des Knotens die sog. Dübelmutter sicher erreicht.



© Henrik-Horst Wetzel 2015

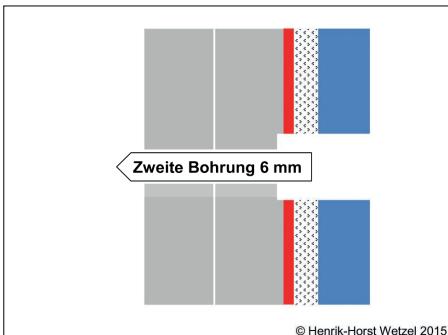


© Henrik-Horst Wetzel 2015

Bilder 47 und 48: Wandaufbau (Ausgangssituation), bestehend aus zwei Lagen zementgebundener Bauplatten, mineralischer Dichtschlämme, Dünnbettmörtel und 10 mm dicken Feinsteinzeugfliesen und erste Bohrung mit 12 mm Durchmesser

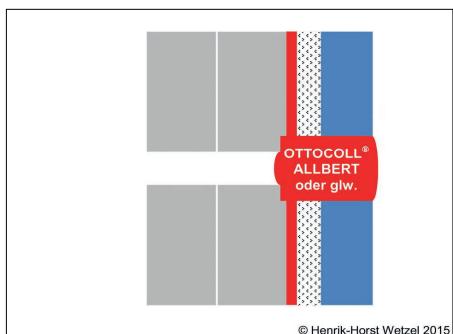


09.11.2015 10.17



© Henrik-Horst Wetzel 2015

Bilder 49 und 50: Für die erste Bohrung kam eine Diamant-Fliesen-Trockenbohrkrone zum Einsatz. Für die zweite Bohrung reichte ein normaler, für mineralische Untergründe geeigneter Bohrer.



© Henrik-Horst Wetzel 2015

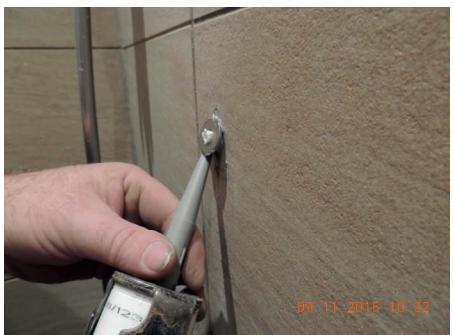


09.11.2015 10.29

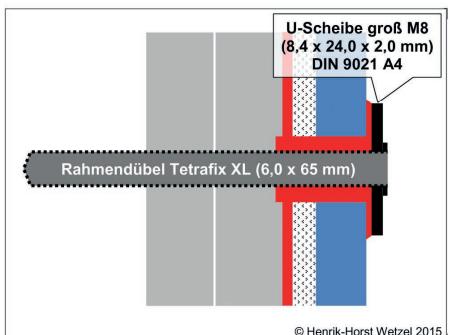
Bilder 51 und 52: Verfüllung des äußeren Bohrlochs mit elastischer Fugenmasse



Bilder 53 und 54: Details des RahmendüBELS und der Unterlegscheibe sowie des anschließenden Einbaus (1)



Bilder 55 und 56: Einbau des RahmendüBELS (2) und Ergänzung des fehlenden Dichtstoffs



Bilder 57 und 58: Fertig eingebauter RahmendüBEL

Diese Sonderkonstruktion hat gegenüber der oben beschriebenen, heute in der Regel praktizierten Vorgehensweise den Vorteil, dass es keine Unterbrechung der Dicthebenen gibt. Selbst wenn man einwendet, dass die elastische Fugenmasse ja nur die Stirnfläche der durchbohrten Verbundabdichtung erreicht, ist das immer noch mehr, als wenn man die Fugenmasse nur zwischen Fliese und Sanitäreinrichtung anordnet.

Literatur

- [1] E DIN 18534-1:2015-07: Abdichtung von Innenräumen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- [2] Wetzel, Henrik-Horst: Abdichtungen von Innenräumen – Typische Probleme und Lösungsvorschläge, Vortrag anlässlich des 11. Leipziger Abdichtungsseminars am 26. Januar 2016 (Handout)
- [3] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV; Herausgeber): DGUV-Regel 108-003 (vormals BGR 181) „Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr“, aktualisierte Fassung Oktober 2003
- [4] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV; Herausgeber): DGUV-Regel 110-001 (vormals BGR 110) „Arbeiten in Gaststätten“, Ausgabe April 2007
- [5] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV; Herausgeber): DGUV-Regel 110-002 (vormals BGR 111) „Arbeiten in Küchenbetrieben“, Ausgabe Mai 2007
- [6] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV; Herausgeber): DGUV-Regel 110-004 (vormals BGR 112) „Arbeiten in Backbetrieben“, Ausgabe Dezember 2007
- [7] Bundesverband Estrich und Belag e. V. (BEB, Herausgeber): Abdichtungsstoffe im Verbund mit Bodenbelägen (Arbeitsrichtlinie), Stand August 2010
- [8] DIN EN 15288-1:2010-12: Schwimmbäder
- [9] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV, Herausgeber): DGUV-Regel 107-001 (vormals BGR/GUV-R 108) „Betrieb von Bädern“, Ausgabe Juni 2011
- [10] DIN 18040-2:2011-09: Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen – Teil 2: Wohnungen
- [11] DIN 18195-5:2011-12: Bauwerksabdichtungen – Teil 5: Abdichtungen gegen nicht drückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen, Bemessung und Ausführung
- [12] Zentralverband Deutsches Baugewerbe (Herausgeber): ZDB-Merkblatt „Verbundabdichtungen – Hinweise für die Ausführung von flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten für den Innen- und Außenbereich“, Ausgabe August 2012

- [13] Zentralverband Deutsches Baugewerbe (Herausgeber): ZDB-Merkblatt „Schwimmbadbau - Hinweise für Planung und Ausführung keramischer Beläge im Schwimmbadbau“, Ausgabe August 2012
- [14] Ausschuss für Arbeitsstätten / Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR A1.5/1.2 „Fußböden“, Ausgabe Februar 2013
- [15] Koordinierungskreis BÄDER (Herausgeber): Richtlinien für den Bäderbau, 5. durchgesehene und ergänzte Auflage 2013
- [16] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV; Herausgeber): DGUV-Information 207-006 (vormals GUV-I 8527) „Bodenbeläge für nassbelastete Barfußbereiche“, Ausgabe Juni 2015
- [17] Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V. (Herausgeber): DGfD-Merkblatt R 25.07 „Gefälleausbildung in Bodenbelägen von Schwimmbädern“, Ausgabe August 2015
- [18] DIN EN 1253-1:2003-09: Abläufe für Gebäude – Teil 1: Anforderungen; Norm wurde nach [19] zurückgezogen und ersetzt durch: DIN EN 1253-1:2015-03: Abläufe für Gebäude – Teil 1: Bodenabläufe mit Geruchsverschluss mit einer Geruchsverschlusshöhe von mindestens 50 mm
- [19] Wetzel, Henrik-Horst und Focke, Klaus: Bodengleiche Duschen in Wohnungsbädern – Voll im Trend, aber noch nicht perfekt gelöst, Fachzeitschrift „Der Bausachverständige“, Heft 4, August 2014
- [20] DIN 18560-1:2015-11: Estriche im Bauwesen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung
- [21] Wetzel, Henrik-Horst: Aquaplaning in Innenräumen – Anmerkungen zum Bodengefälle bei Abdichtungen von Innenräumen, Fachzeitschrift „Der Bausachverständige“, Heft 3, Juni 2016
- [22] E DIN 18534-3:2015-07: Abdichtung von Innenräumen – Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-F)
- [23] Wetzel, Henrik-Horst: Verbundabdichtungen in Nassräumen – Vor- und Nachteile – Erfahrungen aus der Praxis, Vortrag anlässlich des 5. Leipziger Abdichtungsseminars am 19. Januar 2010 (Handout)
- [24] E DIN 18534-5:2016-06: Abdichtung von Innenräumen – Teil 5: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen oder Platten
- [25] Wetzel, Henrik-Horst: Durchbohrt und trotzdem dicht – Tipps für die Ausführung von Dübelbefestigungen bei Verbundabdichtungen, Fachzeitschrift „Der Bausachverständige“, Heft 4, August 2016.

(Leerseite)

"Land unter?" - Wesentliche Aspekte bei der Planung bodengleicher Duschen in Wohnungsbädern

J. Bredemeyer
Berlin

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der allgemein gestiegenen Bedeutung von Barrierefreiheit, aber auch aus Gründen von Komfort und Ästhetik finden bodengleiche geflieste Duschen in Wohnungsbädern seit Jahren zunehmende Verbreitung. Vor dem Hintergrund wiederkehrender Schäden und Beanstandungen werden im vorliegenden Beitrag exemplarisch zwei wesentliche Aspekte bei der Planung derartiger Duschen betrachtet. Dies betrifft zum einen die heute in aller Regel unmittelbar im Verbund mit dem Fliesenbelag ausgeführte Abdichtung (Verbundabdichtung; AIV). So können hier Ablaufkonstruktionen nicht mit konventionellen installationstechnischen Verbindungen an eine Duschwanne, sondern müssen unmittelbar an eine Bauwerksabdichtung – heute in aller Regel an eine Verbundabdichtung (AIV) – angeschlossen werden. Die neue DIN 18534 „Abdichtung von Innenräumen“ [1] enthält zu dieser wichtigen Schnittstelle zwischen Abdichtungssystem und Einbauteil Anforderungen insbesondere auch an Abläufe und Rinnen, die bereits im Rahmen der Planung zu beachten sind.

Zum anderen kommt es in derartigen Bädern bei Verzicht auf geschlossene Duschkabinen häufig zu Beanstandungen aufgrund von „Überflutung“ der Fußbodenflächen. Daher sollte im Rahmen der Planung – im Mietwohnungsbereich idealerweise unter Einbeziehung der späteren Nutzer – zunächst unbedingt der Nutzungscharakter des Bades festgelegt werden: Barrierefrei nach DIN 18040-2 [2]? Oder „häuslicher Wellnessbereich“ mit Schwerpunkt auf Komfort und Ästhetik? Oder „irgendetwas dazwischen“, das ggf. zu einem späteren Zeitpunkt Hilfestellung durch Pflegepersonal ermöglicht? Insbesondere von dieser Festlegung hängt ab, ob und inwieweit durch Duschkabinen oder -abtrennungen die Wasserbeaufschlagung räumlich begrenzt werden kann. In Abhängigkeit von den vorgesehenen Nutzungsbedingungen sowie den optischen Wünschen sind dann Ablaufgeometrie, Geometrie der Gefälleflächen, Format und Oberflächenstruktur des Belags sowie Neigungen der Belagoberflächen eng aufeinander abzustimmen.

1 Besondereabdichtungstechnische Anforderungen

1.1 Neue Regelwerkssituation

Seit 2011 wurden in den zuständigen Arbeitsausschüssen des DIN fünf neue Abdichtungsnormen (DIN 18531 bis 18535) erarbeitet, für die mittlerweile Entwürfe vorliegen. Diese neuen Abdichtungsnormen werden voraussichtlich im Laufe des Jahres 2017 die DIN 18195 ablösen und sind im Unterschied zu dieser nicht mehr lastfallsondern anwendungsbezogen gegliedert. Die DIN 18195 wird unter dem Titel „*Bauwerksabdichtungen – Begriffe*“ [3] vollständig neu gefasst und als reine Terminologienorm weitergeführt (Normentwurf vom Juni 2015). Die Abdichtung von Innenräumen, d. h. auch von Wohnungsbädern, wird zukünftig in DIN 18534 [1] geregelt. Übereinstimmend mit den weiteren neuen Abdichtungsnormen werden im Teil 1 der Norm allgemeine, bauartübergreifende Festlegungen getroffen, während in den weiteren Normteilen jeweils stoff- bzw. bauartspezifische Regelungen enthalten sind. Dort werden nunmehr erstmals auch Abdichtungen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV, nachfolgend der Einfachheit halber „*Verbundabdichtung*“ genannt) normativ geregelt, die in Innenräumen seit bereits seit langer Zeit die Standard-Abdichtungsbauweise darstellen.

Entsprechend dem Entwurfsstand zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung – der Einfachheit halber werden die vorliegenden Entwürfe zu den einzelnen Teilen der Norm [1] in diesem Beitrag ohne den Zusatz *E* zur Kennzeichnung als Entwurfssfassung genannt – wird die DIN 18534 [1] aus insgesamt sechs Teilen bestehen:

- Teil 1: „*Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze*“ (Normentwurf Juli 2015),
- Teil 2: „*Abdichtung mit bahnförmigen Abdichtungsstoffen*“ (Normentwurf Juli 2015),
- Teil 3: „*Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen mit Platten (AIV-F)*“ (Normentwurf Juli 2015)
- Teil 4: „*Abdichtung unter Verwendung von Gussasphalt und Asphaltmastix*“ (Normentwurf Oktober 2016),
- Teil 5: „*Abdichtung mit bahnförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-B)*“ (Normentwurf Juni 2016) sowie
- Teil 6: „*Abdichtung mit plattenförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-P)*“ (Normentwurf Oktober 2016).

1.2 Klassifizierung der Wassereinwirkung

Die Bemessung von Innenraumabdichtungen nach DIN 18195-5 [4] erfolgt ohne weitere Differenzierung für eine mäßige Beanspruchung durch nichtdrückendes Wasser. Im Hinblick auf die nunmehr zu regelnde große Bandbreite an Abdichtungsbauweisen und -bauarten, die sich z. B. von mehrlagigen Bahnenabdichtungen bis hin zu Verbundabdichtungen aus Polymerdispersionen mit 0,5 mm Trockenschichtdicke erstreckt, werden in den neuen Abdichtungsnormen konkret auf die jeweiligen Anwendungsbereiche zugeschnittene Wassereinwirkungsklassen definiert. Dabei werden diese Klassen einer einheitlichen und eindeutigen Nomenklatur zugeführt, die aus einer Kombination aus Buchstaben und Ziffern besteht. Dabei steht am Anfang zunächst W für „*Wassereinwirkungsklasse*“. Ihre Intensität wird dann jeweils mit einer angefügten Ziffer gekennzeichnet. Zur Kennzeichnung des Anwendungsbereichs wird hinter dieser Kombination mit einem Bindestrich abgetrennt ein weiterer Großbuchstabe angefügt, wobei in DIN 18534 [1] der Großbuchstabe I für „*Innenraumabdichtungen*“ steht.

In Tabelle 1 sind die in DIN 18534-1 [1] festgelegten Wassereinwirkungsklassen mit den dort genannten Anwendungsbeispielen dargestellt. Unter Berücksichtigung der bis in jüngste Zeit geführten Diskussion um die Erforderlichkeit von Abdichtungen in häuslichen Bereichen wurde in DIN 18534 [1] zur Abgrenzung „nach unten“ eine Wassereinwirkungsklasse W0-I für Bereiche eingeführt, in denen Abdichtungen nicht zwingend erforderlich sind. Wie die Übersicht in der Tabelle 1 zeigt, fallen hierunter jedoch nicht Bodenflächen in häuslichen Bädern, die dem zufolge in jedem Fall abzudichten sind. Damit liegen für Wohnungsbäder in Ergänzung zu den umstrittenen Festlegungen hierzu im ZDB-Merkblatt „*Verbundabdichtungen*“ [5] sowie nach den kontroversen Diskussionen der Vergangenheit, ob und wann es sich bei Wohnungsbädern um Nassräume im Sinne der DIN 18195-5 [4] handelt und ob und wann hier Abdichtungen erforderlich sind, nunmehr verbindliche Regeln vor.

Bei gefliesten bodengleichen Duschen im häuslichen Bereich sind bei der Abdichtung mit Verbundabdichtungen insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Anders als bei konventionellen Duschtassen werden bei gefliesten bodengleichen Duschen Belag- und Verbundabdichtung – wie im öffentlichen und gewerblichen Bereich – unmittelbar mit Brauchwasser beaufschlagt.
- Der insoweit erheblich intensivierten Wassereinwirkung auf Belag und Abdichtung wird in DIN 18534-1 [1] u. a. dadurch Rechnung getragen, dass derartige Bodenflächen – auch außerhalb der Dusche – einer höheren Wassereinwirkungsklasse (W2-I) zugeordnet werden als Bodenflächen von Bädern mit konventionellen Duschtassen (W1-I; vgl. Tabelle 1).
- Folgerichtig dürfen Bodenflächen mit gefliesten bodengleichen Duschen bei der Verwendung flüssig zu verarbeitender Verbundabdichtungen (AIV-F) nur noch mit

J. Bredemeyer, "Land unter?" - Wesentliche Aspekte bei der Planung bodengleicher Duschen in Wohnungsbädern

Abdichtungssystemen auf der Basis von rissüberbrückenden mineralischen Dichtungsschlämmen (Gruppe *CM* nach DIN EN 14891 [6]) oder Reaktionsharzen (*RM*) abgedichtet werden. Die beliebten Polymerdispersionen (*DM*, „Streichdichtungen“) sind demzufolge hierfür in Übereinstimmung mit [7] nun auch normativ nicht mehr zugelassen!

Tabelle 1: Wassereinwirkungsklassen nach DIN 18534-1 [1]

Klasse	Wassereinwirkung	Anwendungsbeispiele ^{a; b}	
W0-I	ge-ring	Flächen mit nicht häufiger Einwirkung aus Spritzwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Wandflächen in häuslichen Küchen und in Bädern außerhalb von Duschbereichen - Bodenflächen im häuslichen Bereich ohne Ablauf, z. B. in Küchen, Hauswirtschaftsräumen, Gäste-WC's
W1-I	mäßig	Flächen mit nicht häufiger Einwirkung aus Brauchwasser ohne Intensivierung durch anstauendes Wasser	<ul style="list-style-type: none"> - Wandflächen über Badewannen und Duschen in Bädern - Bodenflächen im häuslichen Bereich mit Ablauf - Bodenflächen in Bädern ohne / mit Ablauf und ohne hohe Wassereinwirkung aus dem Duschbereich
W2-I	hoch	Flächen mit häufiger Einwirkung aus Brauchwasser, vor allem auf dem Boden zeitweise durch anstauendes Wasser intensiviert	<ul style="list-style-type: none"> - Wandflächen von Duschen in Sportstätten / Gewerbestätten^c - Bodenflächen mit Abläufen und / oder Rinnen - Bodenflächen in Räumen mit bodengleichen Duschen - Wand- und Bodenflächen von Sportstätten / Gewerbestätten^c
W3-I	sehr hoch	Flächen mit sehr häufiger oder lang anhaltender Einwirkung aus Spritz- und / oder Brauchwasser und / oder Wasser aus intensiven Reinigungsverfahren, durch anstauendes Wasser intensiviert	<ul style="list-style-type: none"> - Flächen im Bereich von Umgängen von Schwimmbecken - Duschen und Duschanlagen in Sportstätten / Gewerbestätten - Flächen in Gewerbestätten^c (gewerbliche Küchen, Wäschereien, Brauereien etc.)

^a Es kann zweckmäßig sein, auch angrenzende, nicht aufgrund ausreichender räumlicher Entfernung oder nicht durch bauliche Maßnahmen (z. B. Abtrennungen) geschützte Bereiche der jeweils höheren Wassereinwirkungsklasse zuzuordnen.

^b Je nach tatsächlicher Wassereinwirkung können die Anwendungsfälle auch anderen Wassereinwirkungsklassen zugeordnet werden.

^c Abdichtungsflächen ggf. mit zusätzlichen chemischen Einwirkungen.

1.3 Detailausbildung im Bereich von Abläufen und Rinnen

Von ungleich größerer Bedeutung ist die intensive unmittelbare Wasserbeaufschlagung von Belag und Verbundabdichtung allerdings für den Bereich der notwendigerweise vorhandenen Abläufe. Während bei einer herkömmlichen Duschtasse der Ablauf mit Dichtringen an die Duschtasse geklemmt ist und in aller Regel über eine Revisionsöffnung im Sockel der Duschtasse zugänglich ist, muss bei gefliesten bodengleichen Duschen ein zuverlässiger, hinterlaufsicherer Anschluss der Verbundabdichtung an einen Punktablauf oder eine Ablaufrinne im unmittelbar brauchwasserbeaufschlagten Bereich gewährleistet sein, um schwerwiegende Schäden zu vermeiden (Bild 1).



Bild 1: Dichtband einer AIV ohne jeden Verbund mit dem nur ca. 15 mm breiten Flansch einer Duschrinne

Diese sensible Schnittstelle zwischen dem Abdichtungssystem einerseits und dem entsprechenden Einbauteil andererseits ist nach DIN 18534 [1] mit Fliesenverbundabdichtungen alternativ nach folgenden Konstruktionsvarianten auszuführen:

- a) Bauseitige Klebeverbindung einer Dichtmanschette,
- b) Bauseitige Klemmverbindung einer Dichtmanschette,
- c) Werksseitige Verbindung einer Dichtmanschette mit Eignungsnachweis und Einbauvorschriften des Herstellers des Ablaufs.

Insbesondere bei den in bodengleichen häuslichen Duschen beliebten Rinnen kommt weit überwiegend die Konstruktionsvariante a) zur Anwendung. Hierbei ist zu beachten, dass das Einbauteil über einen mindestens 50 mm breiten Flansch als Klebefläche mit einer ausreichend klebefähigen Flanschoberfläche, z. B. aus ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol), Kunststoffen mit integriertem Polypropylen-Vlies, Edelstahl oder Polymerbeton, verfügen muss. Nach dem Entwurfsstand der DIN 18534 [1] zum Zeitpunkt

J. Bredemeyer, "Land unter?" - Wesentliche Aspekte bei der Planung bodengleicher Duschen in Wohnungsbädern

der Manuskripterstellung ist der Einsatz von Einbauteilen mit geringeren Flanschbreiten von ≥ 30 mm – der Mindestflanschbreite nach der einschlägigen harmonisierten europäischen Produktnorm DIN EN 1253-1 [8] – nur unter folgender Bedingung möglich: Für die Verklebung zwischen Ablaufflansch und Dichtband / Dichtmanschette müssen systemkonforme Dichtkleber, z. B. auf der Basis von Reaktionsharzen, zweikomponentigen mineralischen Dichtungsschlamm oder gleichwertig verwendet werden. Sowohl für die Verbindung zwischen Flansch und Dichtband / Dichtmanschette als auch den Anschluss an die Verbundabdichtung müssen dabei entsprechende Nachweise der Ablaufhersteller vorliegen.

Bislang obliegt der Nachweis für Anschlüsse an Abläufe bei der Konstruktionsvariante a) ganz allgemein den Abdichtungsherstellern und fällt unter die Prüfungen im Rahmen der bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweise. Die Prüfgrundsätze für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse für die Verbundabdichtungssysteme (PG-AIV-F, PG-AIV-B und PG-AIV-P [9]) enthalten in diesem Zusammenhang für die Bestimmung der Wasserdichtheit im Einbauzustand lediglich den allgemeinen Verweis auf Ablauftypen mit Klebe- oder Klemmflanschen aus Kunststoff oder Metall. Dabei erfolgt in aller Regel die Prüfung entsprechend den vorgenannten Prüfgrundsätzen unter Verwendung von Punktabläufen mit Kunststoffflanschen und nicht mit Ablaufrinnen aus Edelstahl mit Edelstahlfanschen. Insofern kann darüber gestritten werden, ob der Anschluss einer Verbundabdichtung an eine Ablaufrinne aus Edelstahl bislang – und entsprechend dem vorliegenden Entwurfsstand der DIN 18534 [1] in Zukunft auch bei einer Flanschbreite von 50 mm – vom bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis der Verbundabdichtung abgedeckt ist oder ohne weitere Nachweise (wie z. B. in [10] dargestellt) – eine gesondert zu vereinbarende Sonderkonstruktionen vorliegt.

Neben diesen formalen Aspekten erfordert die handwerkliche Ausführung des Anschlusses zwischen Verbundabdichtung und Ablauf stets außerordentliche Sorgfalt und zwingend die Einhaltung der Herstellervorgaben. Dies gilt in besonderem Maße für in den Wandsockel eingelassene sogenannte Wandrinnen. Dabei ist neben nachgewiesener Eignung der gewählten Verbindungen und deren fachgerechter Ausführung wesentliche Voraussetzung für eine ausreichende Hinterlaufsicherheit dieser Anschlüsse insbesondere auch eine ausreichende Lagesicherheit der Abläufe bzw. der zumeist aufgeständerten Rinnenkonstruktionen. Diese Lagesicherheit muss bei der Verwendung hydraulisch erhärtender Mörtel über eine formschlüssige Verankerung im angrenzenden Estrich oder kraftschlüssig über die Verwendung von Reaktionsharzmörteln hergestellt werden [7].

1.4 Detailausbildung im Bereich von Türschwellen

Die Überlegungen zur Abdichtung insbesondere von Bodenflächen in Bädern mit bodengleichen Duschen dürfen sich jedoch nicht auf die unmittelbar wasserbeaufschlagten Bereiche beschränken. In diesem Zusammenhang fordert DIN 18534-1 [1] – wie oben bereits ausgeführt – nunmehr für Bodenflächen in häuslichen Bädern stets eine Abdichtung, auch wenn diese bei Vorhandensein einer konventionellen Duschtasse einer geringeren Wassereinwirkungsklasse zugeordnet werden können als Bodenflächen mit bodengleichen Duschen. Insbesondere in Bädern, in denen die Beaufschlagung mit Brauch- und Spritzwasser nicht durch auf den Belag aufsetzende Kabinen eng begrenzt wird, ist diese über den Duschbereich hinausgehende Abdichtung allerdings nur dann wirksam, wenn auch die Ausbildung der Abschlüsse im Schwellenbereich der Zugänge sorgfältig geplant und fachgerecht ausgeführt wird. Häufig werden die Schwellenbereiche jedoch weder in der Planung noch in der Ausführung zu Ende gedacht, sodass eine sichere planmäßige Abschlussausbildung im Bereich der Leibungen unterbleibt (Bild 2). Erhebliche Folgen können neben Schäden an Türzargen und angrenzenden Belagflächen insbesondere das Eindringen von Wasser in Holzbalkendecken sein.



a)



b)

Bild 2: Grob mangelhafte bzw. fehlende Abschlüsse von AIV in Türbereichen:

- auf den Fliesenbelag geklebte hölzerne Schwelle
- Eindringmöglichkeiten für Oberflächenwasser in den Fußbodenaufbau

Gerade bei einer über den unmittelbaren Duschbereich hinausgehenden Wasserbeaufschlagung müssen neben einer planmäßigen Gefällegebung des Belags auch außerhalb der Dusche insbesondere auch Vorkehrungen zur Vermeidung eines Hinterlaufens der Abdichtung im Türbereich bzw. des Überlaufens der Schwelle getroffen werden. Hierfür haben sich in die Verbundabdichtung eingebundene Abschlusswinkel bewährt, deren vertikaler Schenkel deutlich über die Belagoberkante ragen sollte. In [11] werden diesbezüglich 2 bis 5 mm genannt. Für höhere Niveauunterschiede können derartige Abschlusswinkel auch mit im Schwellenbereich in größerer Neigung verlegten Platten

oder mit Werksteinschwellen kombiniert oder auch Höhenausgleichsprofile aus Metall verwendet werden.

In jedem Fall ist zu beachten, dass die Verbundabdichtung auch seitlich in den Leibungen nicht unterbrochen, sondern unter Verwendung systemkonformer Dichtbänder ausreichend aufgekantet wird. Dies ist selbstverständlich nur dann möglich, wenn auch die Türzargen erst nach der Fertigstellung der Abdichtung eingebaut werden.

2 Vermeidung von Beeinträchtigungen durch Oberflächenwasser

2.1 Problemstellung

Die „große Freiheit“ beim Duschen ohne enge Duschkabine und ohne mehr oder weniger beschwerlichen Ein- und Ausstieg ist nicht selten auch mit Verdruss verbunden: Nasse Füße vor Waschbecken und Toilette, eine ausufernde Seenplatte im gesamten Badezimmer, dauerhaft nasse Bodentücher und Schäden am Parkett im angrenzenden Flur können den versprochenen Komfort deutlich einschränken (Bild 3).



a)



b)

Bild 3:

- Über den Duschbereich hinausgehende Wasserbeaufschlagung des Fußbodens
- Durch Schleppwasser verursachte Parkettschäden angrenzend an eine Badtür

2.2 Einflussfaktoren

2.2.1 Allgemeines

Die Abführung des beim Duschen anfallenden Wassers auf Bodenflächen hängt – einen ausreichend bemessenen Ablauf vorausgesetzt – ganz allgemein ab von

- der Gefällegebung der Oberfläche,
- der Ebenheit der Belagoberfläche und der Oberflächenstruktur des Belags (Fliesenformat, Fugenanteil, Oberflächenprofilierung oder -rauigkeit) und nicht zuletzt,
- der Größe der Fläche, die durch Brauch- und Spritzwasser beaufschlagt wird.

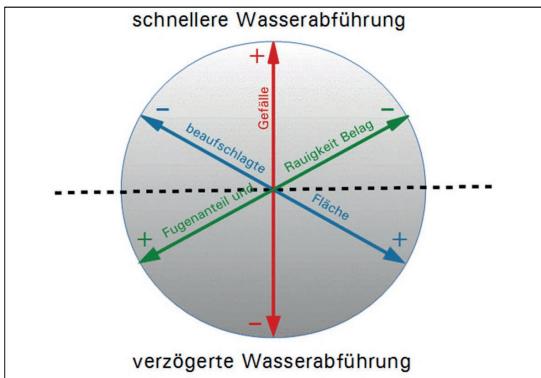


Bild 4: Einflussfaktoren auf die Wasserabführung von Belagoberflächen

In Abhängigkeit von den vorgesehenen Nutzungsbedingungen sowie den optischen Wünschen des Bauherrn bzw. der Nutzer ergeben sich im konkreten Einzelfall für die Planung häufig sehr unterschiedliche Prioritäten in Bezug auf diese drei Faktoren (Bild 4). Welchen Stellenwert eine unmittelbare Wasserabführung oder eine Begrenzung der wasserbeaufschlagten Fläche gegenüber anderen Aspekten einnimmt, muss im Rahmen der Planung zusammen mit dem Bauherrn und idealerweise dem späteren Nutzer festgelegt werden. Dabei sind in Bezug auf die drei o. g. Faktoren die nachfolgend beschriebenen Randbedingungen zu berücksichtigen.

2.2.2 Gefällegebung

Die zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung gültigen Abdichtungsregelwerke – insbesondere die DIN 18195-5 [4] und das Merkblatt „Verbundabdichtungen“ [5] – enthalten keine eindeutigen Angaben zur Erforderlichkeit und ggf. Größe eines Gefälles auf horizontalen abzudichtenden Flächen. Auch für eine Gefällegebung von Belägen auf abgedichteten Bodenflächen zur Abführung von Oberflächenwasser im Zusammenhang mit Anforderungen an den Arbeitsschutz existieren lediglich Empfehlungen. Konkrete Anforderungen an Oberflächengefälle von mindestens 3 % bestehen hingegen für Fußbodenflächen in öffentlichen Schwimmbädern [12], [13]. Eine ausführliche Übersicht über die in Deutschland existierenden Anforderungen und Empfehlungen ist [14] zu entnehmen.

Vor diesem Hintergrund war eine zentrale Vorgabe für die neuen Abdichtungsnormen die Erarbeitung von Regelungen zur Gefälleausbildung auf horizontalen abzudichten Flächen, wobei eine Gefällegebung als Regelfall zugrunde gelegt werden sollte. In DIN 18534-1 [1] wird nach eingehender Diskussion und Abwägung der Aspekte Wasserleitung, Nutzung, Gebrauchstauglichkeit und Arbeitsschutz im Abschnitt 4.1.12 folgende Regelungen getroffen:

„Die wasserführenden Ebenen (Abdichtungsschicht und Oberfläche der Nutzschicht) sollten ein ausreichendes Gefälle zur Ableitung von Wasser in einen Ablauf aufweisen. Hiervon kann abgewichen werden, wenn das Ableiten / Entfernen von Wasser auf andere Weise erfolgt.“

Hieraus folgt, dass der Verzicht auf eine Gefällegebung in der Ebene der Abdichtung wie auch an der Oberfläche der Nutzschicht nach DIN 18534-1 [1] nur in begründeten Ausnahmefällen möglich ist. Dabei wird das modale Hilfsverb „*sollten*“ im zitierten Normtext auf der Grundlage der Vorgaben in DIN 820-2 [16] verwendet und entspricht dem zufolge sinngemäß dem in diesem Zusammenhang bislang gebräuchlichen Hilfsverb „*sollen*“ als Ausdruck einer bedingten Forderung, von der bei Vorliegen wichtiger Gründe abgewichen werden kann („Müssen, wenn man kann“). Eine derartige begründete Abweichung von der Forderung nach einem Oberflächengefälle liegt beispielsweise vor, wenn durch ein Oberflächengefälle die Nutzung bei regelmäßiger Benutzung des Belags mit Hubwagen oder anderen Flurfördermitteln beeinträchtigt wird und gleichzeitig arbeitsschutzrechtliche Anforderungen (z. B. aus der ASR A1.5/1,2 „Fußböden“ [15]) anderweitig erfüllt werden können. Nicht zuletzt unter Berücksichtigung des breiten Spektrums von Anwendungsbereichen für Innenraumabdichtungen wurde von weitergehenden Regelungen u. a. zu Mindestgrößen von Gefällen – obwohl aus Fachkreisen vielfach gewünscht – abgesehen. Damit wurde nach eingehender Diskussion dem Umstand Rechnung getragen, dass einerseits – wie oben ausgeführt – ein Oberflächengefälle im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit nicht überall gewünscht wird bzw. sinnvoll ist. Andererseits liegt dem Verzicht auf die Regelung konkreter Gefällegrößen die Erkenntnis zugrunde, dass die Geschwindigkeit bzw. „Vollständigkeit“ der Wasserabführung nicht nur von der Größe des vorhandenen Gefälles, sondern auch von den oben bereits genannten weiteren Faktoren abhängt.

Für häusliche Bereiche geht man im Allgemeinen von einem planmäßigen Gefälle von ca. 1 bis 2 % aus [17]. Die diesbezüglich einschlägige DIN 18040-2 [2] fordert für barrierefreie Bäder eine Begrenzung des Gefälles am Duschplatz auf maximal 2 %, wenn in für den Wohnungsbau typischen Bädern mit kleiner Grundfläche der Duschplatz in die notwendigen Bewegungsflächen des Bades einbezogen werden muss. In [14] wird für Bodenflächen in Räumen mit bodengleichen Duschen – sofern die Gefällegebung nicht wie vorstehend erläutert nach DIN 18040-2 [2] zu begrenzen ist – ein Oberflächengefälle von mindestens 2 % vorgeschlagen. Dieses Maß ist nach Ansicht des Verfassers zunächst grundsätzlich als sinnvoll anzusehen, wobei allerdings folgendes zu berücksichtigen ist:

Ein Oberflächengefälle wird zum einen zur Abführung von Brauch- und Spritzwasser und zum anderen auch insoweit benötigt, als im Duschbereich ggf. mit einem gewissen Wasseranstau zu rechnen ist. Dabei wird in der europäischen Produktnorm für Abläufe mit Geruchsverschluss, der DIN EN 12531-1 [8], die für die einzelnen Nennweiten der

Ablaufstutzen jeweils mindestens erforderliche Ablaufleistung bei einer Anstauhöhe von 20 mm definiert. Wollte man diese Höhe als Randhöhe eines Duschplatzes mit einer Grundfläche von 1 m x 1 m festlegen, würde hieraus folgendes Spektrum an Neigungen der Duschfläche resultieren:

- 2 % Gefälle bei einem Pultgefälle in Kombination mit einem sogenannten Wandablauf, bei dem die gesamte Tiefe des Duschplatzes von 1 m in einer Richtung als Neigungsfläche zur Verfügung steht,
- jedoch mehr als 4 % Gefälle bei einem mittig in der Fläche des Duschplatzes angeordneten Punktablauf, bei dem jeweils weniger als die Hälfte der Tiefe und der Breite des Duschplatzes als Neigungsflächen zur Verfügung stehen.

In der Praxis hat sich allerdings gezeigt, dass mit üblichen Duschbrausen ein Anstau von 20 mm in Duschen nicht erreicht wird. In diesem Zusammenhang enthält DIN EN 1253-1 [8] im Abschnitt 4.8.1 auch den Hinweis, dass bei einem einzelnen Duschkopf für die Wasserableitung ein Mindestabflussvermögen des Ablaufs von 0,4 l/s ausreichend ist. Dieser Mindestabflusswert wiederum ist in [8] der geringsten dort geregelten Nenngröße des Ablaufstutzens (*DN/OD* 32) zugeordnet, während DIN 1986-100 [18] in Abschnitt 14.1.3.2 bei Duschen für Einzelschlussleitungen eine erheblich größere Mindestnennweite von *DN 50* fordert. Bei einem einzelnen Duschkopf ist insofern erfahrungsgemäß nicht von einem Wasseranstau in einer Größenordnung von 2 cm auszugehen. Voraussetzung für die Vermeidung eines ggf. kritischen Wasseranstaus im Duschbereich ist jedoch, dass die Ablaufleistung der Abläufe und Rinnen nicht nennenswert durch Fremdkörper (z. B. Haare) gemindert ist bzw. die Abläufe entsprechend gereinigt und instand gehalten werden.

Ein Gefälle von 2 % oder mehr kann jedoch bei den typischerweise kleinen und gegliederten Flächen in Wohnungsbädern bereits geometrisch bedingt häufig nicht an allen Stellen hergestellt werden. Dies gilt insbesondere bei der Verwendung von Punktabläufen – sofern sie nicht in der Mitte des Raumes bzw. der zu entwässernden Fläche angeordnet sind – und / oder beispielsweise bei L-förmig gegliederten Flächen. Da aus optischen Gründen die Belagränder in aller Regel waagerecht anzulegen sind, ergeben sich für gegliederte Flächen zwangsläufig Kehlen und Grade in der Belagoberfläche. Bei kürzeren Gefällestrecken sind dann folgerichtig (erheblich) größere Neigungen, bei längeren Gefällestrecken sowie im Bereich von Kehlen und Graten geringere Gefälle zu erwarten, wobei sich hier Neigungen von deutlich mehr als 1 % nicht immer realisieren lassen (Bild 5). Zusätzlich sind bei Maßnahmen im Bestand der Gefällegebung in der Regel auch Grenzen durch die vorhandenen baulichen Randbedingungen gesetzt. So ist z. B. allein durch die Fußbodenoberkante des benachbarten Raums im Bereich des Zugangs die zur Verfügung stehende Aufbauhöhe oberhalb der Rohdecke begrenzt, wenn dort eine höhere Schwelle vermieden werden soll.

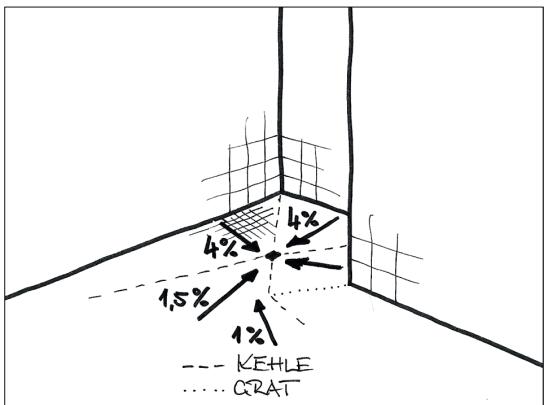
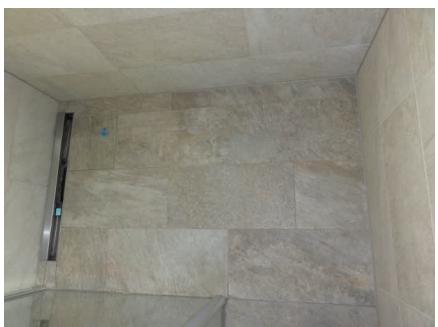


Bild 5: Beispielhafte Darstellung einer Gefällesituation bei Punktablauf und L-förmigem Grundriss

Weiterhin sind auch aus optischen Gründen das Format des keramischen Belags sowie die Oberflächen- und die Ablaufgeometrie (Punktentwässerung mit Kehlen und Graten in der Belagoberfläche oder Linienentwässerung mit pultförmigem Gefälle) sorgfältig aufeinander abzustimmen.



a)

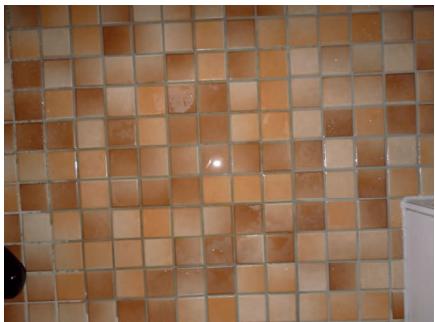


b)

Bild 6: Großformatige Beläge

- mit Punktablauf und diagonalen Schnitten in den erforderlichen Kehlen,
- mit Ablaufrinne und Pultgefälle

Dabei ist zu berücksichtigen, dass großformatige Beläge bei Punktentwässerungen an den dann erforderlichen Kehlen und Graten stets diagonal geschnitten werden müssen, was sich erheblich auf das optische Erscheinungsbild des Belags auswirkt (Bild 6). Bei kleinformativen Belägen sind derartige Schnitte in aller Regel nicht praktikabel, sodass zur Vermeidung störender Höhenversätze („Überzähne“) wiederum der Ausbildung diagonaler Kehlen und Grate Grenzen gesetzt sind (Bild 7).



a)



b)

Bild 7: Kleinformatiger Belag mit

- behindertem Wasserablauf in einem Gratbereich der Belagfläche, u. a. infolge
- Überzahnbildung

Insgesamt kann nach Ansicht des Verfassers bei bodengleichen gefliesten Duschen für den Duschplatz selbst und die unmittelbar angrenzenden Bereiche ein Gefälle von 2 % in der Regel als sinnvolles Richtmaß für die Planung angesehen werden. Dabei sollte auch bei komplexen Geometrien mit Punktabläufen in Kehl- oder Gratbereichen oder vergleichsweise langen Gefällestrecken im ausgeführten Endzustand eine Neigung von mindestens 1 % angestrebt werden.

2.2.3 Ebenheit der Belagoberfläche

Abgesehen von Ausführungstoleranzen beim Anlegen des Gefälles kann eine Behinderung des Wasserablaufs auch aus unvermeidbaren Toleranzen sowohl bei der Verlegung des Belags als auch bei der Herstellung der Fliesen selbst resultieren („Überzähne“; Bild 7). Im Merkblatt *Höhendifferenzen* [19] ist hierzu ein vereinfachtes Prüfverfahren für Höhenversätze am ausgeführten Belag dargestellt. Dem zufolge ergibt sich als zulässige Obergrenze für Höhenversätze zwischen einzelnen Fliesen ΔH_{zul} in Abhängigkeit vom Fliesenformat:

$$\Delta H_{zul} = \frac{\text{Plattenlänge [mm]} + \text{Plattenbreite [mm]}}{1.000} + 1,0 \text{ mm}$$

Hieraus resultiert unter Berücksichtigung der Fliesengröße und der handwerklichen Ausführungstoleranz ein Spektrum für zulässige Höhenversätze zwischen einzelnen Fliesen zwischen 1,1 mm bei einer Fliesengröße von 5 cm x 5 cm und 2,0 mm für Platten mit Abmessungen von 50 cm x 50 cm, wobei bei noch größeren Platten der zulässige Höhenversatz auf maximal 2,0 mm begrenzt ist. Eine Behinderung der

Wasserabführung bzw. eine Pfützenbildung kann insofern auch auf geneigten Flächen bereits durch zulässige Hohenversätze im Plattenbelag hervorgerufen werden.

2.2.4 Begrenzung der wasserbeaufschlagten Fläche

Mindestens die gleiche Bedeutung wie der Abführung des Wassers auf der Belagoberfläche kommt im Zusammenhang mit der häufig gerügten „Seenplatte“ im Bad der Frage zu, ob und inwieweit wirksame Vorrichtungen zur Begrenzung der wasserbeaufschlagten Fläche vorhanden sind. Dieser Faktor hängt eng mit dem vorgesehenen Nutzungscharakter des Bades zusammen und stellt insofern ein wesentliches Planungskriterium dar. Das mögliche Spektrum stellt sich dabei wie folgt dar: Während in Bädern, die lediglich Anforderungen an Komfort und Optik genügen müssen, durch auf dem Boden dicht schließende Glastüren die Wasserbeaufschlagung räumlich eng begrenzt werden kann, ist dies bei barrierefreien Bädern nach DIN 18040-2 [2] kaum möglich. Häufig wird für Bäder mit bodengleichen Duschen allerdings auch der Begriff „altersgerecht“ verwendet. Dabei bleibt zunächst völlig unklar, was hiermit in Bezug auf den Duschplatz gemeint ist:

- a) Eine geschlossene Duschkabine, bei der lediglich der Einstieg in eine erhöht liegende konventionelle Duschtasse entfällt (Bild 8.a) oder
- b) ein Duschplatz mit Möglichkeiten zur Hilfestellung beim Duschen (Bild 8.b) oder
- c) ein weitgehend barrierefreies Bad, bei dem – z. B. bei einer Modernisierung im Wohnungsbestand – nicht alle Kriterien nach DIN 18040-2 [2] erfüllt werden können (Bild 8.c)?

Im Fall b) können in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Fläche in aller Regel allenfalls mehr oder weniger offene Kabinen mit seitlich feststehenden Elementen geschaffen werden. Im Fall c) dürfte als Spritzschutz lediglich ein Vorhang infrage kommen. In beiden Fällen muss typischerweise von einer deutlich über den Duschplatz hinausgehenden, größerflächigen Wasserbeaufschlagung von Bodenflächen durch Brauch-, Spritz- und Schleppwasser ausgegangen werden [11]. Hierauf muss in den genannten Fällen zwingend mit der Planung eines Gefälles reagiert werden, das im Wesentlichen die gesamte Bodenfläche des Bades einschließt. In Abhängigkeit von der Raumgeometrie lassen sich hierbei Neigungen von 2 % kaum überall realisieren. Dies ist jedoch für Flächen deutlich außerhalb des Duschplatzes insoweit auch durchaus vertretbar, als es hier in erster Linie darum geht, durch planmäßige Gefällegebung ausführungs- bzw. toleranzbedingte Kontergefälle in Richtung der Außenkanten und insbesondere der Zugänge sicher zu vermeiden.

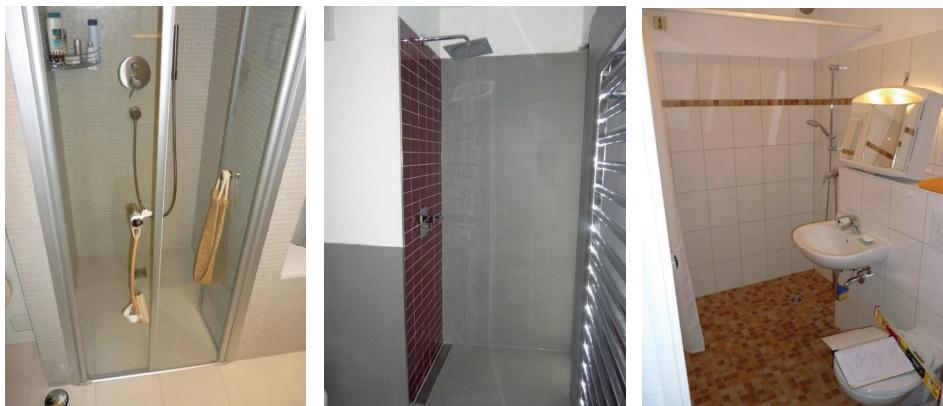


Bild 8: Bodengleiche Duschen

- a) mit geschlossener Duschkabine,
- b) seitlich offen
- c) weitgehend barrierefrei

2.3 Empfehlungen

Bäder mit bodengleichen gefliesten Duschen erfordern stets eine detaillierte Planung unter Berücksichtigung der vorstehend erläuterten Aspekte. In Abhängigkeit von den vorgesehenen Nutzungsbedingungen sowie den optischen Wünschen ist dabei mit dem Bauherrn bzw. idealerweise auch dem Nutzer abzustimmen, ob und inwieweit im jeweiligen Einzelfall die Priorität eher auf der Geschwindigkeit und Vollständigkeit der Wasserabführung oder eher auf der räumlichen Begrenzung der Wassereinwirkung oder eher auf optischen / gestalterischen Aspekten liegt. In diesem Zusammenhang sind Ablaufgeometrie, Geometrie der Gefällefächen, Format und Oberflächenstruktur des Belags sowie Neigungen der Belagoberflächen unbedingt aufeinander abzustimmen. Vor diesem Hintergrund ist darauf hinzuweisen, dass ein ausreichendes Oberflächengefälle zwar zwingend erforderlich ist, die absolute Größe des Gefälles jedoch nicht überbewertet werden sollte. So können Beeinträchtigungen durch eine übermäßige Ausbreitung von Oberflächenwasser in aller Regel nicht alleine durch eine Veränderung der Gefällesituation beseitigt werden, da das Oberflächengefälle nur ein Faktor von mehreren ist, der die Ausbreitung und Abführung von Oberflächenwasser beeinflusst. In diesem Zusammenhang stellt nach Ansicht des Verfassers ein Gefälle von 2 % in der Regel einen sinnvollen Anhaltswert für den Duschplatz selbst und unmittelbar angrenzende Bereiche dar. Dabei sollte auch bei komplexen Geometrien mit Punktlaufbahnen in Kehl- oder Gratbereichen oder auf vergleichsweise langen Gefällestrecken eine Mindestneigung von 1 % angestrebt werden. Für den

Abdichtungsuntergrund sollten in diesem Zusammenhang erhöhte Anforderungen nach DIN 18202 [20] an die Ebenheit vereinbart werden.

Um Beeinträchtigungen durch übermäßige Ausbreitung von Wasser in Bädern mit bodengleichen Duschen vorzubeugen, sollten darüber hinaus bereits im Planungsstadium unbedingt auch Überlegungen angestellt werden, wie eine wirksame räumliche Begrenzung der Wasserbeaufschlagung sichergestellt werden kann, wenn eine geschlossene Duschkabine einerseits nicht gewünscht und ein barrierefreies Bad nach DIN 18040-2 [2] andererseits nicht erforderlich ist. Entsprechende Festlegungen müssen zwingend vor Beginn der Ausführung getroffen werden, da nach der Ausführung des Belags eine Montage fester Spritzschutzelemente insbesondere mit Bohrungen durch Bodenfliesen und -abdichtung bei den heute üblicherweise verwendeten Verbundabdichtungen entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht mehr möglich ist [2].

Sofern tatsächlich ein barrierefreies oder ein pflegegerechtes Bad gewünscht wird, bei dem eine größerflächige Wasserbeaufschlagung des Fußbodens in Kauf genommen werden muss, sollten bei der Planung darüber hinaus folgende Aspekte Berücksichtigung finden (vgl. auch [11]):

- Im Hinblick auf die Vermeidung übermäßiger und unzuträglicher Wassereinwirkung im Bereich der Türzarge, der Schwelle und außerhalb des Bades angrenzender Bodenflächen sollte die Dusche nach Möglichkeit an einer dem Zugang gegenüberliegenden Wand angeordnet werden.
- Die Ausbildung eines planmäßigen Oberflächengefälles sollte nicht auf den unmittelbaren Duschbereich beschränkt, sondern im Hinblick auf die Vermeidung Toleranzbedingter Senken und Kontergefälle möglichst auf das gesamte Bad ausgedehnt werden.
- Die Zugänge sollten mit einer Schwelle oder zumindest mit einem über das Belagniveau hinausragenden Abschlusswinkel ausgestattet werden. Die Türzargen müssen von der Abdichtung hinterfahren werden. Insbesondere wenn eine Spritzwasserbeaufschlagung des Türbereichs nicht ausgeschlossen werden kann, sollten Zargen aus feuchteunempfindlichen Werkstoffen (z. B. Stahlzargen) Verwendung finden.
- Die an Zugänge angrenzenden Räume sollten mit möglichst feuchteunempfindlichen Bodenbelägen ausgestattet werden, um hier langfristig Schäden durch unvermeidbar auftretendes Schleppwasser zu vermeiden.

Literatur

- [1] DIN 18534: Abdichtung von Innenräumen,
 - Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze (Normentwurf 2015-07),
 - Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen (Normentwurf 2015-07),
 - Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-F) (Normentwurf 2015-07),
 - Teil 4: Abdichtung unter Verwendung von Gussasphalt und Asphaltmastix (Normentwurf Oktober 2016),
 - Teil 5: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-B) (Normentwurf 2016-06),
 - Teil 6: Abdichtung mit plattenförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-P) (Normentwurf Oktober 2016).
- [2] DIN 18040-2 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen, Teil 2: Wohnungen (Ausgabe 2011-09)
- [3] E DIN 18195: Bauwerksabdichtungen – Begriffe (Normentwurf 2015-07)
- [4] DIN 18195-5 Bauwerksabdichtungen, Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser – Bemessung und Ausführung (Ausgabe 2011-12)
- [5] Zentralverband Deutsches Baugewerbe e. V., Berlin (Hrsg.): Merkblatt Verbundabdichtungen – Hinweise für die Ausführung von flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten für den Innen- und Außenbereich (Ausgabe 2012-08)
- [6] DIN EN 14891: Flüssig zu verarbeitende wasserundurchlässige Produkte im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen – Anforderungen, Prüfverfahren, Konformitätsbewertung, Klassifizierung und Bezeichnung (Ausgabe 2013-07)
- [7] Zentralverband Deutsches Baugewerbe e. V., Berlin: Leitfaden Hinweise für die Planung und Ausführung von Abläufen und Rinnen in Verbindung mit Abdichtungen im Verbund (AIV) (Ausgabe 2012-08)
- [8] DIN EN 1253-1: Abläufe für Gebäude, Teil 1: Bodenabläufe mit Geruchverschluss mit einer Geruchverschlusshöhe von mindestens 50 mm (Ausgabe 2015-03)
- [9] Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin (Hrsg.): Prüfgrundsätze zur Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen für Abdichtungen im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen,
 - Teil 1: Flüssig zu verarbeitende Abdichtungsstoffe (PG-AIV-F; Ausgabe Mai 2014)
 - Teil 2: Bahnenförmige Abdichtungsstoffe (PG-AIV-B; Ausgabe Mai 2014)

J. Bredemeyer, "Land unter?" - Wesentliche Aspekte bei der Planung bodengleicher Duschen in Wohnungsbädern

- Teil 3: Plattenförmige Abdichtungsstoffe (PG-AIV-B; Ausgabe August 2012)
- [10] Seal System, TECE GmbH, Emsdetten (Hrsg.): Punkt. Linie. Dicht! Praxiswissen Verbundabdichtung in Sanitärräumen – Sichere Planung und Verarbeitung von Verbundabdichtungen an Duschrinne und Punktablauf, Eigenverlag, Emsdetten, 2013
- [11] Oswald, R. u. a.: Schadensfreie niveaugleiche Türschwellen, Abschlussbericht, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2010
- [12] Koordinierungskreis Bäder (Hrsg.): Richtlinien für den Bäderbau, 5. Auflage 2013
- [13] Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V. (Hrsg.): Richtlinie R 25.07 – Gefälleausbildung in Bodenbelägen von Schwimmbädern (Ausgabe August 2015)
- [14] Wetzel, H.-H.: Aquaplaning in Innenräumen – Anmerkungen zum Bodengefälle bei Abdichtungen in Innenräumen. In: Der Bausachverständige. Jahrgang 12, Heft 3 (Juni), 2016, S. 15-19, Bundesanzeiger Verlag, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2016
- [15] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – BauA, Ausschuss für Arbeitsstätten: Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A1/1,2 – Fußböden (Ausgabe Februar 2013)
- [16] DIN 820-2: Normungsarbeit, Teil 2: Gestaltung von Dokumenten (Ausgabe 2012-12)
- [17] Kruse, O.: Fachkunde für Fliesenleger, 6. Auflage, B.G. Teubner, Stuttgart, 1999
- [18] DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056 (Ausgabe 2008-05)
- [19] Zentralverband Deutsches Baugewerbe e.V., Berlin: Merkblatt Höhendifferenzen in keramischen-, Betonwerkstein- und Naturwerksteinbekleidungen und –belägen (Ausgabe Oktober 2005)
- [20] DIN 18202: Toleranzen im Hochbau – Bauwerke (Ausgabe 2013-04)

Entwurf DIN 18533 – Abdichtung von erdberührten Bauteilen

A. Kohls
Datteln

Zusammenfassung

Die außenseitige Abdichtung von erdberührten Bauteilen zählt zu den kritischen Arbeiten am Bau mit hohem Bauschadenspotenzial. Bei Neubau und Sanierung ist eine sorgfältige Ausführung und Qualitätskontrolle von entscheidender Bedeutung.

Die neuen Normen E DIN 18533 bringen in den Teilen 1 bis 3 zahlreiche Neuerungen, die eine gute Hilfestellung bei der Planung und Ausführung von erdberührten Bauwerksabdichtungen darstellen. Die Klarstellung der Wasserbeanspruchung und die Zuordnung der Abdichtungsbauarten zu Rissklassen und Nutzungsklassen seien hier als besonders wichtig genannt.

Da das ganze Normenpaket E DIN 18531 bis 18535 zeitgleich veröffentlicht werden soll und die Entwürfe und Einsprüche zurzeit noch diskutiert werden, ist mit einer Veröffentlichung erst in 2017 zu rechnen.

1 Historie der Regelwerke für die Bauwerksabdichtung

DIN 18195 hat über viele Jahrzehnte die Bauschaffenden als wichtigstes Regelwerk für die Bauwerksabdichtung begleitet.

Waren es vor 2000 überwiegend Abdichtungsbauweisen mit bahnensförmigen Abdichtungsstoffen, die in DIN 18195 geregelt wurden, so wurde die Norm im Jahr 2000 grundsätzlich überarbeitet und wichtige, in der Praxis häufig angewandte Bauweisen, wie z. B. Abdichtungen mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen ergänzt. 2006 folgte das Beiblatt zur DIN 18195, das wichtige Detailskizzen zur Erläuterung der Bauweisen beinhaltete. Insbesondere Schnittstellen, wie z. B. Sockel, Bodenwandanschlüsse, Übergänge, wurden hier skizzenhaft dargestellt. Im Jahr 2010 beschloss dann der Normenausschuss die bisherige DIN 18195 in Einzelnormen aufzuteilen und diese in den Bezug zu verschiedenen Anwendungsbereichen zu stellen. Die Bauwerksabdichtungen wurden in 5 Anwendungsbereiche aufgeteilt. Die bereits existierende Norm DIN 18531, Dachabdichtungen, wurde in diese Reihe integriert. DIN 18195 sollte als Regelwerk für die Begriffe dieser Normenreihe weiterhin existieren.

- DIN 18195, Abdichtung von Bauwerken – Begriffe
- DIN 18531, Abdichtung von Dächern sowie Balkonen, Loggien u. Laubengängen
- DIN 18532, Abdichtung von befahrenen Flächen aus Beton
- DIN 18533, Abdichtung von erdberührten Bauteilen
- DIN 18534, Abdichtung von Innenräumen
- DIN 18535, Abdichtung von Behältern und Becken

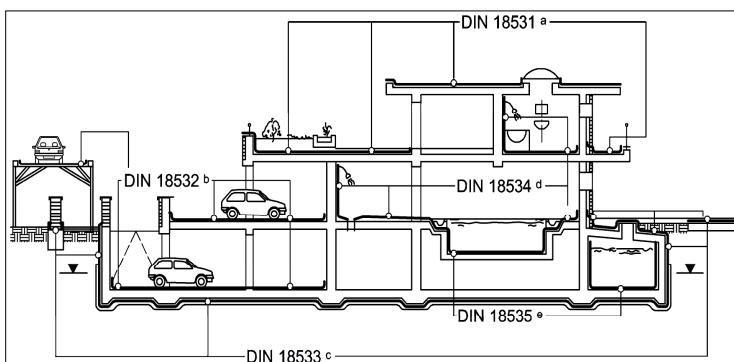


Bild 1: Übersicht zu den Anwendungsbereichen der Normen für die Abdichtung von Bauwerken [1]

Diese Übersicht erleichtert dem Planer und Ausführenden die Entscheidung, welches Normenwerk für die jeweilige Abdichtungskonstruktion herangezogen werden kann.

2 Entwurf DIN 18533 – Abdichtung von erdberührten Bauteilen

DIN 18533, Abdichtung von erdberührten Bauteilen besteht aus folgenden Teilen:

- Teil 1: Anforderung, Planungs – und Ausführungsgrundsätze
- Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen
- Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitbaren Abdichtungsstoffen.

Der Normenentwurf beschränkt sich in seinem Anwendungsbereich auf die Ausführung der Abdichtung von nicht wasserdichten erdberührten Bauwerken oder Bauteilen mit bahnenförmigen und flüssig aufzubringenden Abdichtungsstoffen. Er gilt für: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser, Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser, Abdichtungen gegen drückendes Wasser auf erdberührten Deckenflächen, Abdichtung gegen Spritzwasser am Wandsockel, Abdichtung gegen Kapillarwasser in- und unter erdberührten Wänden. Nicht geregelt werden Abdichtungen von Deponien, Erdbauwerken und bergmännisch erstellten Tunnels.

- Abdichtung von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (WHG)
- Nachträgliche Abdichtung in der Bauwerkserhaltung oder der Baudenkmalpflege
- Wasserundurchlässige Bauteile, z. B. Konstruktionen und Bauteile nach DAFStB- Richtlinie, für wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton.

3 Einwirkungen und Nutzungsklassen - Wasserbelastung richtig ermitteln

Eine der häufigsten Ursachen für Schäden an Abdichtungen ist die falsche Beurteilung der Wassereinwirkung. Im Vorfeld ist daher die genaue Untersuchung von Bodenverhältnissen, Konstruktion und Bemessungswasserstand erforderlich. Auch die Lage des Gebäudes, die Einbindetiefe und die Möglichkeit zur Dränung des Baugrunds sind zu berücksichtigen. Aus diesen Angaben kann die zu erwartende Wassereinwirkung abgeleitet werden.

4 Wassereinwirkung

Die erdseitige Wassereinwirkung auf die Bauwerksabdichtung ist entscheidend für die Dimensionierung der gesamten Abdichtungskonstruktion. Sie ist abhängig vom Bemessungswasserstand (HGW), der sich witterungsbedingt oder aufgrund von hydrologischer Eigenschaften im Baugrund einstellt. Ggf. kann es zusätzlich erforderlich sein, die Baugrundverhältnisse insbesondere die Durchlässigkeit des Baugrundes zu analysieren. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) wird nach DIN 18130-1 zur Unterscheidung von stark wasserdurchlässigem Baugrund, $K > 10^{-4}$ m/sec; oder wenig durchlässigem Baugrund, $K < 10^{-4}$ m/sec, bewertet.

5 W1-E, Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser

Mit Bodenfeuchte ist im Baugrund immer zu rechnen. Bodenfeuchte ist kapillar gebundenes Wasser, dass durch Kapillarkräfte auch entgegen der Schwerkraft transportiert werden kann, sog. Saug-, Haft-, Kapillarwasser.

Nichtdrückendes Wasser bei stark wasserdurchlässigem Baugrund

Voraussetzung sind gut durchlässige Baugründe, z. B. Kies oder Sande ($K > 10^{-4}$ m/sec). Hierbei kann das Wasser in tropfbarer flüssiger Form von der Oberfläche bis zum freien Grundwasserstand absinken, und erzeugt keinen hydrostatischen Druck auf das Bauwerk. Durch eine Dränung nach DIN 4095 kann dieser Lastfall auch künstlich hergestellt werden.

6 W1.1-E, Bodenfeuchte bei Bodenplatte

Hierbei handelt es sich um einen Sonderfall für nicht unterkellerte Bauwerke. Die Oberkante der Rohbodenplatte ist höhengleich oder oberhalb des Geländes. Die Unterkante der Bodenplatte muss mind. 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes liegen.

7 W1.2-E, Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei erdberührten Wänden und Bodenplatten

Hier werden zwei Einbausituationen unterschieden, die in der bisherigen DIN 18195, Teil 4 geregelt wurden:

- Situation 1: Der Boden ist gut durchlässig ($K > 10^{-4}$). Es kann ein hydrostatischer Druck entstehen und die Bodenplatte liegt mind. 30 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes. Es stellt sich der Lastfall Bodenfeuchte ein.

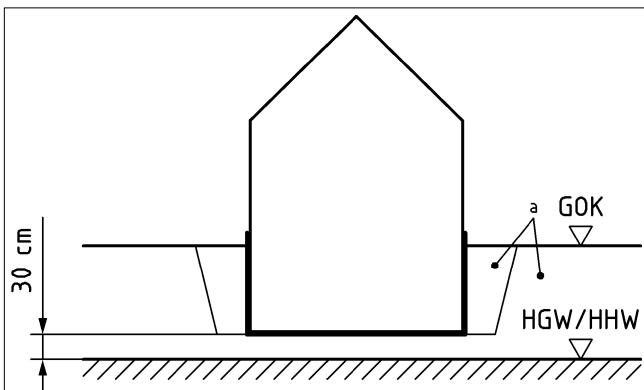


Bild 2: W 1.2-E Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser [1]

- Situation 2: Durch eine fachgerechte Dränung nach DIN 4095 wird der Lastfall Bodenfeuchte künstlich erzeugt. Stauwasser wird vermieden.

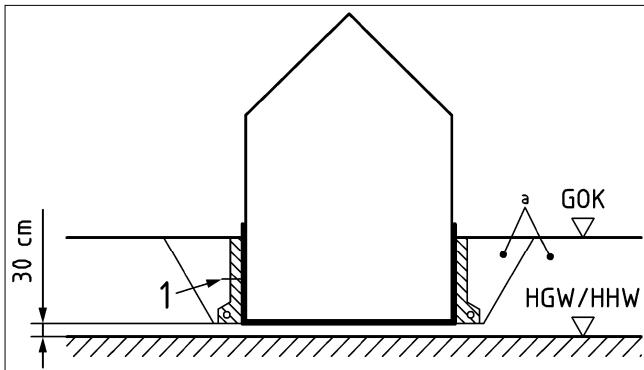


Bild 3: W 1.2-E Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser – mit Dränung [1]

8 W2-E, drückendes Wasser

Drückendes Wasser kann hervorgerufen werden durch Grundwasser, Hochwasser oder auch Stauwasser. Entsprechend wird unterschieden in

9 W2.1- E, mäßige Einwirkung von drückendem Wasser

- Situation 1: Die Abdichtung reicht bis max. 3 m unter Geländeoberkante. Es kann sich Stauwasser bis zu 3 m einstellen. Eine Dränung ist nicht geplant.

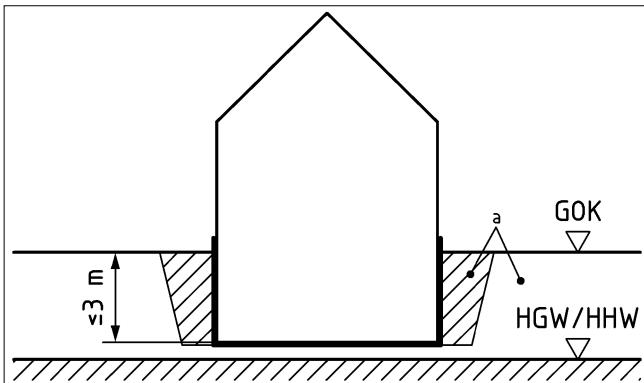


Bild 4: W 2.1-E mäßige Einwirkung von drückendem Wasser - Stauwasser [1]

- Situation 2: Grundwasser wirkt bis zu 3 m auf die Abdichtung ein (Eintauchtiefe ≤ 3 m). Das Bauwerk kann eine größere Einbindetiefe in den Baugrund besitzen.

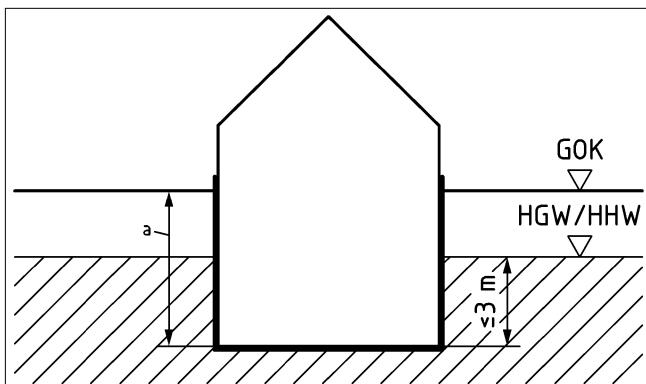


Bild 5: W 2.1-E mäßige Einwirkung von drückendem Wasser - Grundwasser [1]

- Situation 3: Die Bauwerksabdichtung kann mit Hochwasser bis zu 3 m beaufschlagt werden.

10 W2.2-E, hohe Einwirkung von drückendem Wasser

- Situation 1: Stauwasser > 3 m wirkt auf die Abdichtung.
- Situation 2: Grund- oder Hochwasser > 3 m wirken auf die Bauwerksabdichtung.

11 W3-E, nicht drückendes Wasser auf erdberührten Decken

Niederschlagswasser dringt in den Baugrund, sickert auf die geneigte Abdichtung. Eine Stauwasserbildung muss durch Dränung, Gefälle vermieden werden. Der Planer muss berücksichtigen, dass angrenzende aufgehende Fassaden diese Wasserbeanspruchung erhöhen können. Bei dieser Wassereinwirkung darf eine Stauwasserbeanspruchung die Anstauhöhe von 100 mm nicht überschreiten. Bei einer höheren Stauwasserbeanspruchung ist eine Abdichtung gegen drückendes Wasser auszuführen.

12 W4-E, Spritzwasser am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter erdberührten Wänden

Die Spritzwasser- und Sickerwassereinwirkung auf Sockel wird in einem eigenständigen Lastfall geregelt. Es werden unterschiedliche Wandkonstruktionen einschalig, zweischalig unterschieden. Der Wandsockel betrifft den Bereich ca. 30 cm über GOK bis 20 cm unter GOK.

Bei der Planung der Abdichtungskonstruktion muss der Planer Risse aus dem Untergrund und die Leistungsfähigkeit der Abdichtung (Rissüberbrückungsfähigkeit) berücksichtigen.

Die Untergründe werden je nach Aufweitung in Rissklassen unterteilt.

- R1E, gering, Rissbreitenänderung $\leq 0,2$ mm
- R2E, Rissbreitenänderung $\leq 0,5$ mm
- R3-E, hoch, Rissbreitenänderung ≤ 1 mm
- R4-E, sehr hoch, Rissbreitenänderung ≤ 5 mm (Rissversatz ≤ 2 mm)

13 Nutzung des Gebäudes hat Einfluss auf die Planung der Abdichtung

Welche Anforderungen an die Trockenheit der erdberührten Räume stellen Planer bzw. der Bauherr? Die Einführung von Raumnutzungsklassen soll hier Hilfestellung für die Planung geben.

- RN1 – E: die Anforderung an Trockenheit der Räume ist gering, z. B. Werkstätten oder Lagerräume
- RN2 – E: die übliche Anforderung an die Trockenheit z. B. Wohnräume
- RN3 – E: hohe Anforderung an die Trockenheit z. B. Archiv; EDV Räume

14 Planung der Abdichtungsbauart

Bei der Planung der Abdichtung muss sich der Planer mit folgenden Randbedingungen auseinandersetzen:

- Risse im Untergrund
- Art und Beschaffenheit des Untergrundes, z. B. Rauigkeit, Oberflächenfestigkeit
- Temperatureinwirkung auf die Abdichtung und die Gesamtkonstruktion
- Wasserführung, Gefälleausbildung und Entwässerung
- Zugänglichkeit

Den Abdichtungsbauarten lassen sich Rissüberbrückungsklassen zuordnen, abhängig von der Art der Abdichtung und ihrer Leistungsfähigkeit.

A. Kohls, Entwurf DIN 18533 - Abdichtung von erdberührten Bauteilen

- RÜ 1-E – geringe Rissüberbrückung $\leq 0,2$ mm
- RÜ 2-E – mäßige Rissüberbrückung $\leq 0,5$ mm
- RÜ 3-E – hohe Rissüberbrückung $\leq 1,0$ mm mit einem Rissversatz $\leq 0,5$ mm
- RÜ 4-E – sehr hohe Rissüberbrückung $\leq 5,0$ mm mit einem Rissversatz $\leq 2,0$ mm

15 Entwurf DIN 18533 – 2; Abdichtungen mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen

Die bisher in DIN 18195 enthaltenen bahnenförmigen Abdichtungsarten wurden in den Teil 2 der DIN 18533 übernommen und einige neue Bahnentypen neu aufgenommen. Gussasphalt und Asphaltmastix werden im Teil 3 beschrieben. [2]

Dieser Fachbeitrag beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen

16 Entwurf DIN 18533 – 3; Abdichtungen mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen

16.1 Stoffe

Folgende flüssig zu verarbeitende Abdichtungsstoffe werden im Teil 3 der E DIN 18533 beschrieben. [3]

- PMBC Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen
- MDS Mineralische Dichtungsschlämme
- FLK Flüssigkunststoffe
- Gussasphalt
- Asphaltmastix

PMBC Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen

Mit Erscheinen der europäischen Stoffnorm DIN EN 15814 werden Bitumendickbeschichtungen als PMBC bezeichnet.

16.2 Zuordnung der Abdichtungsbauarten

Tabelle1: Zuordnung der Abdichtungsbauarten Beispiel: PMBC und MDS

Nr.	Anwendungsbereich	Raumnutzungsklasse	Wasser-einwirkungsklasse	Rissklasse	Abdichtungsbauart
1	Erdberührte Wand und Sockel	RN1-E bis RN3-E	W1.2-E und W4-E	R1-E bis R3-E	PMBC
2		RN1-E bis RN3-E	W4-E	R1-E bis R3-E	FLK
3		RN1-E bis RN2-E	W1.2-Ea und W4-E	R1-E	rissüberbrückende MDS
4		RN1-E bis RN3-E	W2.1-E	R1-E bis R3-E	PMBC
5-12	Erdberührte Bodenplatte	RN1-E bis RN3-E	W1.1-E	R1-E bis R3-E	PMBC
5-12		RN1-E bis RN2-E	W1.1-E	R1-E	rissüberbrückende MDS
5-12		RN1-E bis RN3-E	W2.1-E	R1-E bis R3-E	PMBC
13-15	Erdüberschüttete Deckenplatte	RN1-E bis RN3-E	W3-E	R1-E bis R3-E	PMBC

16.3 Mindesttrockenschichtdicke

Die Mindesttrockenschichtdicke von flüssig zu verarbeitenden Abdichtungen ist die Schichtdicke, die nach Durchtrocknung und vor Belastung durch Erddruck an keiner Stelle unterschritten werden darf. Der Verarbeiter orientiert sich bei der Verarbeitung an der Nassschichtdicke, die er durch stichprobenartiges Messen kontrolliert. Der Hersteller ist verpflichtet, die erforderliche Nenntröckenschichtdicke festzulegen und die dazugehörigen Nassschichtdicken und Verbrauchsmengen anzugeben. Im Rahmen der Eigenüberwachung wird die Kontrolle der Nassschichtdicke dokumentiert.

16.4 Nenntröckenschichtdicke

DIN 18533 führt neu den Begriff der Nenntröckenschichtdicke ein. Ziel ist es, durch ein Vorhaltemaß die Ausführungssicherheit zu erhöhen. Beim Auftrag soll der Verarbeiter sich an der Nenntröckenschichtdicke orientieren. Diese liegt in der Regel 25% über der Mindesttrockenschichtdicke. Folgende Mindest- und Nenntröckenschichtdicken sind für PMBC lastfallabhängig definiert.

16.5 Sockel

In E DIN 18195 finden sich Darstellungen zum Sockel bei Wärmedämm-Verbundsystemen und bei einschaligem Mauerwerk. Grundsätzlich gilt: Die Abdichtung muss die Bauteile am Übergang zu der mit Spritzwasser beaufschlagten Sockelzone überlappend „unterfahren“. Deutlich einfacher lässt sich die Sockelzone mit einer Reaktivabdichtung wie weber.tec Superflex D24 herstellen. Ein solches Produkt ist bitumenfrei und damit überputzbar. Diese Reaktivabdichtungen sind eine Weiterentwicklung der PMBC und zeichnen sich durch besonders schnelle witterungsabhängige Durchtrocknung und sehr gute Haftung aus. Besonders die „Problempunkte“ wie die Anschlüsse der erdberührten Abdichtung an die bodentiefen Fenster und Türen lassen sich mit dieser Abdichtungsart sicher ausführen. [5]



Bild 6: Abdichtung Türanschluss Reaktivabdichtung weber.tec Superflex D 24 [4]

16.6 Übergang zu wasserundurchlässigen Bodenplatten



Bild 7: Untergrundvorbereitung Bodenplatte fräsen [4]

Im Anschlussbereich zwischen Bodenplatte und aufgehender Wand wird eine Hohlkehle mit einem mineralischen Hohlkehlenmörtel ausgebildet. Die Flächenabdichtung aus PMBC muss mindestens 15 cm auf die Stirnfläche der wasserundurchlässigen Bodenplatte geführt werden.

16.7 Schutzschichten

Der Abdichtungsschutz bietet dauerhafte Sicherheit vor schädigenden Einflüssen und Belastungen. Nach der E DIN 18533 sind Schutzschichten erst nach vollständiger Durchtrocknung der Abdichtungsschicht aufzubringen. Es ist darauf zu achten, dass keine Punkt- und Linienlasten auftreten und keine Bewegungen beim Verfüllen der Baugrube auf die Abdichtung einwirken. Bahnenförmige, vlieskaschierte Schutzmatten aus Kunststoff sind dazu geeignet. Sie stellen neben der Schutzwirkung eine filterstabile Dränmatte nach DIN 4095 dar. Werden Schutz-/ Drän-/ Wärmedämm-/ oder Kombinationsplatten verwendet, so müssen diese formstabil, eng gestoßen und fest auf dem geschützten Fundamentvorsprung aufstehen. Zugelassene Perimeterdämmplatten werden punktförmig, ab aufstauendem Sickerwasser vollflächig auf der durchgetrockneten Flächenabdichtung mit PMBC oder Reaktivabdichtung verklebt.

Literatur

- [1] Entwurf DIN 18533-Teil 1
- [2] Entwurf DIN 18533-Teil 2
- [3] Entwurf DIN 18533-Teil 3
- [4] Firmenliteratur Saint Gobain Weber GmbH
- [5] A. Kohls: Schnittstelle dicht, Ausbau und Fassade, 02/2008

(Leerseite)

Prüfgrundsätze für Holzschutzmittel des DiBt auf dem Prüfstand

M. Pallaske
Bad Berleburg

Zusammenfassung

Die Hersteller von bekämpfend wirksamen Holzschutzmitteln bieten schnell, langsam und verzögert wirksame Bekämpfungsmittel-Typen an. Die zeitliche Abstufung zwischen schnell und langsam wirkend wird in der Regel durch eine deutliche Reduktion des Wirkstoffgehalts (um ca. 40 bis 45%) in den Schutzmitteln erzielt. Unter Inanspruchnahme des Zeitrahmens für die verzögerte Wirksamkeit können beim Hausbockkäfer die Wirkstoffanteile noch weiter reduziert oder unbedenklichere Fraßgifte eingesetzt werden; beim Gemeinen Nagekäfer bietet sich die Möglichkeit auf wasserbasierte Systeme mit käferschlupfverhindernder Wirkung auszuweichen. Den Sachverständigen und Planern wird dadurch die Möglichkeit eröffnet – ausgehend von der Resttragfähigkeit der Konstruktion, der Befallsintensität und den zu erwartenden Folgeschäden – den Zeitrahmen abzuschätzen, in der der Abtötungserfolg sichergestellt sein muss und ob ein nachträglicher Käferschlupf tolerabel ist oder nicht. Diese Überlegungen schaffen in fast allen Fällen Entscheidungsspielräume bei der Auswahl eines geeigneten Bekämpfungsmittel-Typs und erlauben dem Entscheider auch zusätzliche Überlegungen zum gesundheitlichen Verbraucherschutz, erweiterte umweltbezogene und Aspekte der Arbeitssicherheit sowie Wünsche des Auftraggebers in seiner Maßnahmenplanung und Güterabwägung zu berücksichtigen. Planungssicherheit schafft hier seit 12 Jahren die EN 14128, die klare Prüf- und Bewertungskriterien für jeden Bekämpfungsmittel-Typ definiert und – Deutschland ausgenommen – für eine europaweit einheitliche Auslobung der Produkteigenschaften sorgt. In Deutschland ist diese Planungssicherheit in mehrfacher Hinsicht nicht gegeben. Während die Abweichungen der Bewertungskriterien des RAL-GZ 830 von der DIN EN 14128 nur marginal sind, gestatten die Zulassungsgrundsätze für Holzschutzmittel des DIBt die Vergabe des Prüfprädikats „Ib“ an Bekämpfungsmittel mit – für den Planer und Verarbeiter nicht erkennbar – unzureichender Wirksamkeit gegen Nagekäfer. Die Typisierungen „schnell“, „langsam“ und „verzögert“ wirkend werden zwar einheitlich verwendet, sind aber mit sehr unterschiedlichen Anforderungsprofilen unterlegt. Damit fehlen den Sachverständigen und Planern in Deutschland eindeutige und vergleichbare Produktinformationen zur korrekten Nutzung der vorhandenen Spielräume.

1 Einleitung

Die bekämpfend wirksamen Holzschutzmittel gliedern sich in drei Typen: „schnell“, „langsam“ und „verzögert“ wirksame Mittel. Diese Typisierung basiert weitestgehend auf unterschiedlich langen Wartezeiten, die zwischen dem Zeitpunkt der Schutzmittelbehandlung und der Auswertung der Überlebensrate in den jeweiligen Wirksamkeitsprüfungen einzuhalten sind.

Die Wirkungsgeschwindigkeit von bekämpfend wirksamen Holzschutzmitteln ist in den Prüfnormen DIN EN 22 [1] (für Larven des Hausbockkäfers) und DIN EN 48 [2] (für Larven des Gemeinen Nagekäfers) festgelegt. Ursprünglich war der Zeitraum der schnellen Wirksamkeit für die Bewertung von lösungsmittelbasierten Bekämpfungsmitteln mit organischen Wirkstoffen vorgesehen. Der Zeitraum der langsamen Wirksamkeit diente zur Bewertung der früher üblichen wasserlöslichen Bekämpfungsmittel (UB-Salze) auf Basis Hydrogenfluorid.

Diese Differenzierung nach Schutzmittel-Typ war aber nie Bestandteil der Prüfnormen und wird seit Mitte der 80^{er} Jahre von den Schutzmittelherstellern im Sinne des Verbraucherschutzes zur Reduktion des Wirkstoffgehalts in den Bekämpfungsmitteln genutzt. Die Nutzung der verlängerten Prüfzeiten gestattet i.d.R. eine Herabsetzung der Insektizid-Konzentration um ca. 30 bis 45 Prozent. Aus diesem Grund wurde die Unterscheidung zwischen schnell und langsam wirkend auch in die neuere DIN EN 1390 [3] übernommen, die die DIN EN 22 abgelöst hat.

Ende der 90^{er} Jahre wurde die DIN EN 1390 um eine verlängerte Prüfzeit ergänzt und damit das Bewertungskriterium für „verzögert“ wirksame Bekämpfungsmittel gegen den Hausbockkäfer geschaffen. Dies bot den Schutzmittelherstellern die Möglichkeit – wiederum im Sinne des Verbraucherschutzes – auch gegen dieses Schadinsekt entweder die Wirkstoffanteile noch weiter zu senken oder Fraßgifte mit günstigerem toxikologischen/ökotoxikologischen Profil einzusetzen.

Mit der Erweiterung der DIN EN 1390 wurde insbesondere den sehr langsam wirkenden, Bor-haltigen Präparaten der Weg in die Hausbock-Bekämpfung geebnet. Der Erfolg dieser Produktgruppe war vermutlich weniger ihrer Wirksamkeit geschuldet, sondern vielmehr der Tatsache, dass Bor bis vor wenigen Jahren ein nicht-kennzeichnungspflichtiges Biozid war. Borprodukte konnten damals auch ohne Sachkundenachweis nach Gefahrstoffverordnung verarbeitet werden.

Ein wenig anders stellt sich die Situation beim Gemeinen Nagekäfer dar. Bei diesem Schadorganismus existiert das Bewertungskriterium für „verzögert“ wirkend seit mehreren Jahrzehnten. Es basiert auf derselben Prüfzeit wie beim Hausbockkäfer (52 Wochen), ist aber abweichend über die „Verhinderung des Käferschlups“ definiert und erfordert einen eigenen Wirksamkeitsnachweis nach DIN EN 370 [4].

Die unterschiedlichen Bekämpfungsmitteltypen verschaffen den Sachverständigen und Planern zusätzliche Freiheitsgrade bei der Mittel-Auswahl. Stellt die Resttragfähigkeit der Konstruktion ein Problem dar, dann ist meist ein schnell wirksames Präparat angebracht.

Ist die Resttragfähigkeit kein Problem, aber eine nachträgliche Wärmedämmung vorgesehen, dann kann auf langsam wirkende Produkte ausgewichen werden. Diese töten den Befall im Larvenstadium ab und verhindern mit Sicherheit das Durchnagen von Baufolien und Dampfsperren durch nachträglich schlüpfende Käfer.

Bleibt die Konstruktion hingegen später offen und eine geringe Anzahl nachträglich schlüpfender Käfer ist tolerabel, dann können auch verzögert wirksame Mittel sinnvoll eingesetzt werden.

Die Abschätzung des Zeitrahmens, in der der Abtötungserfolg sichergestellt sein muss, schafft in fast allen Fällen Entscheidungsspielraum bei der Auswahl eines geeigneten Bekämpfungsmittel-Typs. Durch die Nutzung dieses Spielraums kann der Entscheider einerseits den Wirkstoffeintrag in das unmittelbare Wohnumfeld im Sinne des gesundheitlichen Verbraucherschutzes minimieren. Andererseits kann er umweltbezogene und Arbeitssicherheits-Aspekte sowie Wünsche des Auftraggebers in seiner Maßnahmenplanung und Güterabwägung berücksichtigen.

2 EU-konforme Typisierung von Bekämpfungsmitteln gemäß DIN EN 14128

Die DIN EN 14128 [5] ist keine Prüfnorm, sondern eine Anforderungsnorm. Sie wurde geschaffen, um europaweit die Anforderungskriterien an den - über die jeweiligen Wirksamkeitsprüfnormen nachzuweisenden – Abtötungserfolg zu vereinheitlichen und einem Schutzmitteltyp zuzuordnen.

Die zeitliche Abgrenzung bis zum Erreichen der geforderten Mortalität ist für jeden Mittel-Typ im Abschnitt 8.6 [5] dieser Norm definiert (siehe Tabelle 1).

Eine Sonderstellung nimmt die verzögerte Wirksamkeit ein und ist in der DIN EN 14128 beschränkt auf die Wirksamkeit gegen den Gemeinen Nagekäfer durch Verhinderung des Käferschlupfs (siehe Tabelle 1).

Für den Hausbockkäfer existiert keine adäquate Prüfnorm; die verzögerte Wirksamkeit, die aus der DIN EN 1390 abgeleitet werden kann, stellt keine Anforderungen an eine Verhinderung des Käferschlupfs und ist derzeit noch eine deutsche Sonderregelung.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Anforderung an die Wirkungsgeschwindigkeit der verschiedenen Bekämpfungsmittel-Typen gemäß DIN EN 14128 [5], RAL-GZ 830 [6] und DiBt [8]:

Schadins-sekt:	<i>Hausbockkäfer</i> (<i>Hylotrupes bajulus L.</i>)			<i>Gemeiner Nagekäfer</i> (<i>Anobium punctatum De Geer</i>)					
Prüfnorm:	DIN EN 1390 [3] (DIN EN 22) [1]			DIN EN 48 [2]			DIN EN 370 [4]		
Bezeich-nung der Wirkungs-geschwin-digkeit	gemäß DIN EN 14128	gemäß RAL-GZ 830	gemäß DIBt	gemäß DIN EN 14128	gemäß RAL-GZ 830	gemäß DIBt	gemäß DIN EN 14128	gemäß RAL-GZ 830	gemäß DIBt
<i>schnell wirkend</i>	12	12 oder 24	12	8	8 oder 16	12			
<i>langsam wirkend</i>	24	nicht vorge-sehen	52	16	nicht vorge-sehen	52			
<i>verzögert wirkend</i>	nicht vorge-sehen	52	52				≥ 52	max. 52	
Wirksam-keits-Kriterium	80% Mortalität	80% Mortalität	80% Mortalität	80% Mortalität	80% Mortalität	80% Mortalität	max. 3 ge-schlüpft-e Käfer	0 ge-schlüpft-e Käfer	0 ge-schlüpft-e Käfer

Für alle Bekämpfungsmittel-Typen kann davon ausgegangen werden, dass der gemäß DIN EN 14128 nach Ablauf der Prüfzeit ermittelte Abtötungserfolg nur bedingt in die Praxis übertragen werden kann. Nur selten wird am Bekämpfungsobjekt der vorgesehene Abtötungserfolg innerhalb der Zeit erreicht, die unter Laborbedingungen gemäß Prüfnorm ermittelt wurde. In der Praxis kann davon ausgegangen werden, dass ein vollständiger Abtötungserfolg bestenfalls nach der gemäß Norm angewandten Prüfzeit erreicht wird. Er sollte sich aber erfahrungsgemäß spätestens nach der zweifachen Prüfzeit eingestellt haben. Dieser Zeitrahmen liegt für alle drei Bekämpfungsmittel-Typen innerhalb der gesetzlichen Gewährleistungfristen. Wird er überschritten, dann sollte die sachgemäße Verarbeitung des Mittels überprüft und/oder die zugrundeliegende Wirksamkeitsbewertung kritisch hinterfragt werden.

3 Die Bewertungskriterien des DIBt zur Erteilung des Prüfprädikats „Ib“

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) bewertet die Eignung von Holzschutzmitteln, die für die Anwendung im bauaufsichtlich geregelten Bereich vorgesehen sind. Die Beurteilung der technischen Eignung von Bekämpfungsprodukten erfolgt auf Grundlage der Bewertungskriterien in den „Zulassungsgrundsätzen für Holzschutzmittel“ [8].

Eine äußerst fragwürdige Gleichstellung der Insektizid-Toleranz von Hausbock und dem Gemeinen Nagekäfer findet sich in Abschnitt 4.3.1 dieser „Zulassungsgrundsätze für Holzschutzmittel“:

„4.3.1 Allgemeine Prüfbedingungen

:

Für Wirkstoffe, von denen bekannt ist, dass sie sowohl für Hausbock und für Anobien wirken, genügt eine auf den Hausbock ausgerichtete Prüfung.
: [8]

Es ist seit über 30 Jahren bekannt, dass ältere Larven des Gemeinen Nagekäfers gegenüber Pyrethroiden deutlich weniger empfindlich reagieren als die des Hausbockkäfers [9] und – mit Permethrin als Insektizid – etwa 50% mehr Wirkstoff für einen Abtötungserfolg benötigt wird. Mit dieser Festlegung in Abs. 4.3.1 [8] ermöglicht das DIBt die bauaufsichtliche Vergabe des Prüfprädikats „Ib“ für Bekämpfungsmittel, die keine ausreichende Wirksamkeit gegenüber dem Gemeinen Nagekäfer haben.

Ganz anders – und sachlich korrekt – findet sich dieser Sachverhalt in der DIN EN 14128 wieder; hier wird ein Wirksamkeitsnachweis gegenüber der tolerantesten Käferart – sofern bekannt – gefordert oder gegenüber beiden Käferarten (Hausbock und Gemeiner Nagekäfer) – sofern nicht bekannt (DIN EN 14128, Abs. 5.2.3 [5]).

Die Abweichungen der Kriterien in den „Zulassungsgrundsätzen für Holzschutzmittel“ von der DIN EN 14128 im Hinblick auf die Typisierung der Wirkungsgeschwindigkeit sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Normkonform mit der DIN EN 14128 ist lediglich die Anforderung an schnell wirksame Mittel gegen den Hausbockkäfer. Die Prüfzeiten für langsam wirkende Präparate sind jedoch auf ein Jahr verlängert und entsprechen damit exakt der Prüfzeit für verzögert wirkende Produkte. Es ist also in das Belieben des Antragstellers gestellt, unter welcher Bezeichnung der Wirkungsgeschwindigkeit die Produktzulassung erteilt werden soll. Dies wird in der Regel genutzt, um die verzögert gegen den Hausbock wirksamen Bor-Präparate nach außen hin besserzustellen.

Eine weitere, ebenfalls sehr fragwürdige Gleichstellung beinhalten die Kriterien zur Bewertung der Wirksamkeit gegen „Anobiiden“:

„4.3.3 Prüfung der Bekämpfung eines Befalls durch Anobiiden

➤ Mittel mit schneller Wirkung

DIN EN 48

Anforderungen: Nach 12 Wochen Versuchszeit müssen mindestens 80% der eingesetzten Larven abgetötet sein.

➤ Mittel mit langsamer Wirkung

DIN EN 48

Anforderungen: Nach 52 Wochen Versuchszeit müssen mindestens 80% der eingesetzten Larven abgetötet sein.

➤ Mittel mit verzögerter Wirkung

DIN EN 370

Anforderungen: kein Käferschlupf [8]

Hier werden Prüfkriterien für die Käferfamilie der „*Anobiiden*“ festgelegt und damit aus dem Wirksamkeitsnachweis gegenüber dem Gemeinen Nagekäfer direkt auch eine Wirksamkeit gegen den Gescheckten Nagekäfer (und den Trotzkopf usw.) abgeleitet. Dieser hohe Anspruch lässt völlig außer Betracht, dass man mit dem Gescheckten Nagekäfer bis heute keine valide Wirksamkeitsprüfung durchführen kann. Daher existiert bislang keine Datenlage zur Wirksamkeit, die diese Ableitung rechtfertigen könnte. Hinzu kommt, dass die Biologie der beiden *Anobiiden*-Arten sehr unterschiedlich ist. Der in diesem Zusammenhang wesentlichste Unterschied ist, dass der Gemeine Nagekäfer zur Verpuppung an die (behandelte) Holzoberfläche kommen muss, um hier seine Puppenwiege anzulegen. Der Gescheckte Nagekäfer muss dies nicht unbedingt, er kann sich auch in kernfaulen Bereichen im Inneren des Holzes – unter Meidung der behandelten Oberflächen – fortpplanzen. Diesem Schadorganismus ist meist nur über flankierende, anwendungstechnische Maßnahmen (wie z.B. Bohrlochtränkung) beizukommen. Vor einer Wirksamkeitsbewertung gegenüber dem Gescheckten Nagekäfer hat die Expertengruppe der europäischen Normung kapitulierte und ihre Kapitulationsbedingungen im Anhang B der DIN EN 14128 [5] niedergelegt.

Folgt man der inneren Logik der „Zulassungsgrundsätze für Holzschutzmittel“ des DIBt, dann ist zunächst die Wirksamkeit gegenüber dem Hausbockkäfer nachzuweisen. Da alle zurzeit verfügbaren Insektizide sowohl gegen den Hausbock als auch gegen den Gemeinen Nagekäfer wirksam sind, ist damit nach Abs. 4.3.1 in [8] auch der Nachweis der Wirksamkeit gegen den Gemeinen Nagekäfer erbracht. Mit der so – über eine Hausbock-Prüfung – abgeleiteten Wirksamkeit gegen den Gemeinen Nagekäfer ist dann zusätzlich die allgemeine *Anobiiden*-Wirksamkeit – auch gegen den Gescheckten Nagekäfer – bestätigt (Abs. 4.3.3 in [8]). Auf der Grundlage dieser Argumentationskette wird das Prüfprädikat „Ib“ erteilt und das Bekämpfungsmittel kann jetzt offiziell zur Bekämpfung aller Schadinsekten im bauaufsichtlich geregelten Bereich eingesetzt und ausgelobt werden – ohne Wirksamkeitsnachweis gegen den Gemeinen Nagekäfer, ohne Anpassung des Insektizid-Anteils und ohne Erhöhung der Aufbringmenge. Die Erfahrungen mit der voll umfänglichen Umsetzung aller Möglichkeiten dieser inneren Logik in die Praxis sind sehr gut in dem Fachaufsatz „Bor – ein Nachruf?“ [7] dokumentiert und legen das Versagen der bauaufsichtlich etablierten Bewertungskriterien für das Prüfprädikat „Ib“ nahe.

4 Zusammenfassung

Das DIBt stellt beim Hausbockkäfer die langsam wirkenden Präparate über die Verlängerung der Prüfzeit auf ein Jahr mit den verzögert wirkenden gleich und überlässt die Auslobung einfach dem Antragsteller. Beim Gemeinen Nagekäfer wird langsam wirkenden Präparaten durch die Verdreifachung der Prüfzeit ein ganz erheblicher Vorteil eingeräumt. Diese Ausweitung der Prüfzeiten hebt geltende Prüf- und Bewertungsnormen aus und konterkariert vollständig den Sinn der Bekämpfungsmittel-Typisierung. Sie verschafft bauaufsichtlich bewerteten Produkten fast überall Markt-vorteile gegenüber Produkten, die nach RAL-GZ 830 [6] oder DIN EN 14128 [5] bewertet wurden. Darüber hinaus enthalten die Prüfgrundsätze eine äußerst unübliche Gleichstellung der Schadorganismen, die in der Praxis zum Versagen der bewerteten Produkte gegenüber dem Gemeinen Nagekäfer und/oder dem Gescheckten Nagekäfer führen kann. Es ist daher ausgesprochen fraglich, ob eine direkte Umsetzung der Prüfgrundsätze zu praxistauglichen Produkten führen würde. Da das DIBt die Bewertung der Wirksamkeit aber von erfahrenen und hochkompetenten externen Gutachtern durchführen lässt, kann davon ausgegangen werden, dass durch diese Maßnahme ein „Selbstheilungsprozess“ bei der Produktbewertung stattfindet und meist Schlimmeres verhindert wird.

Die für eine Planungssicherheit benötigten Detail-Informationen sind zurzeit am ehesten aus der Bewertung der Gütegemeinschaft Holzschutzmittel E.V. zu ersehen. Nach der Neufassung der Prüf- und Gütebestimmungen des RAL-GZ 830 [10] wird dort die DIN EN 14128 vollständig umgesetzt sein.

Voll umfänglich sind alle Einzelheiten zur Wirksamkeit derzeit meist nur durch eine gezielte Anfrage bei den Herstellern unter Bezugnahme auf die DIN EN 14128 erhältlich.

Derzeit befinden sich die meisten Bekämpfungsmittel im europäischen Zulassungsverfahren gemäß BPR [11]. Die Produktbewertung im Rahmen dieses Zulassungsprozesses erfolgt auf der Grundlage der DIN EN 14128 und wird die DiBt-Zulassung und damit das Prüfprädikat "Ib" ersetzen. Die zukünftige Produktauslobung wird gemäß folgendem Schema erfolgen (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2: Auslobung der Wirksamkeit von Bekämpfungsmitteln (aus: DIN EN 14128 [5]):

Beispiel für ein System zur Beschreibung der Wirksamkeit eines Bekämpfungsmittels gegen Käfer

Tabelle C.1

Insektenart	Hylotrupes (C-H)	Anobium (C-A)	Hylotrupes und Anobium (C-I)
Typ des Bekämpfungsmittels:			
<i>schnell wirkend</i>	o	o	o
<i>langsam wirkend</i>	o	o	o
<i>mit verzögter Wirkung</i>		o	o
Wirksame Menge	xxx	xxx	xxx
g/m² oder ml/m²	g/m ²	g/m ²	g/m ²

Die Produktbewertung im Rahmen der BPR schafft allerdings auch Auslobungsprobleme. Während es bislang selbstverständlich war, dass ein Bekämpfungsmittel nach der Verarbeitung auch einen vorbeugenden Schutz bewirkt, muss diese Eigenschaft jetzt explizit über die entsprechenden Wirksamkeitsprüfungen nachgewiesen werden. Durch den Rückzug des DIBt aus dem Zulassungs- und Bewertungsverfahren für Holzschutzmittel wird über die BPR in naher Zukunft eine europaweit einheitliche Produktbewertung und -auslobung eingeführt, die eindeutige und vergleichbare Aussagen über die Leistungsfähigkeit von bekämpfend wirksamen Holzschutzmitteln sicherstellt.

Literatur

- [1] DIN EN 22: *Holzschutzmittel; Bestimmung der bekämpfenden Wirksamkeit gegenüber Larven von Hylotrupes bajulus (Linnaeus) (Laboratoriumsverfahren)*; 1975
- [2] DIN EN 48: *Holzschutzmittel; Bestimmung der bekämpfenden Wirksamkeit gegenüber Larven von Anobium punctatum (De Geer) (Laboratoriumsverfahren)*; 2005
- [3] DIN EN 1390: *Holzschutzmittel; Bestimmung der bekämpfenden Wirksamkeit gegenüber Larven von Hylotrupes bajulus (Linnaeus) (Laboratoriumsverfahren)*; 2006
- [4] DIN EN 370: *Holzschutzmittel; Bestimmung der auf Schlupfverhinderung beruhenden bekämpfenden Wirksamkeit gegenüber Anobium punctatum*

(De Geer) (Laboratoriumsverfahren); 1993

- [5] DIN EN 14128: Anforderungen an Holzschutzmittel zur Bekämpfung von holzzerstörenden Organismen wie sie durch biologische Prüfungen ermittelt werden; 2004
- [6] RAL-GZ 830: Prüf- und Gütebestimmungen der Holzschutzmittel-Gütesicherung RAL-GZ 830. Gütegemeinschaft Holzschutzmittel E.V.; 2007
- [7] Peylo, A.: Bor – ein Nachruf? Schützen und Erhalten, pp20; 2013
- [8] DiBt: Zulassungsgrundsätze für Holzschutzmittel, Anforderungen an die Prüfungen der biologischen Wirksamkeit von Holzschutzmitteln für die Erteilung einer bauaufsichtlichen Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik; 2005
- [9] Carter, S.W.: The use of synthetic pyrethroids as wood preservatives. B.W.P.A. Annual Convention, pp32; 1984
- [10] RAL-GZ 830: Prüf- und Gütebestimmungen der Holzschutzmittel-Gütesicherung RAL-GZ 830. Gütegemeinschaft Holzschutzmittel E.V.; 2014 (im Druck)
- [11] BPR: Verordnung über Biozidprodukte (BPR, Verordnung (EU) Nr. 528/2012); 2012

(Leerseite)

Bekämpfende Holzschutzmittel – Wirksamkeit und Umweltaspekte

R. Wegner
Eberswalde

Zusammenfassung

Im Rahmen eines vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Gemeinschaftsprojektes wurde von der Firma Kurt Obermeier ein Bekämpfungsmittel auf Basis des Insektizides Cypermethrin (Kontakt-/Fraßgift) und des Trägerlösemittels Rapsölmethylester (RME) entwickelt. Das Produkt zeigt die für einen schnellen Bekämpfungserfolg erforderliche Penetration eines klassischen mineralölbasierten Systems ohne dessen kritische VOC-Eigenschaften nach der Oberflächenapplikation. Durch Bohrlochtränkung eingebracht, erfolgt die Ausbreitung ebenso wie bei lösemittelhaltigen und wasserbasierten Bekämpfungsmitteln fast ausschließlich in Faserrichtung. Die Vorteile des Testproduktes liegen neben seiner hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit in der längerfristig guten Penetration über vorhandene Fraßgänge hinaus, die den Ausweichspielraum der Larven stark einschränken.

Die durch Zusatz von Photokatalysatoren (Titandioxid) angestrebte Schaffung Biozid-freier Holzoberflächen konnte aufgrund der besonderen Penetrationseigenschaften des Testproduktes nur in Ansätzen chemisch-analytisch abgebildet werden. Der Zusatz von Titandioxid zum Testprodukt führt zu erhöhten Oberflächenkonzentrationen an RME, was den photokatalytischen Abbau von Cypermethrin verringert und die Übertragung auf abgelagerten Staub nicht vermindert. Durch den Zusatz des Photokatalysators wurden keine Biozid-freien, jedoch Biozid-ärmeren Holzoberflächen erreicht. Dagegen führt die UV-Bestrahlung behandelter Holzoberflächen zu einem massiven Anstieg der VOC-Emissionen. Die photokatalysierten Abbau- und Folgereaktionen der Komponenten des Trägerlösemittels RME verschieben mit der Bildung kurzkettiger Aldehyde, Carbonsäuren, Carbonsäureester und Ketone das Emissionsprofil des Testproduktes in den VOC-/VVOC-Bereich hinein.

1 Einführung

Die grundlegenden Anforderungen an Holzschutzmittel mit bekämpfender Wirksamkeit werden durch die EU-Regelungen der Biozidprodukten-Verordnung und der Bauprodukte-Verordnung definiert. Bei hinreichender Wirksamkeit gegenüber den Zielorganismen dürfen die zugelassenen Produkte nur akzeptable Risiken in Hinblick auf Umwelt, Gesundheit und Arbeitsschutz aufweisen.

Dabei spielen neben den Basiseigenschaften des eingesetzten Biozids selbst, formulierungstechnische Aspekte eine wesentliche Rolle. Die Art der Formulierung und die Formulierungskomponenten prägen entscheidend das Penetrations- und Emissionsverhalten, die wiederum die Wirksamkeit und das Umweltverhalten bedingen.

Innerhalb eines vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Vorhabens (2012-2015) mit dem Ziel einer zielgerichteten und weitgehend nebenwirkungsfreien Bekämpfung holzzerstörender Insekten, wurden an durch den Projektpartner, die Firma Kurt Obermeier entwickelten Testformulierungen, die relevanten Produkteigenschaften Penetrations- und Emissionsverhalten untersucht. [1, 2, 3] Als zielgerichtet ist hierbei ein schneller Bekämpfungserfolg und als nebenwirkungsfrei sind biozidfreie Holzoberflächen und ein VOC-Verhalten, das heutigen Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft gerecht wird, zu verstehen.

Leistungsträger unter den Bekämpfungsmitteln sind seit Jahrzehnten mineralölbasierte Präparate. Diese enthalten typischerweise hohe Anteile an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC; Retentionsbereich C_6 bis C_{16} , Siedebereich: ca. 50 – 260°C) und beeinträchtigen nach der Bekämpfung zwangsläufig die Innenraumluftqualität. Derartige VOC-Emissionen werden in Deutschland im Zuge der teilweise noch notwendigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Bekämpfungsprodukte durch das DIBt nach dem AgBB-Schema bewertet und können je nach Emissionsverhalten des Produktes zu mehrwöchigen Wartezeiten zwischen Behandlung und Wiedernutzung der Räumlichkeiten führen. [9, 10]

2 Anforderungen an die Wirksamkeit

Die spezifischen prüftechnischen Anforderungen hinsichtlich der Wirksamkeitsnachweise und Typisierung von Bekämpfungsmitteln gegen holzzerstörenden Käfer werden durch DIN EN 14128 vorgegeben (Tabelle 1). [4] Die Bewertungen im Rahmen der Biozidprodukten-Verordnung basieren auf diesen Vorgaben. [5]

Prüftechnische Nachweise der bekämpfenden Wirksamkeit sind somit gegenüber Hausbock und Gewöhnlichen Nagekäfer zu erbringen.

Die ganz überwiegende Zahl der Bekämpfungsmaßnahmen wird durch Oberflächenapplikation der Schutzmittel ausgeführt. Die Schutzmittel müssen für den Wirkungserfolg tief in das Holz eindringen. In der penetrierten Zone erfolgt eine Abtötung der Insektenlarven und nach Verdunstung des Lösemittels bildet das verbliebene Insektizid eine Sperrzone, die Verpuppung und Käferschlupf verhindern soll. Die typischen nicht wasserlöslichen organischen Wirkstoffe (Pyrethroide: z.B. Permethrin, Cypermethrin) müssen entweder lösemittelbasiert oder als wasserbasierende Emulsionen formuliert

sein. Wässrige Lösungen mit dem einzigen hierfür zur Verfügung stehenden Wirkstoff Bor haben sich weniger bewährt, da sie teilweise mäßig penetrieren und extrem verzögert wirken.

Tabelle 1: Mindestanforderungen an die Wirksamkeit nach DIN EN 14128

Prüfinsekt	Wirkungsgeschwindigkeit	Prüfnorm	Mindest-mortalität	Prüfdauer
Hausbock <i>Hylotrupes bajulus</i>	schnell	EN 1390 (EN 22)	80%	12 Wochen
	langsam	EN 1390 (EN 22)	80%	24 Wochen
	verzögert	-	-	-
Gewöhnlicher Nagekäfer <i>Anobium punctatum</i>	schnell	EN 48	80%	8 Wochen
	langsam	EN 48	80%	16 Wochen
	verzögert	EN 370	96%	48 - >52 Wochen

Um ein praxistaugliches Wirksamkeitsprofils, möglichst kurze Wartezeiten gemäß VOC-Bewertung nach AgBB und wenige Auflagen im Rahmen der BPR-Zulassung zu erreichen, wurde durch die Fa. Obermeier Versuchsformulierungen auf Basis des Trägerlösemittel Rapsölmethylester (RME) entwickelt und deren Penetrationsverhalten und Wirksamkeit geprüft. Neben Cypermethrin als Insektizid (0,15%) und RME (84,85%) enthält dieses 15,0% eines Flammenschutzadditivs. Der Wirkstoff Cypermethrin ist direkt in RME löslich und lässt somit eine homogene Verteilung im Holz erwarten. RME als nicht VOC-haltiges Lösemittel verbleibt nach der Applikation im Holz und verdunstete im Test nur in sehr geringem Umfang. [2, 3]

Die Penetration bei Oberflächenanwendung wurde durch Zusatz von Sudanrot visualisiert und die Wirkungstiefe durch einen neu entwickelten Kontakttest mit flugunfähigen Fruchtfliegen (*Drosophila hydei*) ermittelt. Parallel wurden 2 weitere Testformulierungen mit dem Insektizid Permethrin (0,15 – 0,25%) in folgenden Träger-/Hilfslösungsmittel-Kombinationen eingesetzt: Isoparaffin/aromatenhaltiges Testbenzin und entaromatisiertes Testbenzin D60/Carbonsäureester. Die Testformulierung auf Basis von RME zeigt homogene und ausgezeichnete Penetration mit schneller Wirksamkeit gegenüber Hausbocklarven (Bild 2). Vergleichbare Ergebnisse mit nahezu homogener Verteilung liefert die Testformulierung mit dem geruchsarmen Trägerlösemittel Isoparaffin. Nur die Kombination von klassischem entaromatisierten Testbenzin mit dem höher viskosen und siedenden Hilfslösungsmittel Carbonsäureester liefert bei inhomogener Wirkstoffpenetration keine ausreichende Wirksamkeit (Tabelle 2). [2, 3]

Bemerkenswert am dem RME-System ist die bei nur etwas geringerer Penetrationsgeschwindigkeit im Vergleich zum Isoparaffin lang anhaltende Penetrationsfähigkeit und dies sowohl im gut wegsamen Kiefernspint als auch im schlecht wegsamen Fichtenholz (Bild 1).

Tabelle 2: Penetrationsverhalten und Wirksamkeit nach Pallaske [2, 3]

Testformulierung	max. radiale Penetration (visuell)	max. Penetration (Biostest)	EN 1390 (Hausbock)
Cypermethrin, RME	<u>Kiefer</u> : 11 mm (2 Wochen), 17 mm (24 Wochen); <u>Fichte</u> : 7 mm (12 Wochen); 8 mm (24 Wochen)	15 mm	100% Mortalität 12 Wochen (tote Larven in 3 – 15 mm Tiefe)
Permethrin, Isoparaffin, arom. Testbenzin	<u>Kiefer</u> : 12 mm (2 Wochen); <u>Fichte</u> : 7 mm (12 Wochen)	15 mm (ab 10 mm geringe Wirkungsabnahme)	100% Mortalität 12 Wochen (tote Larven in 3 – 15 mm Tiefe)
Permethrin, entarom. Testbenzin, Carbonsäureester	<u>Kiefer</u> : 12 mm (2 Wochen)	2,5 mm	35% Mortalität 32 Wochen (tote Larven in 2 – 12 mm Tiefe; lebende Larven in 2 – 20 mm Tiefe)

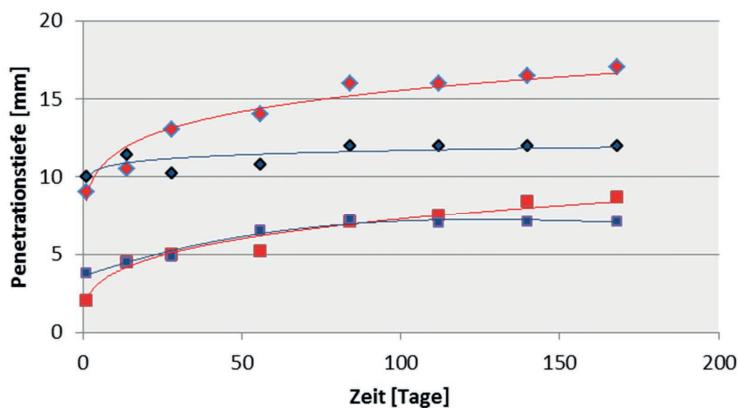


Bild 1: Radiale Penetration der Testformulierungen mit RME (rot) und mit Isoparaffin (blau) in Kiefer und Fichte nach Pallaske [2]

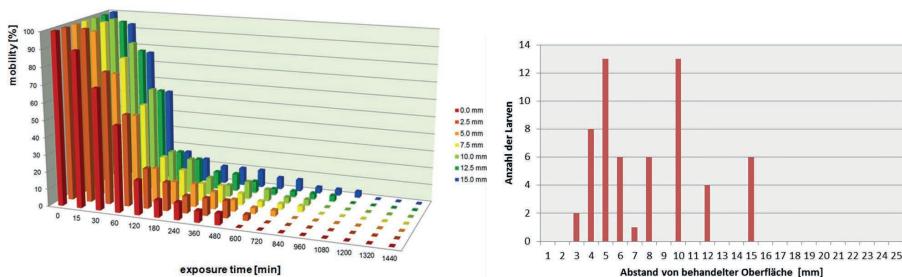


Bild 2: Links: Testformulierung auf RME Basis: Zeitverlauf der Wirksamkeit im Kontakttest (*Drosophila hydei*) nach Abhobeln der behandelten Oberflächen in 2,5 mm Schritten; Rechts: Abstand der Hausbocklarven von der behandelten Holzoberfläche im DIN EN 1390-Test nach 12 Wochen nach Pallaske [2, 3]

Auf Basis der Testformulierung mit RME wurde das Produkt Koratect® Ib zur Markt-reife und Zulassung (Z-58.2-1677) gebracht. Die Wirksamkeit wurde auch gegenüber Gewöhnlichen Nagekäfer sowohl auf Kiefer (Mortalität von 90,1% nach 16 Wochen) als auch auf Buche (Mortalität von 95,8% nach 16 Wochen) nachgewiesen. Darüber hinaus zeigt das Produkt nur geringe VOC-Emissionen, die keinerlei Wartezeiten erforderlich machen. Mit einer Vorkonditionierung von nur 1 Tag werden die AgBB-Anforderungen für den 28-Tage-Prüfkammertest von 1 mg/m³ TVOC bzw. R-Wert von 1,0 mit 0,5 mg/m³ bzw. 0,3 erfüllt.

3 Penetrationsverhalten

Bei Oberflächenapplikation von Bekämpfungsmitteln lassen sich Biozid-Rückstände auf den Holzoberflächen kaum vermeiden. Eine bestehende Möglichkeit diese zu minimieren, bei gleichzeitig tiefenwirksamer Behandlung mit der Chance auf schnellen Bekämpfungserfolg, ist die Bohrlochinjektage.

Die Penetrationsgeschwindigkeit und die langfristige Verteilung wurden an 3 unterschiedlichen Formulierungstypen mittels CT-Messung und durch Visualisierung mittels Farbstoffen bzw. Anfärbung untersucht (Bild 3).

In diese Untersuchungen wurden 3 Schutzmitteltypen einbezogen: Das Testprodukt auf RME-Basis mit Cypermethrin und 2 marktübliche Bekämpfungsprodukte auf Testbenzin-Basis mit Permethrin sowie auf Wasser/Glykol-Basis mit Borverbindungen. Für die Versuche wurden Prüfkörper aus Kiefer, Fichte, Eiche und Buche verwendet.



Bild 3: CT-Messung an fehlerfreien Prüfkörpern (200 mm x 120 mm x 50 mm bzw. 400 mm 120 mm x 50 mm; mittig angeordnete Bohrlöcher Ø 10 mm; 80 mm tief) nach der Befüllung

Mittels CT-Messungen ließ sich das Penetrationsverhalten der Produkte über ca. 80 Minuten verfolgen (Bild 4 und 5). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit sinkt in der Reihenfolge: lösemittelhaltiges Ib-Mittel > Testprodukt > wasserbasiertes Ib-Mittel. Die Ausbreitung erfolgt nahezu ausschließlich in axialer Richtung (Faserverlauf). Im Kernholz sowie in tangentialer Richtung ist die Eindringung minimal (wenige Millimeter). Die erreichte Penetration ist für das lösemittelhaltige Ib-Mittel und das Testprodukt vergleichbar, hierbei wird die maximal mögliche axiale Eindringung erreicht. Die absolute Lösungsaufnahme im betrachteten Zeitraum ist für das wasserbasierte Ib-Mittel deutlich geringer.

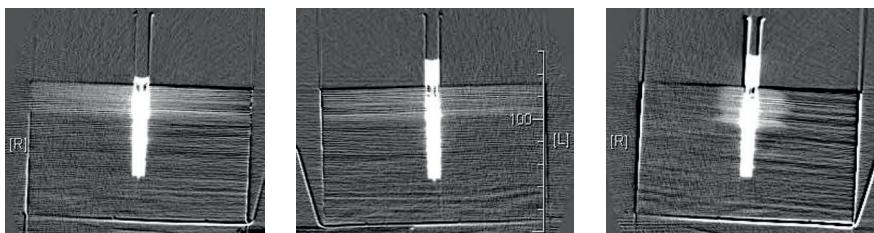


Bild 4: Axiale Schutzmittelpenetration in Kiefernsplint (oberes Viertel der Prüfkörper) ausgehend von den radialen Bohrlöchern; Links: Testprodukt (RME/Cypermethrin) 95 mm nach 81 Minuten; Mitte: Ib-Mittel (Permethrin) 95 mm nach 21 Minuten; Rechts: Ib-Mittel (Bor) 29 mm nach 58 Minuten [1]

Für Prüfkörper verschiedener Holzarten steigt die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Lösungsaufnahme der 3 Testprodukte mit der axialen Tränkbarkeit des Holzes (Buche > Kiefernsplint > Fichtensplint > Eichenkern/Kiefernkerne/Fichtenkern).

Die Ausbreitung erfolgt bei den untersuchten Holzarten fast ausschließlich in axialer Richtung und folgt dem Faserverlauf.

Die Penetration in Kernholz- bzw. verthyllte Buchenbereichen hinein sowie in tangentialer Richtung findet im betrachteten Zeitraum kaum statt.

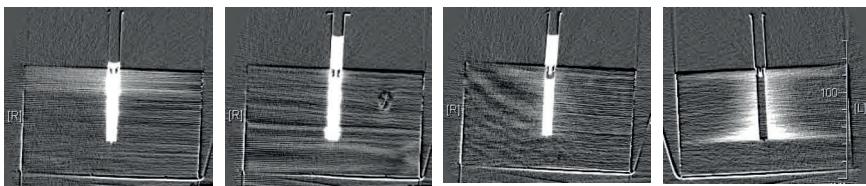


Bild 5: Axiale Schutzmittelpenetration des Testproduktes (RME/Cypermethrin) nach ca. 81 Minuten; von links nach rechts: Kiefer 95 mm (Splint), Fichte 9 mm, Eiche 9 mm, Buche 90 mm [1]

Zur Beurteilung der langfristigen Verteilung wurden die Prüfkörper nach 18 Monaten Lagerung unter konstanten raumklimatischen Bedingungen (20°C; 65% relative Luftfeuchte) aufgetrennt (Bild 6 und 7).

Die vom Schutzmittel erfasste axiale Fläche sinkt in folgender Reihenfolge: Testprodukt = lösemittelhaltiges Ib-Mittel > wasserbasiertes Ib-Mittel bzw. Fichte = Eiche > Kiefer > Buche.

Testprodukt und lösemittelhaltiges IB-Mittel erreichen die Hirnflächen; im Fall der Kieferholz-Prüfkörper gilt dies nur für die Splintholzbereiche und im Fall der Buchenholz-Prüfkörper nur für die unverthyllten Bereiche.

Prüfkörper mit langsamerer Lösungsaufnahme (Eiche, Fichte) werden axial über die ganze Bohrlochlänge vom Testprodukt erfasst.

Die tangentiale Penetration ist auf wenige Millimeter begrenzt und für das wasserbasierte Ib-Mittel am besten ausgeprägt. Die maximal erreichbare axiale Penetration des Testproduktes lag bei 160 mm.

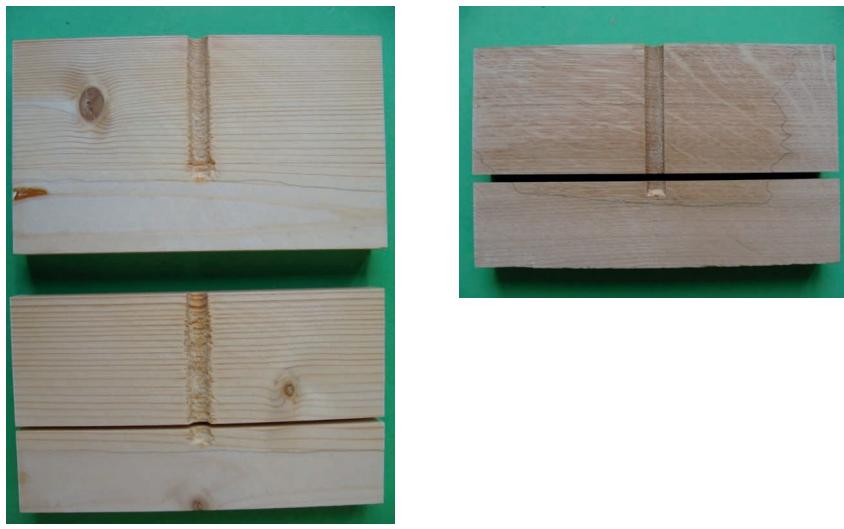


Bild 6: Axiale Schutzmittelpenetration des Testproduktes (RME/Cypermethrin) nach 18 Monaten in Fichtenholz (links) und Eichenholz (rechts); untere Grenze der Eindringung (radial) siehe Pfeil [1]



Bild 7: wasserbasiertes Ib-Mittel (Bor angefärbt) Links: Axiale Schutzmittelpenetration in Kiefer 43-77 mm (Splint) bzw. 11-28 mm (Kern) nach 18 Monaten, Rechts: tangentiale Schutzmittelpenetration in Kiefersplint 6-7 mm nach 18 Monaten (rechts); Kern/Splint-Grenze siehe Pfeil [1]

In einem weiteren Versuchsansatz wurde das kurz- und langfristige Penetrationsverhalten der 3 Produkte in vom Hausbock geschädigten Prüfkörpern betrachtet. Die Behandlung erfolgte wiederum durch drucklose Bohrlochinjektage. Die CT-Messung vor der Befüllung zeigte für die Mehrzahl der Prüfkörper je eine aktive Larve (Bild 8).

Zufällig angebohrte Fraßgänge nehmen verstärkt die Flüssigkeit auf (mit Fraßmehl/Kotballen gestopfte Fraßgänge wirken als Docht). In der initialen Penetrationsphase verhindern Fraßgänge generell die weitere axiale Ausbreitung, wobei signifikante Unterschiede zwischen den Produkttypen in dieser Hinsicht nicht erkennbar sind. Wie bereits für ungeschädigte Prüfkörper beobachtet, findet eine Ausbreitung in tangentialer oder radialer Richtung kaum statt und die Verteilungsgeschwindigkeit folgt dem bekannten Muster: lösemittelhaltiges Ib-Mittel > Testprodukt > wasserbasierter Ib-Mittel (Bild 9).

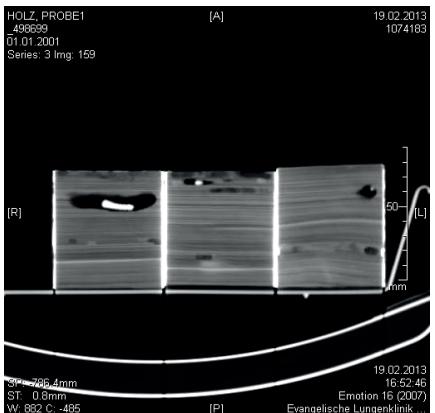


Bild 8: geschädigte Prüfkörper vor der Befüllung, links: CT-Messung (Axialschnitt)

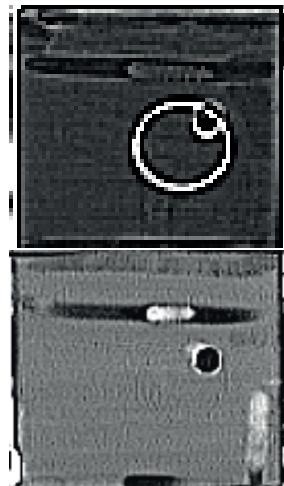
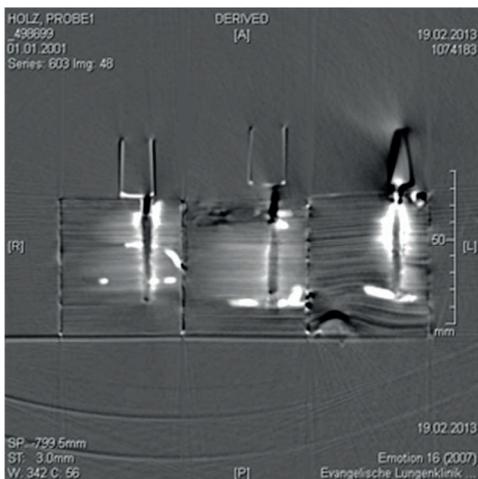


Bild 9: geschädigte Prüfkörper; links: CT-Messung (Axialschnitt) von 15 Minuten nach der Befüllung (Testprodukt / lösemittelbasiertes Ib-Mittel / wasserbasiertes Ib-Mittel), rechts: CT-Messung (Draufsicht) vor der Befüllung und nach 5 Monaten]

Eine wiederholte CT-Messung der behandelten Prüfkörper nach 5 monatiger Lagerung unter optimalen Lebensbedingungen für Hausbocklarven (27°C , 75% rel. Luftfeuchte) zeigte eine Ortsveränderung der Larven in mit dem wasserbasierten Ib-Mittel behandelten Prüfkörpern. Zum Teil war dies auch im Fall des lösemittelhaltigen Ib-Mittels zu beobachten. Nach weiteren 12 Monaten Lagerung unter konstanten klimatischen Bedingungen (20°C , 65% rel. Luftfeuchte) wurden die Prüfkörper zur Beurteilung der endgültigen Schutzmittelausbreitung aufgetrennt. Dabei wurden im Fall des Testproduktes und des lösemittelhaltigen Ib-Mittels alle Larven (tot) am Ort der ersten bzw. zweiten CT-Messung wiedergefunden. Diese Produkte verteilen sich bedingt durch Fraßmehl und Fraßgänge über einen größeren Bereich und die während der ersten CT-Messung erkannte Behinderung der axialen Flüssigkeitsausbreitung durch in der Ausbreitungsrichtung liegende Fraßgänge besteht nicht über längere Zeiträume. Die Bekämpfungswirkung durch Bohrlochbehandlung mit dem Testprodukt konnte durch eine entsprechende Hausbockprüfung nachgewiesen werden. [2]

Im Fall des wasserbasierten Ib-Mittels hat sich die Borkomponente zwar über die in CT-Messung erreichten 20 mm ausgebreitet (überwiegend 20 – 40 mm axiale Penetration), erreichte aber nur im Ausnahmefall die der Bohrung abgewandte Hirnfläche. Weiterhin konnte keine komplette Durchdringung der Fraßgänge erzielt werden, was zum Käferschlupf bzw. zum fehlenden Abtötungserfolg im betrachteten Zeitraum führte (Bild 10).



Bild 10: geschädigte Prüfkörper; **links:** CT-Messung (Axialschnitt) vor nach der Befüllung (wasserbasiertes Ib-Mittel), **Mitte:** Boranfärbung nach 17 Monaten, **rechts:** CT-Messung (Axialschnitt) nach 5 Monaten

4 Dekontaminierung – VOC-Emissionen und Biozid-Rückstände

Titandioxid wird aufgrund seiner photokatalytischen Wirkung auf Verschmutzungen organischer Natur in der lichtinduzierten Abwasser-, Luft- und Oberflächenreinigung vielfältig eingesetzt. Durch Zusatz von Titandioxid und UV-Bestrahlung sollte nach der Behandlung eine Dekontamination der Holzoberflächen erreicht werden. Für diese Experimente wurde das Testprodukt in der endgültigen Formulierung (0,15% Cypermethrin, RME, Flammschutzadditiv) eingesetzt. In Versuchen von Ahl konnte durch

Addition des Photokatalysators Aeroxide P90 (40:1 bezogen auf Cypermethrin) und einer Bestrahlung mit UV-LED's (12 mW/cm²; Emissionsspektrum: 345 – 390 nm) über 10 Tage ein deutlicher Abbau erreicht werden (Überlebensrate im Biokontakttest mit Kornkäfern von ca. 80%). [11, 12]

Die behandelten Prüfkörper wurden 4 Stunden nach dem Anstrich in Prüfkammern eingebaut und eine 10 tägige Bestrahlung gestartet. Der Zusatz an Photokatalysator allein führt zu keinen Veränderungen hinsichtlich des TVOC-Wertes. Zu allen betrachteten Zeitpunkten (1 – 37 Tage) sind diese nahezu identisch mit denen des Testproduktes. Dagegen wird durch die Bestrahlung die Gesamtemission an flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) erhöht. Wird diese Erhöhung im Fall des Testproduktes erst zum Ende der Bestrahlung besonders deutlich, so wirkt der Photokatalysator-Zusatz über den gesamten Prüfzeitraum stark emissionserhöhend (Bild 11).

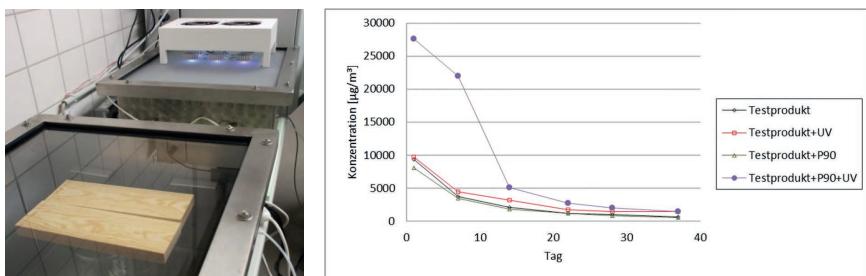


Bild 11: links: Prüfkammerbeladung mit laufender Bestrahlungseinheit (hinten) und Prüfvariante ohne Bestrahlung (vorn); rechts: Gesamtemission an VOC (TVOC) der Testvarianten

Diese massive Erhöhung der VOC-Emissionen wird durch den UV-induzierten Abbau eingebrachter Komponenten durch den Photokatalysator verursacht. Von diesem oxydativen Abbau ist insbesondere die Hauptkomponente des Testproduktes das Trägerlösemittel Rapsölmethylester (RME) mit seinen verschiedenen Fettsäuremethylestern (gesättigte und ungesättigte C₁₆, C₁₈, C₂₀, C₂₂-Carbonsäuremethylester) betroffen. Diese Abbau- und Folgereaktionen mit der Bildung kurzkettiger Aldehyde, Carbonsäuren, Carbonsäureester und Ketone verschieben das Emissionsprofil des Produktes in den VOC- und VVOC-Bereich (Retentionssbereich C₆–C₁₆ bzw. <C₆; Alkane) hinein. Lediglich die eher geringen Emissionen an holzeigenen Terpenen werden durch Bestrahlung und Photokatalysator signifikant gesenkt (Bild 12 und 13).

Die parallel ermittelten Konzentrationen an Cypermethrin bewegen sich im Bereich von 0,004 – 0,028 µg/m³, ohne dass ein signifikanter Einfluss der Versuchsvariante oder typische Cypermethrin-Abbauprodukte festgestellt werden konnten.

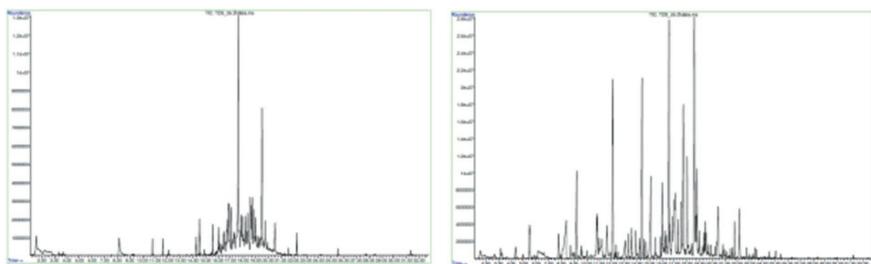


Bild 12: Gaschromatogramme (Probenahme nach 7 Tagen) für das Testprodukt (links) und das Testprodukt mit Photokatalysator während der Bestrahlung (rechts)

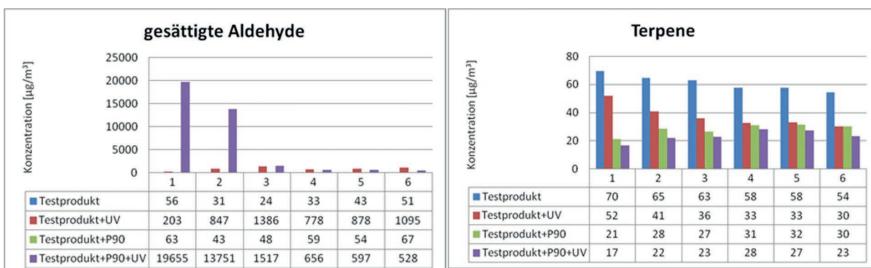


Bild 13: Konzentration an gebildeten gesättigten Aldehyden sowie holzeigenen Terpenen zu den entsprechenden Probenahmezeitpunkten

Staub kann als Haupteintragspfad für die mögliche Belastung der Innenraumluft und anderer Materialien durch sehr schwerflüchtige Komponenten von Materialschutzmitteln angesehen werden. Sehr schwerflüchtige Biozide wie Cypermethrin lagern sich an Partikel des aufliegenden Staubes an und können sich über dessen Umlagerung im Innenraum verteilen.

Durch kontrollierte Applikation von Hausstaubproben auf unterschiedlich behandelte Holzoberflächen (200 mg / 40 cm²) und spätere Staubanalyse (3 Monate Kontaktzeit) wurde das Ausmaß des Übergangs untersucht. Neben dem Testprodukt wurden Cypermethrin-haltige Marktprodukte lösemittel- und wasserbasiert eingesetzt. Das wasserbasierte Produkt zeigte hier die niedrigste Übertragungsrate und das lösemittelbasierte System mit 5,5% den höchsten Wert. Die ca. 2,5-fach höhere Übertragungsrate des Testproduktes ließ sich durch UV-Bestrahlung um 1/3 vermindern und in der Kombination Photokatalysator/UV-Bestrahlung auf das Niveau des wasserbasierten Produktes (Tabelle 3). Für die Staubproben aller mit dem Testprodukt behandelten Prüfkörper wurden als Hautkomponenten RME und die Phosphate des Flammenschutzmittelzusatzes nachgewiesen.

Tabelle 3: Übertragung von Cypermethrin an Staub

Produktvariante (Biozid: Cypermethrin)	Cypermethrin-Gehalt im Staub [mg/kg]	Übertragungsrate bezogen auf Aufbringmenge [%]
Testprodukt	274	3,5
Testprodukt + UV	181	2,4
Testprodukt + P90 + UV	115	1,3
Ib-Mittel (lösemittelhaltig)	486	5,5
Ib-Mittel (wasserbasiert)	145	1,5

Literatur

- [1] Wegner, R., Schumacher, P., Dewitz, K.-D., Hantke, M. (2015): Vermeidung von Biozidrückständen auf Holzoberflächen nach Holzschutzmaßnahmen; Raumlufthygienische Aspekte und Penetrationsverhalten von bekämpfenden Holzschutzmitteln in Verbindung mit Maßnahmen zur Oberflächen-Dekontamination, Abschlussbericht (Aif/ZIM KU2985801 WZ2)
- [2] Pallaske, M. (2015): Vermeidung von Biozidrückständen auf Holzoberflächen nach Holzschutzmaßnahmen, Abschlussbericht (Aif/ZIM KU 2950002WZ2)
- [3] Pallaske, M., Hellkamp, S., Jüngel, P. (2016): A non-VOC approach of solvent-based wood preservatives for remedial treatment; Stockholm: Inter. Res. Group on Wood Protection (IRG), Doc. No. IRG/WP
- [4] DIN EN 14128: 2004: Anforderungen an Holzschutzmittel zur Bekämpfung von holzzerstörenden Organismen wie sie durch biologische Prüfungen ermittelt werden
- [5] Technical Notes for Guidance (2013); Guidance document on the evaluation of efficacy of wood preservative products (PT08)
- [6] DIN ISO 16000-3:2013-01: Innenraumluftverunreinigungen: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen, Probenahme mit einer Pumpe
- [7] DIN EN ISO 16000-6:2012-11: Innenraumluftverunreinigungen: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf TENAX TA, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID
- [8] DIN EN ISO 16000-9:2008-04: Innenraumluftverunreinigungen: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Emissionsprüfammer-Verfahren
- [9] DIBt-Grundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen (2010)
- [10] DIBt-Prüfplan: Prüfkammertests zur Ermittlung und Bewertung von VOC- und SVOC-Emissionen: Vorbeugend wirkende Holzschutzmittel / Bekämpfend wirkende Holzschutzmittel (2009)

- [11] Ahl, H. (2014): Zur Reduzierung der Biozidkonzentration auf Holzoberflächen durch Photokatalyse am Beispiel cypermethrinhaltiger Holzschutzmittel; Dissertation Universität Hamburg
- [12] Ahl, H., Fromm, J., Jüngel, P., Melcher, E., Pallaske, M. (2014): VOC-free remedial treatment agent on organic solvent basis with surface cleaning by photocatalysis using titanium dioxide; Stockholm: Inter. Res. Group on Wood Protection (IRG), Doc. No. IRG/WP 14-40651

Aber das ist doch Lärche!!!

Schäden an Bootsstegelanlagen – ein Praxisbericht

D. Krause
Groß Belitz

Zusammenfassung

Das Holz der Lärche wird seit Jahrtausenden auf vielfältige Art verwendet. Der zweifellos älteste Fund ist das aus einer Lärche geschnitzte über 5 m hohe sog. Shigir-Idol, das 1890 aus dem Shigir-Moor in der Nähe von Jekatarinenburg im Transural in Russland geborgen wurde und auf ca. 9.000 v. Chr. datiert. [1]

Der Boom der Verwendung von Holz im, am und um das Haus hält an und dabei spielt die Lärche eine wichtige Rolle. Im Jahre 2012 wurde die Lärche in Deutschland zum „Baum des Jahres“ gekürt und sie hat im Volksglauben nahezu mystische Eigenschaften. Dabei spielt die „sibirische Lärche“, welche in den Medien mit den Schlagwörtern: sehr robust, große Dauerhaftigkeit, große Festigkeit und sehr widerstandsfähig für den Außenbereich angepriesen wird, eine besondere Rolle. Jahrhunderte alte Bauernhäuser und Schindeln auf Kirchendächern aus Lärche scheinen dies zu belegen. Und auch aktuelle Untersuchungen z.B. an der Uni Hannover zeigen, dass die Dauerhaftigkeit von Lärchenholz besser ist als bisher angenommen.

Trotzdem gibt es zahlreiche Schadensfälle an Holzbauten aus Lärche bis zum Totalausfall. Also alles ein „Lärchen-Märchen“ oder wo liegt die Wahrheit?

Dieser Praxisbericht versucht die Hintergründe und Ursachen für die Schäden aufzudecken und die Lärche in's rechte Licht zu rücken.

1 Die Lärche

1.1 Historisches und Allgemeines

Schon der Begriff ist mehrdeutig, denn „die Lärche“ gibt es nicht. Der lateinische Name „*larix*“ bedeutet auch „aus Holz gewonnener Teer“ und wird dem römischen Feldherren Julius Cäsar zugeschrieben. Dieser soll auf seinen Feldzügen in Gallien versucht haben, eine Festung mit Namen Larignum, welche ganz aus Holz bestand, durch Feuer zu zerstören. Zu seinem Erstaunen widerstand diese aber seinen Versuchen, sie in Brand zu setzen, so dass er andere Wege der Eroberung nehmen musste. Cäsar erhielt dann von den Einwohnern Kenntnis über die Eigenschaften dieses Lärchenholzes, woraus das Kastell gebaut und benannt war. So wurde aus *larignum* - *larix*. [5]

Die Lärche gehört zur Familie der Kieferngewächse (pinaceae) mit etwa 10 Gattungen, die wichtigsten dabei sind:

- Europäische Lärche (*Larix decidua*)
- Sibirische Lärche (*Larix dahurica*)
- Westamerikanische Lärche (*Larix occidentalis*)
- Ostamerikanische Lärche (*Larix laricina*)

Im nachfolgenden werden nur die in Deutschland überwiegend verwendete Europäische und die Sibirische Lärche betrachtet und auch nur deren Verwendung im Außenbereich.

Die Europäische Lärche ist in Mitteleuropa heimisch. Sie wird weit über ihr natürliches Vorkommen, ebenso wie die Japanische Lärche, forstlich angebaut. Die Lärche war vor rund einer Million Jahren von Sibirien bis über Nordost- und Westeuropa verbreitet. Durch die von Norden vordringenden Gletscher wurde dieses Verbreitungsareal mehrmals stark eingeschränkt. Die nacheiszeitliche Rückwanderung der Lärche in den Alpenraum erfolgte hauptsächlich aus dem Süden. Durch ihre Haupteigenschaften wie eine hohe Lichtbedürftigkeit, Leichtsamigkeit und Winterfrosthärtigkeit wurde die Besiedlung höherer Lagen erleichtert. In den Zentralalpen bildet sie heute oft die Baumgrenze. Auch ist sie eine wichtige Baumart bei der Sanierung von Schutzwäldern. Spätere Einwanderungen vor allem der Fichte verminderten den Lärchenanteil im europäischen Raum beträchtlich. Das Verbreitungsgebiet der Europäischen Lärche liegt im Wesentlichen in den Alpen, aber auch in den Sudeten, dem Gebiet zwischen Weichsel und Oder und der Tatra. Dementsprechend werden auch vier Unterarten unterschieden:

- Alpenlärche von den Seetalpen bis Niederösterreich und Kroatien (300 bis 2400 m ü. NN)
- Sudeten-Lärche in der mährisch-schlesischen Senke (300 bis 800 m ü. NN)
- Karpaten-Lärche in der Slowakei und Hohen Tatra (600 bis 1300 m ü. NN; 1650 m ü. NN)
- Polenlärche zwischen Weichsel und Oder (150 bis 600 m ü. NN)

Allerdings wurde die Lärche schon seit dem 16. Jahrhundert gezielt angebaut und wird seither in ganz Deutschland sowie weit über die Landesgrenzen hinaus forstlich genutzt. Dennoch hat die Lärche nur einen Anteil von knapp 3 % an den Wäldern in Deutschland, von 5 % in der Schweiz und ganz im Gegensatz zu Österreich mit ca. 25 %. [2], [4]

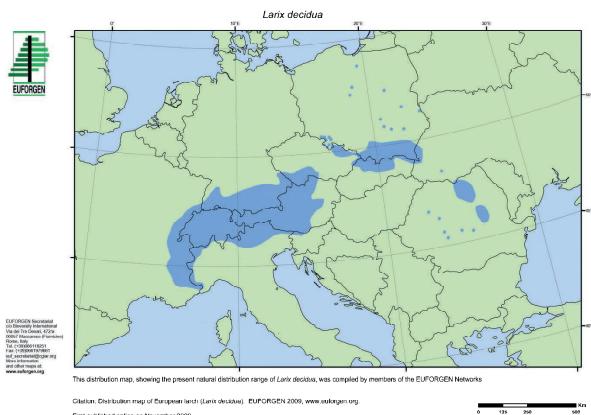


Abb. 1: Verbreitung der Europäischen Lärche in Europa, Quelle: euforgen.org

Die Sibirische Lärche ist in Russland und der Mongolei heimisch und zählt dort zu den wichtigsten Waldbäumen. Auf Grund des sibirischen Klimas unterscheidet sie sich im Allgemeinen von der Europäischen Lärche. Die Sibirische Lärche wird im Holzlexikon [7] wie folgt beschrieben:

- Splint um 2 cm breit und blass rötlich gelb, bei älteren Bäumen aus Hochlagen oder aus nördlichen Provenienzen oft unter 1 cm breit
- Kernholz gelblich braun bis rötlich braun und am Licht stark nachdunkelnd. - Porenlose Hölzer, deren Aussehen durch den Wechsel von Frühholz und dunkleren Spätholzzonen bestimmt wird. Die Breite des Spätholzes hängt wesentlich von den Wachstumsbedingungen und dem Alter des Baumes ab, sie beträgt bei harten Qualitäten $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Jahresringbreite.
- durch die scharfe Abgrenzung des rötlichbraunen Spätholzes vom helleren Frühholz entstehen im Querschnitt sehr deutliche Jahresringe und auf Längsschnitten auffällige Fladern bzw. feine Streifen im Radialschnitt (Rift/Quartier)
- die Holzstrahlen sind sehr fein und nur als niedrige Spiegel gerade noch erkennbar
- Gesamtcharakter: Geradfasiges und schmalsplintiges Nadelholz mit deutlicher Kernfärbung und ausgeprägter Jahresringstruktur.
- Abweichungen Grobjähriges Holz aus schnellwachsenden Kulturen; Drehwuchs und Abholzigkeit

Diese (theoretischen) Eigenschaften machen die Sibirische Lärche bei den Verbrauchern so heiß begehrte, dass die Nachfrage enorm gestiegen ist.

Aber woher weiß man, dass die Lieferung wirklich aus Sibirischer Lärche besteht, denn rein optisch ist es nicht möglich, deren Herkunft zu erkennen und Aussagen zur Qualität stehen nicht im Lieferschein.



Abb. 2: Das *ist* Europäische (deutsche) Lärche, Balkonstützen

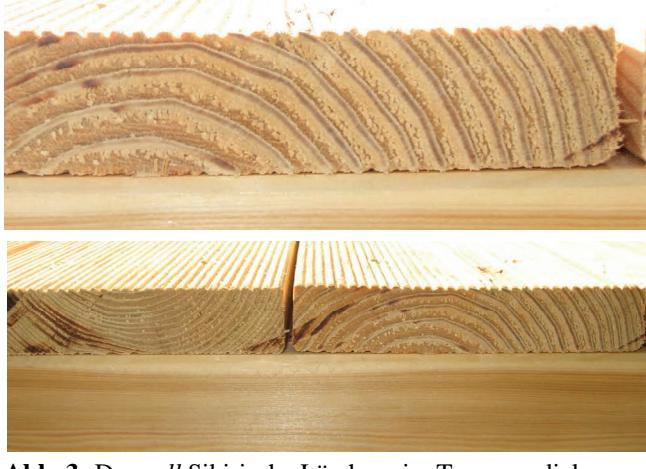


Abb. 3: Das *soll* Sibirische Lärche sein, Terrassendielen

Der Qualitätsunterschied ist deutlich sichtbar. Doch warum entspricht diese Sibirische Lärche nicht den o.g. Kriterien?

Nach einer Information der WWF (World Wide Fund For Nature) Deutschland [8] aus dem Jahre 2008 stammen große Mengen der Sibirischen Lärche aus illegalen Einschlägen, in Russland i.H.v. 27 – 50 % der abgeholtzen Fläche. Dieser Raubbau hat Auswirkungen. Die Nachfrage nach Sibirischer Lärche bestimmt nicht nur deren Preis, sondern offensichtlich auch die Qualität.

Doch ist die Sibirische der Europäischen Lärche wirklich überlegen?
Dazu eine Betrachtung der technischen Kenndaten.

1.2 Eigenschaften

Lärchenholz ist unter den europäischen Nadelnutzhölzern das schwerste und härteste Holz. Es hat eine mittlere Rohdichte von 550 bis 590 kg/m³, wobei das schwerste Holz aufgrund des hohen Spätholzanteils bei Hölzern mit einer durchschnittlichen Jahrringbreite von einem bis zwei Millimeter erreicht wird (!).

Die Grenzwerte der Rohdichte liegen zwischen 400 und 850 kg/m³ und damit in einer sehr großen Bandbreite. [7]

Nach DIN EN 350-2 [9] wird das Kernholz der Europäischen Lärche, der Japanischen Lärche, der Amerikanischen Lärche und der Sibirischen Lärche in die Dauerhaftigkeitsklasse 3-4 (mäßig bis wenig dauerhaft) gegen holzzerstörende Pilze eingestuft. Holz der Sibirischen Lärche ab einer Rohdichte über 700 kg³/m kann in die Dauerhaftigkeitsklasse 3 (mäßig dauerhaft) eingestuft werden. Der äußere Splintbereich ist grundsätzlich in die Dauerhaftigkeitsklasse 5 (nicht dauerhaft) einzustufen.

Nach dieser Norm ist die Lärche gerade mal „eine halbe Klasse besser“ als Fichtenholz. Allerdings muss man wissen, dass diese Einstufung für Hölzer mit Erdkontakt zutrifft, also die extremste Form der Einwirkung der Feuchtigkeit.

Verantwortlich für die Dauerhaftigkeit von Holz gegen Pilz oder Insekten sind bestimmte Holzinhaltsstoffe (sog. Holzbegleiter wie z.B. Terpene, Diterpene, Gerbstoffe), die sich nur im Kernholz ablagern und toxisch auf Schadorganismen wirken. [10] Bei der Lärche kann der Anteil der Gerbstoffe bis zu 10 % aller chemischen Stoffe betragen. [11]

Dauerhaftigkeit daher steht in keinem Zusammenhang mit der Jahrringbreite bzw. der Festigkeit. Damit sind Werbeformulierung des Holzhandels wie:

- „*Lärchenholz ist durch seine Witterungsbeständigkeit – ob mit oder ohne Holzschutzmaßnahmen - besonders für den Einsatz im Freien geeignet*“
- „*...besonders die sibirische Lärche, aufgrund ihrer feinjährig gewachsenen Jahrringe, ist besonders resistent und widerstandsfähig gegenüber Witterung*“.

mit Vorsicht zu genießen.

Wie dauerhaft ist denn die Lärche nun wirklich?

Umfangreiche und langjährige Studien an der Uni Hannover von Prof. Rapp u.a., die in Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Lärche stellten schon im Jahre 2000 zusammenfassend fest: [12] – [15]

- Lärchenkernholz kann im Erdkontakt kesseldruckimprägniertes Holz mit vorgeschrriebener Solleinbringmenge an Kupfer-Chrom-Salzen nicht ersetzen. Auch die sibirische Lärche mit besonders engem Jahrringbau macht hier keine Ausnahme.
- Lärchen-Kernholz, Douglasien-Kernholz und Kiefern-Kernholz sind im Erdkontakt nach DIN EN 350-2 (1994) zurecht als 3-4 „mäßig bis wenig dauerhaft“ eingestuft.
- Lärchen-Kernholz und Douglasien-Kernholz sind bei Prüfung und Einsatz nach den bisherigen experimentellen Ergebnissen außerhalb des Erdkontakte und unter Zugrundelegung der Kriterien von DIN EN 350-1 (1994) vermutlich besser als 3-4 „mäßig bis wenig dauerhaft“ einzustufen.
- Das Zusammenspiel von Konstruktion und natürliche Dauerhaftigkeit bestimmt neben anderen Faktoren maßgeblich die Lebensdauer eines Holzbau-teils in Gefährdungsklasse 3. Deshalb muss die Konstruktion dem Material angepasst sein und umgekehrt.

Man merke sich besonders die letzte Aussage!

Eine weitere Untersuchung zur „Natürlichen Dauerhaftigkeit Sibirischen Lärche“ von Koch, Rehbein und Lenz stammt schon aus dem Jahre 2007 und ist in [16] veröffentlicht. Die Untersuchung erfolgte für Holzproben Sibirischer Lärche aus 3 Herkunftsgebieten und endete mit dem Fazit:

- Die natürliche Dauerhaftigkeit des Kernholzes der Sibirischen Lärche der untersuchten Herkunftsgebiete Irkutsk, Lesosibirsk und Ust Ilimsk wird durch eine Variation der Einzelproben in die Dauerhaftigkeitsklassen 1 (= „sehr dauerhaft“) bis Klasse 4 (= „wenig dauerhaft“) charakterisiert. Nach DIN EN 350-2 können die Proben aus dem Herkunftsgebiet Irkutsk in die Dauerhaftigkeitsklasse 2 (= „dauerhaft“), die der Herkunftsgebiete Lesosibirsk und Ust Ilimsk in die Klasse 3 (= „mäßig dauerhaft“) eingestuft werden.
- Die Ursache für die höhere Dauerhaftigkeit des Kernholzes der Sibirischen Lärche muss im Wesentlichen auf die Synthese und Einlagerung von phenolischen/ flavonoiden Inhaltsstoffen zurückgeführt werden, wogegen zwischen der Rohdichte/ Jahrringbreite und den ermittelten Masseverlusten infolge Pilzbefall keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden konnten
- Das Kernholz der untersuchten Sibirischen Lärchen ist auf Grund der ermittelten Dauerhaftigkeitsklassen 2 und 3 für die Verwendung im Außenbereich (ohne direkten Erdkontakt) ohne chemischen Holzschatz geeignet.

Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse scheinen die Aussagen der DIN EN 350-2 aus dem Jahre 1994 zu überholen, diese Norm befindet sich derzeit in Überarbeitung.

Die aktuelle Norm 68800 „Holzschutz“ Teil 1: Allgemeines vom Oktober 2011 hat eine Klassifikation zur Einbausituation von Holz in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen eingeführt und sog. Gebrauchsklassen (GK) definiert (früher Gefährdungsklassen).

In diesem Beitrag wird die Verwendung von Holz nur für die Gebrauchsklassen 3.1, 3.2. und 4 betrachtet. Diese sind wie folgt gekennzeichnet:

Tabelle 1: Gebrauchsklassen nach DIN 68800-1 (Auszug)

GK	Holzfeuchte / Exposition ^{a,b}	Allgemeine Gebrauchsbedingungen	Gefährdung durch				Auswaschbeanspruchung
			Insekten	Pilze ^c	Moderfäule	Holzschädlinge im Meerwasser	
1	2	3	4	5	6	7	8
3	3.1 Gelegentlich feucht (> 20 %) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, nicht zu erwarten	Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, ist aufgrund von rascher Rücktrocknung nicht zu erwarten	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
	3.2 Häufig feucht (> 20 %) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten	Holz oder Holzprodukt nicht unter Dach, mit Bewitterung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten ^e	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
4	Vorwiegend bis ständig feucht (> 20 %)	Holz oder Holzprodukt in Kontakt mit Erde oder Süßwasser und so bei mäßiger bis starker ^f Beanspruchung vorwiegend bis ständig einer Befeuchtung ausgesetzt	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja

Die Norm hat sich offenbar den o.g. Forschungsergebnissen angepasst und so heißt es dort unter 6.8.2.2 in der Tabelle 5 zur Zuordnung der Holzarten in die Gebrauchsklassen:

Das Farbkernholz von Douglasie und Lärche kann ohne zusätzliche Holzschutzmaßnahmen in GK2 und GK3.1 eingesetzt werden, unabhängig davon, dass es nur in Dauerhaftigkeitsklassen 3-4 eingestuft ist, da sich der Einsatz dieser beiden Holzarten in GK2 und GK3.1 seit der letzten Ausgabe von DIN 68800-3:1990-04 in der Praxis bewährt hat.

Die Praxis der Verwendung des Lärchenholzes geht aber leider oft über diese Erkenntnisse hinaus und entspringt eher dem Glauben an die sagenumwobenen und versprochenen Eigenschaften der Lärche, wie nachfolgende Schäden zeigen.

(Anmerkung: Die frühere Ausgabe der Normenreihe DIN 68800 „Holzschutz“ wird bewusst nicht mehr betrachtet, auch wenn die nachfolgenden Schäden nach dieser zu beurteilen wären. Die Bewertung würde aber analog bzw. noch negativer ausfallen.)

2 Schadensfälle

2.1 Bootssteg an einem Binnensee

Daten:

- Baujahr 2008
- Untersuchung 2013
- Holzart Lärche (keine Spezifikation) für die Rammpfähle und den gesamten Steg
- Kein chemischer Holzschutz

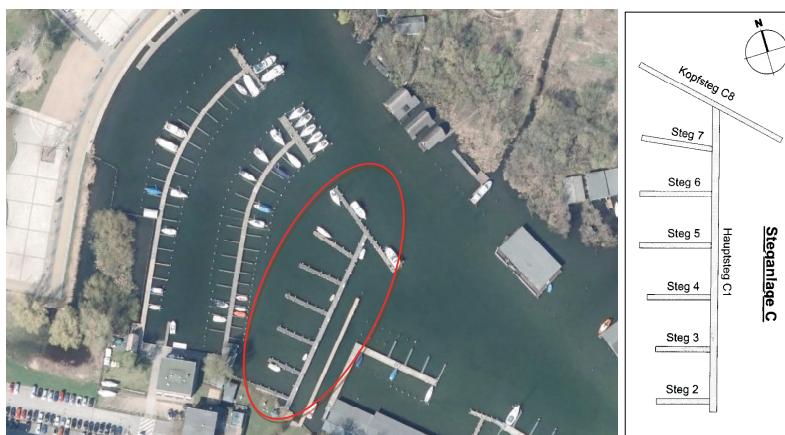


Abb. 4: Luftbild (Quelle: Gaia-MV) der Anlage, daneben Auszug aus der Planzeichnung

Ergänzend sei erwähnt, dass die beiden anderen links daneben im Luftbild erkennbaren Bootsstegelanlagen durch einen Kollegen mit analogen Ergebnissen begutachtet wurden.

Durch den Planer waren Ausführungsdetails vorgegeben, die auch Hinweise zum „baulichen Holzschutz“ enthielten. Darunter verstand man allerdings nur die Verwendung einer rd. 0,5 mm starken glatten Mauersperrbahn aus Polyethylen. Doch diese war ausschließlich unter den Belagsbohlen verlegt.

Errichtet wurde die Steganlage durch eine ortsansässige Wasserbaufirma, die gegen diese Ausführung keine Bedenken anmeldete und z.T. die planerischen Vorgaben nicht umsetzte.

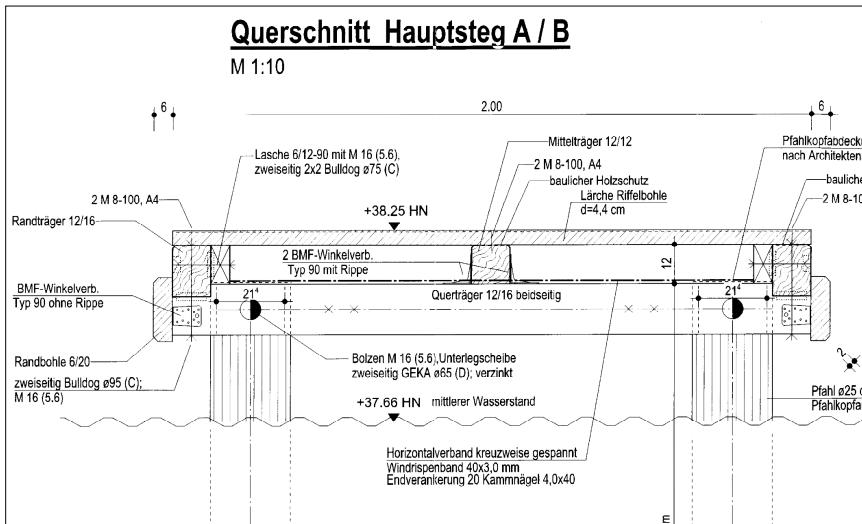


Abb. 5: Detail der Ausführungsplanung

Damit war die gesamte Konstruktion in die Gebrauchsklasse GK 3.2, die Pfähle in die GK 4 einzustufen, was also nach Bedingungen der Norm DIN 68800-1 für nicht-imprägnierte Lärche von vornherein nicht zulässig war.

Um das Ergebnis der Begutachtung vorweg zu nehmen:

Die wenigen Vorgaben zum baulich-konstruktiven Holzschutz sowie deren mangelhafte Ausführung waren völlig ungenügend und die gesamte Steganlage war nach 5 Jahren Schrott.

Mängel im Detail:

- es gab an keiner Holzverbindung, egal ob zwischen den Tragbalken unter einander oder zu den Pfählen oder zum Bohlenbelag und auch am Bohlenbelag selber keinerlei Luftpumspülung
- es waren zahlreiche sog. „Wasserfallen“ vorhanden, in denen sich Niederschlagswasser (oder auch bei entsprechendem Wellengang das Seewasser) in der Konstruktion sammeln konnte, ohne abfließen oder möglichst schnell verdunsten zu können
- es wurden keine Hirnholzflächen geschützt oder luftpumspült eingebaut
- es waren auf der oberen horizontalen Fläche der Längsbalken ca. 3 cm tiefe Bohrungen ausgebildet, in denen die Befestigungsbolzen vorhanden waren; diese Bohrungen erweisen sich als „Badewanne“

- eine vermutlich als Nässeeschutz gedachte Abdeckung der Längsbalken unter dem Bohlenbelag, der teils aus einer Bitumenpappe und teils aus einer Kunststofffolie bestand, war an mehreren Stellen deutlich schmäler als der abzudeckende Balken und durch die Befestigungsschrauben des Bohlenbelags zahlreich durchstoßen; vom Planer war vorgegeben war eine Gummibahn von 5 mm Stärke, temperaturbeständig +60° -20° und UV-beständig
- auf den Querbalken war keinerlei Abdeckung vorhanden
- die Pfahlköpfe waren nicht abgedeckt
- alle horizontalen Flächen der Tragbalken waren nicht abgeschrägt
- die Längsfugen zwischen den Bohlen des Belags betragen max. 1 cm, Hirnholzstöße waren stumpf aneinandergelegt; laut Ausführungsplanung war eine Längsfuge von max. 0,5 cm vorgegeben

Die nachfolgenden Bilder verdeutlichen die Schäden und deren Ursachen.



Abb. 6: Mauersperrbahn zwischen Belag und Träger, zu schmal und durchbohrt



Abb. 7: Resultat: Weißer Poreschwamm und Braunfäule an den Bohlen



Abb. 8: Ansicht der (völlig ungeschützten) Konstruktion nach Aufnahme des Bohlenbelags, alle Hölzer dicht verbunden, keine Abdeckungen, keine Luftspalte



Abb. 9: üppiger Pilzbewuchs auf den ungeschützten Pfahlköpfen



Abb. 10: keine Abdeckung der Querträger und Pfahlköpfe, alles stumpf miteinander verbunden



Abb. 11: und unter der Abdeckung eine ungeschützte Holzverbindung und tief versenkte Schraubenköpfe



Abb. 12: abgesehen von der Breite der Folie auch keine Überlappung

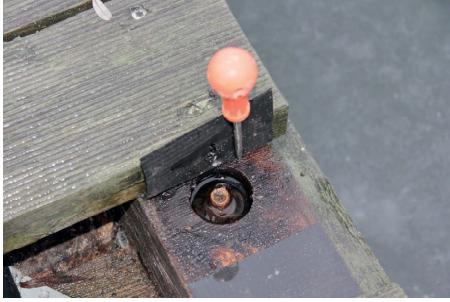


Abb. 13: und darunter eine kleine „Badewanne“ (bzw. Wasserfalle)

Was sollte verbessert werden?

- waagerechte und senkrechte bewitterte Hirnholzflächen schützen
- Anschlussfugen zwischen den Holzbauteilen luftumspült ausbilden
- waagerechte Holzflächen mit Wasserableitung durch Anschrägen oder Abdeckungen aus Metall
- Ausbildung von Tropfkanten an den Unterseiten wasserführender Bauteile
- Nägel, Schrauben, Belagsscheiben aus rostfreiem Material
- Kontaktflächen bei Holzverbindungen unter 5 cm Breite halten, z.B. durch 3 mm Edelstahl-Abstandshalter
- Stoßfugen zwischen Holzteilen, wie z.B. Bohlenbeläge zur Belüftung mind. 6 mm, besser 10 mm breit ausbilden (Kapillarwasser an Stirnholz vermeiden)
- Schlanke Profile wählen, die nach Auffeuchtung rasch trocknen. Wo möglich, Querschnitte teilen

- Verhinderung von Staub- oder Erdansammlung in Spalten, etwa zwischen Bohlenbelägen oberhalb der Lagerhölzer (Schmutzkegel)
- keine Ausbildung von sog. Wasserfallen
- wenn Abdeckungen gegen Niederschlag (Längsträger oder Pfahlköpfe), dann immer beidseitig luftumspült

Vorgaben und Hinweise zum konstruktiven Holzschutz liegen in zahlreicher Form vor, siehe in [17] – [20].

Beispielhaft sei hier das System nowa+ genannt, das luftumspülte und trotzdem kraftschlüssige Lösungen entwickelt hat, wie z.B. Distanzdübel in verschiedenen Größen.



Abb. 14: Distanzdübel, Quelle: nowa-plus.de

2.2 Pier/Schiffsanleger an einem Fluss

Daten:

- Baujahr 2002/2003
- Untersuchung 2015
- Holzart Lärche (keine Spezifikation) für die Tragbalken und den Bohlenbelag
- Kein chemischer Holzschutz

Entsprechend den vorliegenden Planungsunterlagen hat die Pier eine Länge von 112 m und eine Breite von 15 m in den vorderen 4 Abschnitten bzw. von 10 m in den hinteren 3 Abschnitten.

Die tragende Konstruktion besteht aus 4 Stahlbetonträgern.

Über diesen liegen quer Holzbalken mit einer Einzellänge von ca. 5 m und mit einer Dimension von 16/20 cm im Abstand von 16 cm.

Damit sind insgesamt rund 850 Holzbalken vorbaut worden.

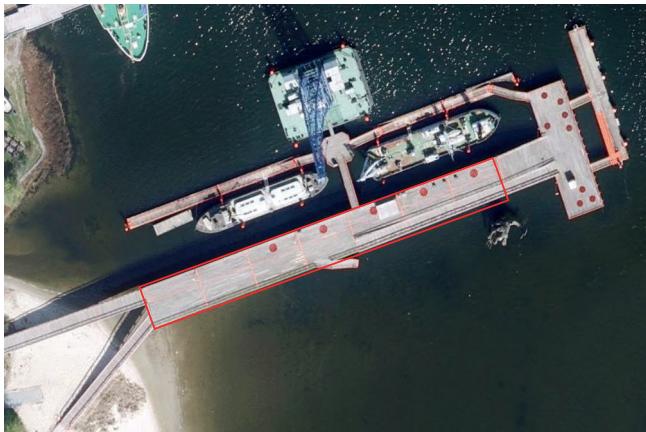


Abb. 15: Luftbildaufnahme
(Quelle: GAIA-MV) mit
Kennzeichnung des Untersu-
chungsbereiches

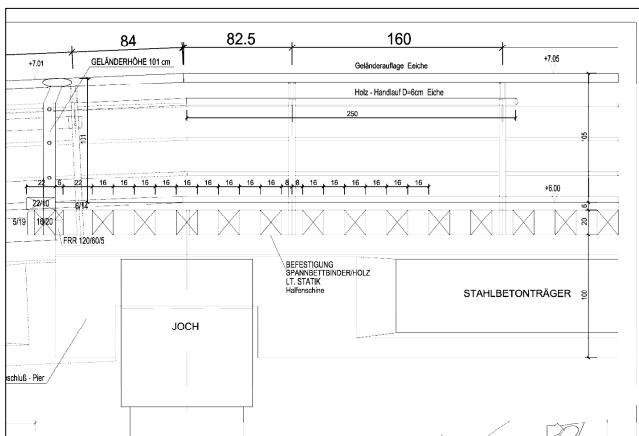


Abb. 16: Plandetail mit Lage der Tragbalken 16x20 cm, Abstand 16 cm



Abb. 17: Ansicht von unten mit Joch, Stahlbetonträger und Holzbalken

Beauftragt war eine Untersuchung der Tragbalken, nachdem der Bohlenbelag in der Vergangenheit schon mehrfach ausgebessert wurde.

Ergänzend muss erwähnt werden, dass die Pier für eine Befahrung mit Kraftfahrzeugen geplant und gebaut wurde.

Zur Untersuchung wurden in mehreren Abschnitten der Pier 4 - 6 Reihen des Belags aufgenommen. Damit wurden in allen Untersuchungsabschnitten die Auflagerbereiche, d.h. die Balkenköpfe der Tragbalken auf den Stahlbetonträgern die Untersuchung einbezogen und somit bis auf einige Bereiche an den Zu- und Abgängen und unter Aufbauten ca. 800 Balken an ihren Auflagerpunkten untersucht.

Die Untersuchung ergab:

- die Tragbalken liegen ungeschützt und ohne Luftspalt auf den Stahlbetonträgern auf; dies hatte aber nur bei wenigen Balken zu Durchfeuchtungen und geringen Schäden durch Braunfäule geführt (diese Auflager sind nahezu permanent mit Wind beaufschlagt und können rasch abtrocknen)
- zwischen den Tragbalken und den Belagsbohlen befindet sich eine Bitumenpappe (Ausnahme: die ersten 12 Balkenreihen im Abschnitt I, die bereits einer Sanierung unterzogen wurden), es ist keine Unterlüftung vorhanden
- die Tragbalken sind auf den Stahlbetonträgern mittels Bolzen verschraubt, an deren Oberseite befindet sich zum Versenken der Mutter inklusive Unterleg scheibe eine Bohrung von ca. 50 mm Durchmesser und 30 mm Tiefe; diese Vertiefung stand an einigen der Tragbalken randvoll mit Wasser
- fast ausnahmslos alle Balkenköpfe unter der Bitumenpappe waren feucht bis stark durchnässt, teilweise bis zur Fasergesättigung
- ca. 90 % aller Balkenköpfe waren an der Oberseite unter der Bitumenpappe durch Braunfäule bzw. Weißfäule geschädigt
- an ca. 75 % aller Balkenköpfe waren an der Oberseite sichtbares Myzel von Holz zerstörenden Pilzen - von spärlich bis üppig - vorhanden; ermittelt wurden die Pilzgattungen Feuerschwamm (*Phellinus* spp.), Vertreter der Weißen Porenschwammgruppe (*Antrodia* spp.), Moderfäuleerreger und ein Vertreter der Gruppe der Rindenpilze (*Corticaceae*)
- die einzelnen Tragbalken waren auf den Stahlbetonträgern stumpf aneinander gestoßen
- die Schäden waren ausnahmslos erst nach Abnahme der Bitumenpappe und der mechanischen Prüfung (Bebilden) der Festigkeit der Holzoberfläche feststellbar, da sich der Fäulnisprozess im Wesentlichen im Inneren der Holzbalken ausgebreitet hat und an den Seitenrändern eine 1 bis 2 cm dicke Holzsenschicht unbeschädigt blieb,
- alle diese Schäden waren bei den erfolgten „normalen“ Brückenprüfungen nicht erkannt worden (und hätten auch nicht erkannt werden können!)

Zur bildhaften Schadkartierung wurde die Pier in 7 Abschnitte aufgeteilt und jeder (an mind. einer Seite) geschädigte Balken vermerkt.

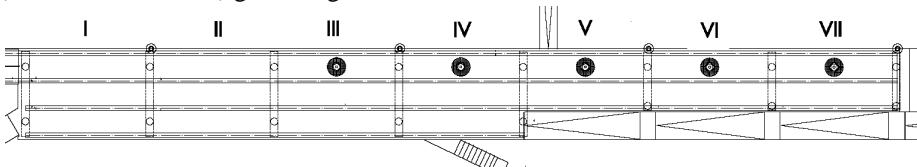


Abb. 18: Aufteilung der Pier in Untersuchungsabschnitte

Nachfolgend 3 dieser 7 Kartierungen:

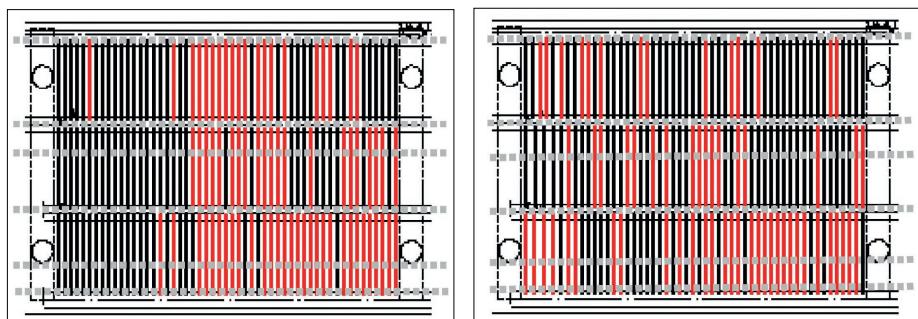


Abb. 19: Schadkartierung Abschnitte I und II

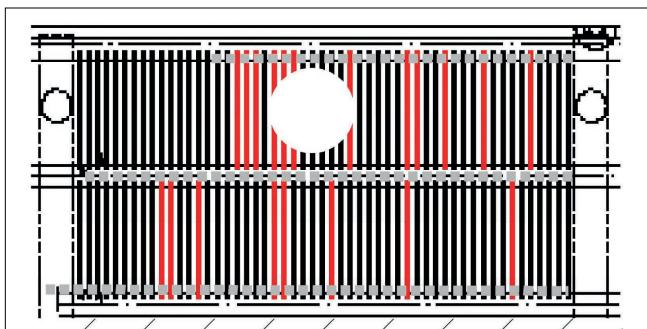


Abb. 20: Schadkartierung Abschnitt IV

Es zeigte sich, dass die Holzbalken der Pier auf deren gesamten Länge sehr unterschiedlich geschädigt waren, eine Begründung dafür war nicht ersichtlich. Von den ca. 800 untersuchten Balken sind rund 230 an mindestens einem Ende zu mindestens 25 % durch Braunfäule geschädigt, zahlreiche Balkenköpfe sind nahezu völlig zerstört. Insgesamt waren rd. 1/3 aller Holzbalken in einem so hohen Grad geschädigt, dass eine Sperrung der Pier für Kraftfahrzeuge ausgesprochen werden musste. Da eine Instandsetzung aller pilzbefallenen, auch nur leicht geschädigten, Balken nach

DIN 68800 Teil 4 „Holzschutz - Bekämpfungsmaßnahmen“ nicht ohne einen Gewährleistungsausschluss möglich ist [21], bleibt nur der Neuaufbau der gesamten Anlage – diesmal dann unter Beachtung des konstruktiven Holzschutzes!

Bei Realisierung eines konstruktiven Holzschutzes können dann die Holzbalken in die Gebrauchsklasse GK 3.1 eingestuft werden. In der jetzigen Einbausituation ist das eindeutig eine GK 3.2, für die Lärchenholz theoretisch und normativ nicht zulässig ist und wie sich bewiesen hat auch in der Praxis versagt hat.

Nachfolgend typische Bilder für konstruktive Mängel und Schäden, die zum Ausfall gesorgt haben:



Abb. 21: Teil des Untersuchungsbereichs



Abb. 22: Bitumenpappe



Abb. 23: Balken unter der Pappe



Abb. 24: Balken nach dem Bebeilen



Abb. 25: Pilzmyzel an der Stoßstelle



Abb. 26: Völlige Zerstörung am Stoß



Abb. 27: Pilzmyzel unter der Pappe



Abb. 28: und auf den Balken



Abb. 29: typischer Mangel: Badewanne



Abb. 30: Fruchtkörper Feuerschwamm



Abb. 31: extreme Innenfäule



Abb. 32: immer wieder die Wasserfalle

3 Fazit

Eine Einstufung der Lärche, und zwar nicht nach Herkunft, sondern nach Qualität, in die Gebrauchsklasse GK 3.1 scheint gerechtfertigt, in der GK 3.2 versagt sie offensichtlich. Um so wichtig ist die Einhaltung des konstruktiven Holzschutzes, denn wie hieß es doch weiter oben:

„Das Zusammenspiel von Konstruktion und natürliche Dauerhaftigkeit bestimmt neben anderen Faktoren maßgeblich die Lebensdauer eines Holzbauteils in Gefährdungsklasse 3. Deshalb muss die Konstruktion dem Material angemessen sein und umgekehrt.“

Unter Beachtung dieser Prämissen sollte es doch gelingen, Konstruktionen aus Lärchenholz so zu planen und zu bauen, dass sie eine maximale Lebensdauer erfahren.

Aber das ist doch Lärche! Ja richtig, also behandeln wir sie auch so!

Literatur

- [1] www.grenzwissenschaft-aktuell.de
- [2] Bundesverband e. V. (SDW)
- [3] www.euforgen.org
- [4] www.waldwissen.net
- [5] Das Leben der galanten Damen (Aufsehenerregende Memoiren) – Vollständige deutsche Ausgabe, Sittenbild der französischen adligen Gesellschaft des 16. Jahrhunderts - Ein Beitrag zur Kenntniß weiblicher Karaktere, Sitten, Empfindungen, und Kunstgriffe der vorigen Jahrhunderte by Pierre de Brantôme
- [6] www.wald.de
- [7] Ulf Lohmann, Holzlexikon - Das Standardwerk für die Holzwirtschaft, Verlag Nikol
- [8] WWF-Hintergrundinformation Mai 2008
- [9] DIN EN 350-2, Dauerhaftigkeit von Holz- und Holzprodukten, Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz, Teil: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa, Deutsche Fassung EN 350-2:1994
- [10] Karl Kürschner Chemie des Holzes, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962
- [11] „Eigenschaften und Verwendung des Holzes der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.) unterbesonderer Berücksichtigung des Reaktionsholzes“, Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau von Stefan K. Pelz, Freiburg im Breisgau, Oktober 2002
- [12] 22. Holzschutz-Tagung der DGfH am 17 und 18. Oktober 2000 in Bad Kissingen, Dauerhaftigkeit in den Gefährdungsklassen unter besonderer Berücksichtigung von Lärchen- und Douglasien Kernholz, Rapp, A.O.
- [13] Augusta, U., Untersuchung der natürlichen Dauerhaftigkeit wirtschaftlich bedeutender Holzarten bei verschiedener Beanspruchung im Außenbereich, Dissertation, Universität Hamburg, Ulrike Augusta, Hamburg 2007

- [14] A. Rapp Dauerhaftigkeit nach 13 Jahren Freilandbewitterung (GK 3.1 und GK 3.2).., Deutsche Holzschutztagung am 18. U. 19. September in Braunschweig
- [15] Bollmus, S.; Gellerich, A.; Brischke, C.; Melcher, E. (2014): Bestimmung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Holz - Stand der aktuellen Diskussion., Holz technologie 56 (2): 44-51.
- [16] Natürliche Dauerhaftigkeit Sibirischer Lärche, Untersuchung mehrerer Herkunftsgebiete – Inhaltsstoffe ursächlich für die unterschiedliche Dauerhaftigkeit von Dr. Gerald Koch, Mathias Rehbein und Marie-Therese Lenz in Holzzentralblatt Nr. 22 v. 01. Juni 2007
- [17] Informationsdienst Holz, holzbau handbuch, Reihe 1, Teil9, Folge 2, Details für Holzbrücken
- [18] Fachregeln 02 des Zimmererhandwerks „Balkone und Terrassen“
- [19] Informationsdienst Holz, holzbau handbuch, Reihe 1, Teil 18, Folge 2: Holz im Außenbereich
- [20] Informationsdienst Holz, holzbau handbuch, Reihe 3, Bauphysik Baulicher Holzschutz
- [21] DIN 68800 „Holzschutz“, Teil 4 Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten, Februar 2012

(Leerseite)

Moderne Analyseverfahren zur Untersuchung von Baustoffen und Putzen

J. Göske

Neunkirchen am Sand

Zusammenfassung

Eine ausführliche und eindeutige mineralogische und bauchemische Charakterisierung von historischen aber auch modernen Baustoffen und Putzen ist u.a. in Hinblick auf die Ursachenfindung der verschiedenen „Bauschäden“ sowie der anschließenden Sanierung mittlerweile unumgänglich.

So wird es zum Beispiel mineralische Treiberscheinung durch Ettringit- und/oder Thaumasitbildung immer geben, solange es hydraulische Baustoffe und Putze geben wird. Die industrielle Verwendung von preiswerteren Rohstoffen - häufig bedingt durch die Globalisierung - für die Baustoff- und Putzherstellung und durch den wirtschaftlichen Druck, Werkstoffe immer schneller herzustellen, werden in Zukunft vermehrt Schäden dieser Art auftreten. Prekär dabei ist, dass diese Schäden erst nach 10 bis 15 Jahren auftreten und dabei zum Teil erhebliche Kosten verursachen können.

Historische aber auch moderne Baustoffe und Putze, sowie die möglichen Schäden mittels bezahlbarer analytischer Methoden schnell und gründlich zu identifizieren war und ist eine große Herausforderung.

Mit der Methodenkombination aus (Cryotransfer-) Rasterelektronenmikroskopie, energiedispersiver Röntgenspektroskopie und (Hochgeschwindigkeits-) Röntgendiffraktometrie konnte eine Untersuchungsstrategie entwickelt werden, die nicht nur zeitnahe, sondern auch wissenschaftlich eindeutige Ergebnisse bringt.

Dabei muss die Probennahme nicht unbedingt im Labor erfolgen. Durch die Entwicklung neuartiger Transport- und Präparationsmethoden ist es möglich geworden, Bauschäden vor Ort zu „entnehmen“ und kontaminationsfrei in das Labor zu den Untersuchungen zu transportieren. Dies ist besonders bei den erwähnten Treiberscheinungen sinnvoll, da die dafür ursächlichen Minerale sehr viel „Wasser“ in ihrer Kristallstruktur enthalten, das bei einem Transport schnell abgegeben werden kann. Als Folge kann bzw. wird die mineralische Phase dadurch zerstört und kann im Labor nicht mehr zweifelsfrei analysiert werden.

1 Einführung

Im Zuge von verschiedensten Sanierungsverfahren und Sanierungsmodellen an historischen sowie modernen Baustoff- und Putz-Systemen ist eine ausführliche und eindeutige mineralogische und bauchemische Charakterisierung zwingend erforderlich; vor allem in Hinsicht einer Ursachenfindung von eventuell auftretenden „Bauschäden“, die ebenfalls im Rahmen einer Sanierung beseitigt werden sollen. [1], [8] Auch gegenwärtig ist es bisweilen immer noch schwierig, historische aber auch moderne Baustoffe und Putze, sowie die möglichen Schäden mittels bezahlbarer analytischer Methoden schnell und gründlich zu charakterisieren. Mit der Kombination der analytischen Methoden aus (Cryotransfer-) Rasterelektronenmikroskopie, energiedispersiver Röntgenspektroskopie und (Hochgeschwindigkeits-) Röntgendiffraktometrie konnte eine Untersuchungsstrategie entwickelt werden, die nicht nur zeitnahe, sondern auch wissenschaftlich eindeutige Ergebnisse bringt. Mit der hochauflösenden Rasterelektronenmikroskopie ist es gegenwärtig möglich, Strukturen bis zu 2 nm elektronenoptisch aufzulösen und digital abzubilden. Es können somit mineralische Phasen und / oder Kristalle nach Tracht und Habitus charakterisiert und gleichzeitig elektronenoptisch vermessen werden. In Kombination mit einer energiedispersiven Röntgenspektroskopie kann direkt - ohne weitere Präparation und Probenmanipulation - der chemische Elementgehalt des betrachteten Objekts, sei es ein einzelner Kristall oder der ganze Bildausschnitt genau analysiert werden. Mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie werden die kristallographischen Daten einer kristallinen Verbindung in der Probe zweifelsfrei dokumentiert. Schwierig wird es aber, wenn mineralische Phasen einer Mischkristallreihe angehören, präsent sind. So kann meistens nur das jeweilige Endglied oder in manchen Fällen die definierte Zusammensetzungen - wenn sie in der Datenbank der ICCD [2] enthalten sind - exakt indiziert werden. Die Mischkristallreihe Ettringit – Thaumasit stellt aus eben genannten Gründen analytisch ein „kompliziertes“ Problem, wirtschaftlich betrachtet allerdings ein „massives“ Problem dar. [3] Die Cryotransfer-Rasterelektronenmikroskopie ist heutzutage, ein dem Stand der Technik und Wissenschaft entsprechende analytische Gerätschaft, die sich bei der Untersuchung von hydraulischen Systemen hervorragend bewährt hat. Mit der Cryotransfer-Technik gelingt es, flüssige, elektronenstrahl- und vakuumempfindliche Proben durch Schockgefrieren in einen metastabilen, stationären Zustand zu versetzen, um sie dann problemlos unter dem Rasterelektronenmikroskop betrachten zu können. So können z. B. Gefügeuntersuchungen von hydratisierenden Zementen bereits ab der ersten Reaktionsminute durchgeführt werden. [4], [5], [6], [7] Die Aussagen der Cryotransfer-Rasterelektronenmikroskopie werden durch die Röntgendiffraktometrie ergänzt und verifiziert. Hier ermöglichen die technischen Fortschritte im Bereich der Detektoren sehr hohe Aufnahmegeschwindigkeiten, kurze Messzeiten und eine schnelle Taktung der Einzelmessungen für Diffraktogramme, wobei jedoch auch eine hohe Datenqualität (Auflösung und Linearität) gewährleistet ist. [4], [5], [6]

2 Eingesetzte analytische Methoden

2.1 Röntgendiffraktometrie (XRD)

Bei der Feinstrukturuntersuchung von Festkörpern eingesetzten Röntgenstrahlung handelt es sich um elektromagnetische Wellen im Bereich von 10^{-10} m. Diese Strahlung wird an den dreidimensional regelmäßig angeordneten Atomen eines kristallinen Festkörpers gestreut, so dass sich die von jedem Atom ausgehenden Elementarwellen in definierten Richtungen zu konstruktiver Interferenz überlagern. Die so entstehenden gebeugten Wellen können vereinfacht als Reflexion an „Netzebenen“ innerhalb des Kristalls aufgefasst werden, dies sind gedachte Ebenen, die durch identische Atome eines Kristalls gelegt werden können. Jede Schar paralleler Netzebenen ist charakterisiert durch den Abstand ihrer Ebenen. Dieser „Netzebenenabstand d “ ist bestimmt für den Gangunterschied der interferierenden Röntgenstrahlung. Nur wenn der Gangunterschied Γ (in Bild 1: $\Gamma = x+y = 2d \cdot \sin\vartheta$) ein Vielfaches der Wellenlänge der verwendeten Röntgenstrahlung beträgt, kommt es zu konstruktiver Interferenz und damit zu abgebeugter Strahlung. Dies wird in der Bragg-Gleichung „ $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin\vartheta$ “ ausgedrückt. Gemessen werden die jeweiligen Beugungswinkel ϑ , unter denen die Netzebenen mit Abstand d die Röntgenstrahlung beugen. Die Abstände aller in einem Kristall möglichen Netzebenen stehen in direkter Beziehung zur Elementarzelle des Kristalls, so dass die Gesamtheit dieser Netzebenenabstände gleichsam einen Fingerabdruck des Kristalls darstellt. Aus den Beugungswinkeln eines Röntgendiagramms können somit die vorliegenden kristallinen Phasen identifiziert werden.

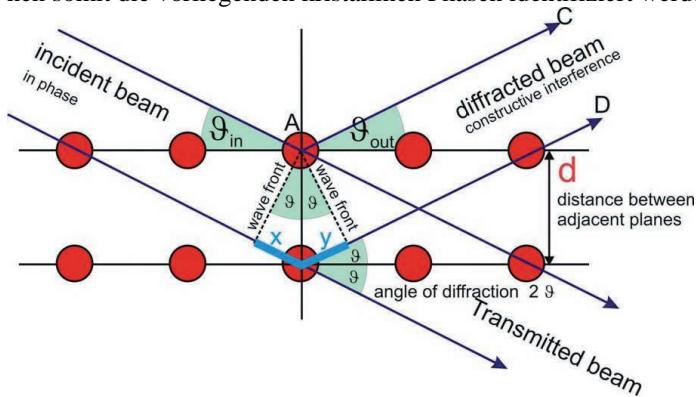


Bild 1: Bragg-Reflexion $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \vartheta$

λ = Wellenlänge der verwendeten monochromatischen Röntgenstrahlung

d = Abstand der Netzebenen

ϑ = Winkel, unter dem die Strahlung auf eine Netzebene auftrifft (Beugungswinkel)

n = ganze Zahl (genauer: die Beugungsordnung).

2.2 Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Bei der Rasterelektronenmikroskopie wird ein Elektronenstrahl rasterförmig über eine Probe geführt und regt diese u. a. zur Aussendung von Elektronen an. Synchron dazu wird auf einem Monitor ein Zeilenraster erzeugt, dem die von der Probe ausgesandten Elektronen als Helligkeitssignal überlagert werden (Bild 2).

Mit Hilfe eines Rasterelektronenmikroskops (REM) können beliebige, im Normalfall feste Stoffe wie Werkstoffe, Gesteine und Mineralien bis zu einer Vergrößerung von 1.000.000, elektronenoptisch, d.h. in Form von digitalen Bildern dargestellt und vermessen werden. Die dadurch für das menschliche Auge „sichtbar“ gemachten Werkstoffe können an Hand ihrer optischen Erscheinungsform (Tracht und Habitus) Rückschlüsse auf deren Bildung, Zerstörung und Veränderung geben.

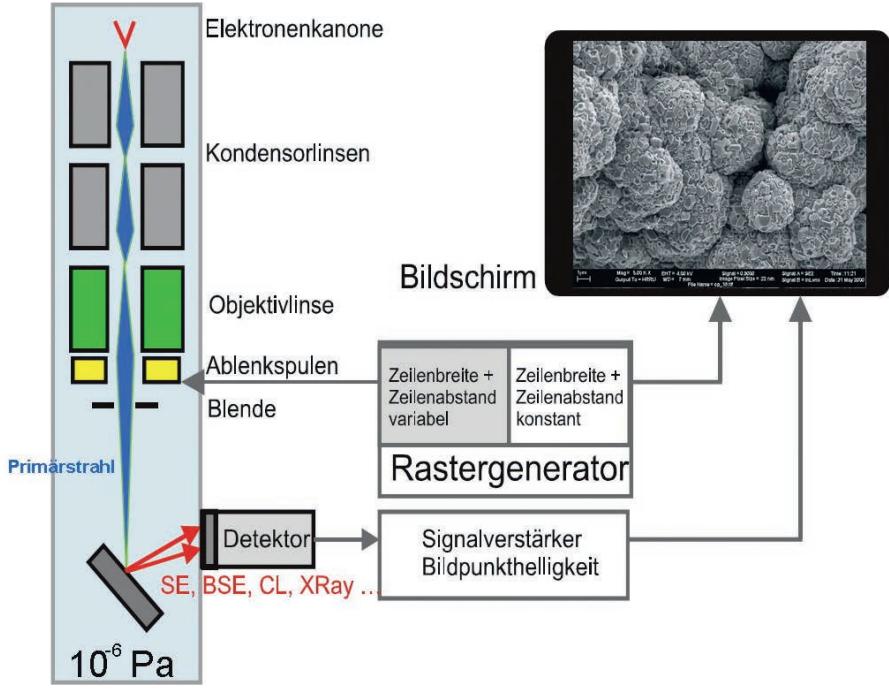


Bild 2: Prinzip des REM

Die optische Auflösung des verwendeten Gerätes beträgt 2 nm.

Bei der REM-Analytik wurde jeweils ein repräsentativer Bildausschnitt gewählt.

2.3 Energiedispersiv Röntgenspektroskopie (EDX)

Der primäre Röntgenstrahl regt die Probe auch zur Aussendung von sekundärer, sog. Fluoreszenzstrahlung an, die Informationen über den Chemismus der Probe liefert. Ein an das REM gekoppelter EDX-Detektor erlaubt, an den zu untersuchenden Phasen eine chemische Analyse durchzuführen. Damit können Rückschlüsse auf die Phasenzusammensetzung und auf die chemische Reaktion der Phasenbildung, Phasenumbildung und Phasenzerstörung gezogen werden.

2.4 Cryotransfer-Rasterelektronenmikroskopie (CRYO-REM)

Die Cryotransfer-Rasterelektronenmikroskopie wird inzwischen überdurchschnittlich häufig zur Erforschung von Abbindereaktionen in Zementen und anderen Baustoffen sowie Putzen eingesetzt [3], [4], [5], [6], [7] und kann heute als analytisches Standardverfahren angesehen werden.

Die Cryotransfer-Präparationstechnik erlaubt es, flüssige, elektronenstrahl- und vakuumempfindliche Proben durch Schockgefrieren in unterkühltem N₂ in einen stabilen, stationären Zustand zu versetzen und dann im REM zu betrachten.

Ein wesentliches Interesse für industrielle Anwendungen besteht unter anderem darin, Untersuchungen des Zementleims *in situ* bereits ab der Wasserzugabe bzw. ab der ersten Minute der Hydratation durchzuführen.

Beispielhaft sei an dieser Stelle das System CaO-SiO₂-H₂O erwähnt: Calciumsilikathydrate („CSH-Phasen“) sind ein primäres Produkt der Zementhydratation und u.a. verantwortlich für die Festigkeit von Portlandzement.

Die Kristallitgrößen der mikrokristallinen bis gelartigen CSH-Phasen betragen meist weniger als 1µm; der Wassergehalt hängt sehr stark von den Umgebungsbedingungen ab. Aus diesem Grund geht das chemisch und physikalisch gebundene Wasser der Proben schnell verloren, wenn diese in das Hochvakuum eines REM eingebbracht werden. Bei diesen Entwässerungsvorgängen werden in den meisten Fällen die Proben massiv geschädigt; dies führt bei herkömmlicher Präparation fast immer zu einer Artefaktbildung. Rasterelektronenmikroskope, die bei höheren Kammerdrucken arbeiten (VP, E-SEM etc.) können zwar die hydratisierten Phasen stabilisieren, sind aber nur in der Lage, die Probenoberfläche abzubilden.

Durch die Verwendung eines hochauflösenden Feldemissions-Rasterelektronenmikroskops in Verbindung mit der Cryotransfer-Technik indessen werden durch vorheriges Schockgefrieren diese Dehydratationsvorgänge und ihre Folgen umgangen. Mittels Gefrierbruch und/oder Gefrierätzung werden Oberfläche und innere Struktur der gefrorenen Proben sichtbar.

Bild 3 zeigt in der Bildmitte voll hydratisierte schwammartige C-S-H-Phasen mit Strukturen, die auch detailliert im nm-Bereich untersucht werden können.

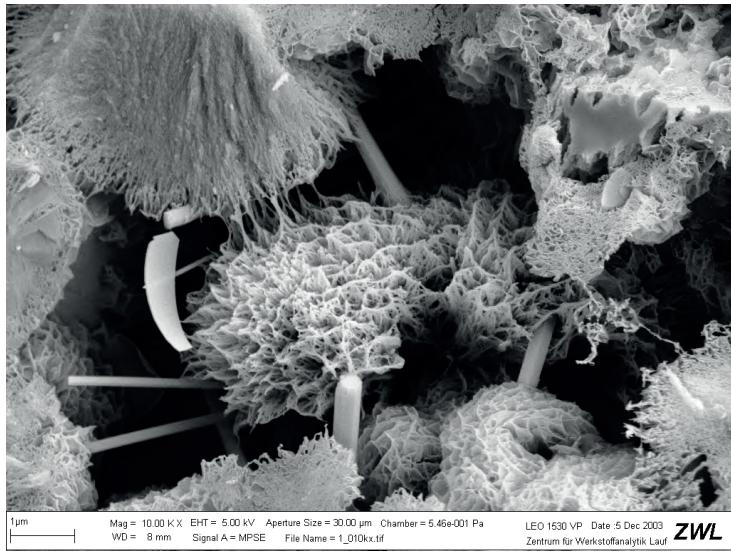


Bild 3: REM-Aufnahme eines PZ (CEM I 32,5), Cryotransfer-Präparation, Reaktionszeit 6 h (W/F-Wert = 0,5, RT)

3 Welche Aussagen können mit den generierten Ergebnissen erzielt werden:

(in Stichpunkten und in Beispielen, keine Gewähr auf Vollständigkeit)

- Handelt es sich um natürliche oder synthetische Baustoffe?
- Um welche Baustoffart handelt es sich mineralogisch bzw. bauchemisch: Lehm, Naturstein, Sand, Kies, Kalk, Zement, Beton, Glas, etc.?
- Um welche Natursteine handelt es sich mineralogisch: Sandstein, Kalkstein, Granit, Marmor, Tuff, Basalt, etc.?
- Um welche Putze, Putzsysteme handelt es sich mineralogisch bzw. bauchemisch: Lehmputz, Kalkputz, Kalkzementputz, Gipsputz, Gips-Kalk-Putz, Gips-Kalk-Zement-Putz, etc.?
- Um welche kristalline Bindemittelphase handelt es sich mineralogisch bzw. bauchemisch: Kalk, Bassanit, Anhydrit, Gips, etc.?
- Um welchen Mörtel handelt es sich mineralogisch bzw. bauchemisch: Mauermörtel, Putzmörtel, Estrichmörtel, Fliesenkleber, etc.?
- Wie alt, wie verwittert ist das Putz- bzw. Baustoffsysteem?
- Zeitliche Einordnung des „Alters“ eines Putz- bzw. Baustoffsystems anhand des Hydratationsgrades und / oder der eingesetzten Zuschläge und Rohstoffe.
- Welche primären bzw. sekundären Treiberscheinungen und / oder Ausblühungen sind identifizierbar?

- Ist das hydraulische Baustoffsysteem optimal abgebunden (hydratisiert)?
- Welche Ursachen haben evtl. Schäden an den Baustoff- bzw. Putzsystemen?
- Sind die Bauschäden dem Rohstoff, der Verarbeitung oder dem Hydratationsvorgang (Druck- bzw. Temperaturparameter) zuzuschreiben?

4. Analytik an ausgewählten, exemplarischen (Schadens-) Fällen

4.1 Mineralogische und bauchemische Bestimmung eines unbekannten Putzes

Frage: Handelt es sich bei dieser unbekannten Baustoffprobe um einen reinen Kalk-putz, Kalkzementputz, Gipsputz oder Lehmputz?

Für die durchgeführte - oben beschriebene - Analytik wurde ein geringes Stück Material (2cm x 2cm x 1cm) benötigt. Die Röntgendiffraktometrie (Bild 4) identifizierte neben den kristallinen Phasen Quarz, Dolomit, Feldspat (Zuschlag) auch die Phase Calcit neben Tonmineralen. Die durchgeführte EDX-Analyse bestätigte dieses Ergebnis bezüglich der Elementchemie.

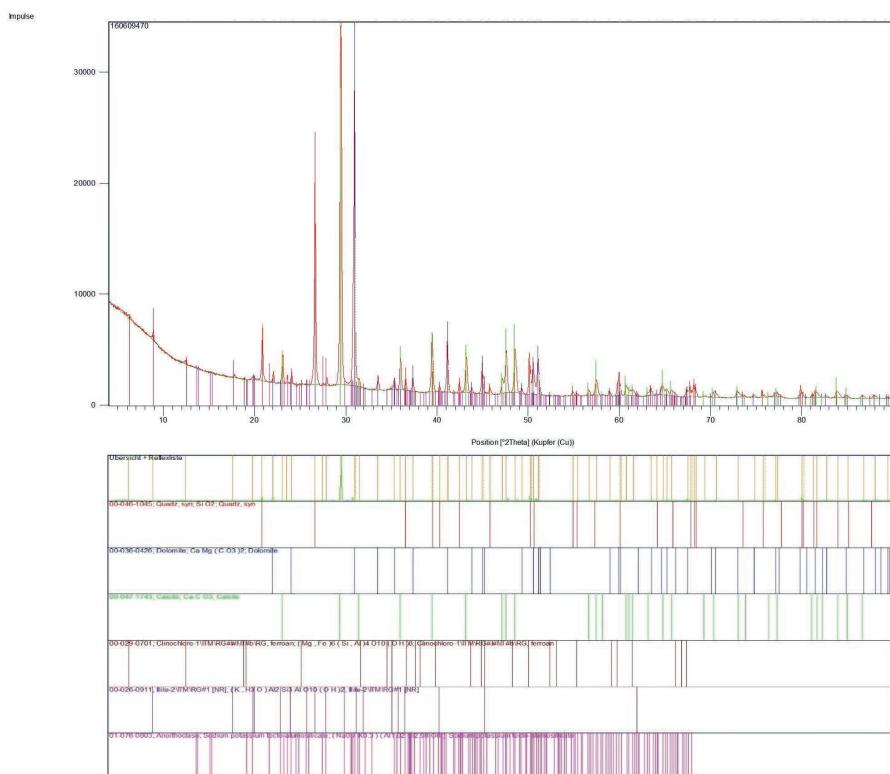


Bild 4: Röntgendiffraktogramm der Probe

Mittels Rasterelektronenmikroskopie konnten in diesem System neben den oben beschriebenen Mineralphasen ebenfalls eindeutig Tonminerale elektronenoptisch nachgewiesen werden (mit Pfeilen im Bild 5 markiert).

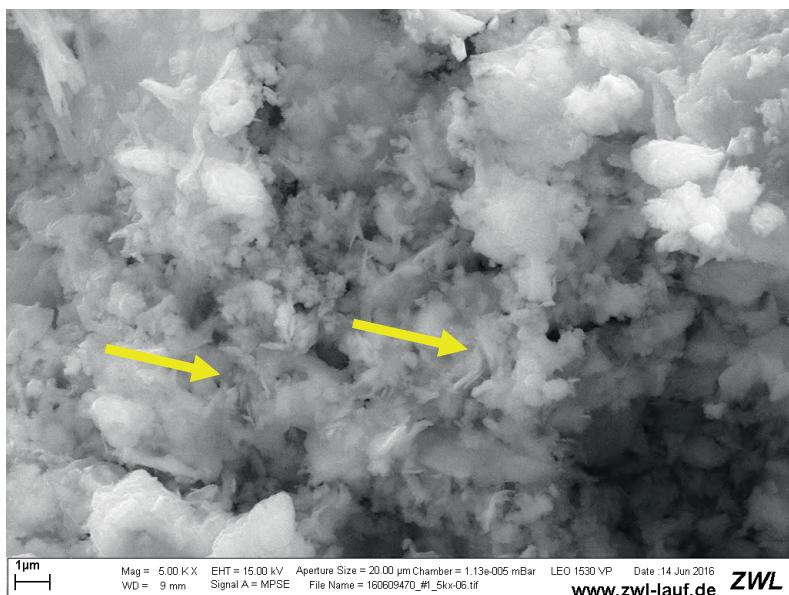


Bild 5: REM-Aufnahme der Probe (Einstellungen in der Datenleiste zu erkennen)

Es handelt sich anhand der durchgeföhrten Analytik eindeutig um einen Lehm-Kalk-Putz; es konnten weiterhin keine kristallinen hydraulischen Komponenten diffraktometrisch nachgewiesen werden.

4.2 Ablösen von Fliesen in Folge eines extremen Thaumasit- und Ettringittreibens im Baustoffsyste

Das Schadensbild zeigt nach etwa 2 Jahren ein unerwartetes Ablösen einzelner Fliesen vom Untergrund.

Die Ursachen für die Ablösung der Fliesen sind mineralische Treiberscheinungen durch Ettringit- und Thaumasitbildung.

Der eindeutige Nachweis der kristallinen Phasen Ettringit und Thaumasit wurde mittels XRD- und EDX-Analytik erbracht.

Die dazu benötigten, hohen Konzentrationen an Silizium und Sulfat stammen aus dem Bindemittel- und Fugenbereich selbst und/oder aus den Zuschlagsstoffen.

Bild 6 zeigt exemplarisch eine typische Ettringit- und Thaumasitbildung in der hydraulischen Matrix.

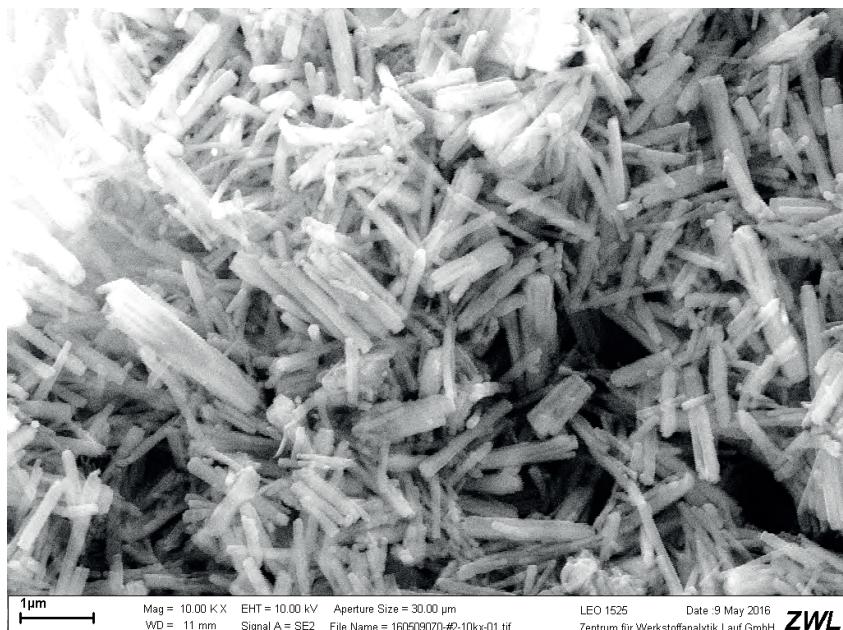


Bild 6: REM-Aufnahme aus der Matrix im Inneren einer frischen Fläche. Es wurden eindeutig Kristallisationen des Mischkristallsystems Ettringit-Thaumasit elektronenoptisch identifiziert

Eine Treiberscheinung mit dieser Schadensfolge (Abplatzen und Ablösen der Fliesen) kann nur eintreten, wenn bei der Herstellung des Bindemittelbereichs bestimmte Kriterien nicht beachtet werden, die den Ablauf des Schadensmechanismus erst ermöglichen. Dazu gehören z.B. ein überhöhter Gipsgehalt (Sulfatträger) im beigemischten Zement, eine falsche Dosierung bzw. Abmischung der Bindemittel-Komponenten (Zement, Zuschlag, Anmachwasser) oder der Bindemittelbereich wurde bei der Herstellung mit zu hohen Temperaturen wärmebehandelt bzw. nachbehandelt (Zugabe von Beschleunigern) bzw. die Einhaltung der geforderten, notwendigen Aushärtungszeiten der jeweiligen Bindemittel wurde nicht erfüllt.

4.3 „Mineralogische Definition“ des relativen Alters eines Putzsystems

In diesem „Schadensfall“ sollte die Frage beantwortet werden, ob der aufgetragene Putz im Keller des streitgegenständlichen Einfamilienhauses zeitlich „vor“ oder „nach“

einem Wasserschaden (ca. 1 Meter hohes Wasser im Keller) vorhanden bzw. aufgebracht wurde.

Der eindeutige Nachweis der kristallinen Phasen Gips, Calcit und Quarz wurde mittels XRD- und EDX-Analytik erbracht. Es handelte sich demnach eindeutig um einen Gips-Kalk-Putz.

Mittels einer durchgeföhrten CRYO-REM und REM-Analytik konnte eindeutig festgestellt werden, dass die einzelnen Gipskristallisationen (im Bild 7 mit Pfeilen markiert) Anlösungs- und Auflösungerscheinungen sowie sekundäre Neukristallisationen elektronenoptisch aufweisen. Dies spricht für eine externe, nachträgliche und „zeitlich kurze“ Wasserzufluhr. Durch das externe Wasserangebot (Hochwasser) konnten die Gipsmineralisationen angelöst - z.T. aufgelöst – werden, um nach geringer Zeit sekundär als Neukristallisationen auszufallen.

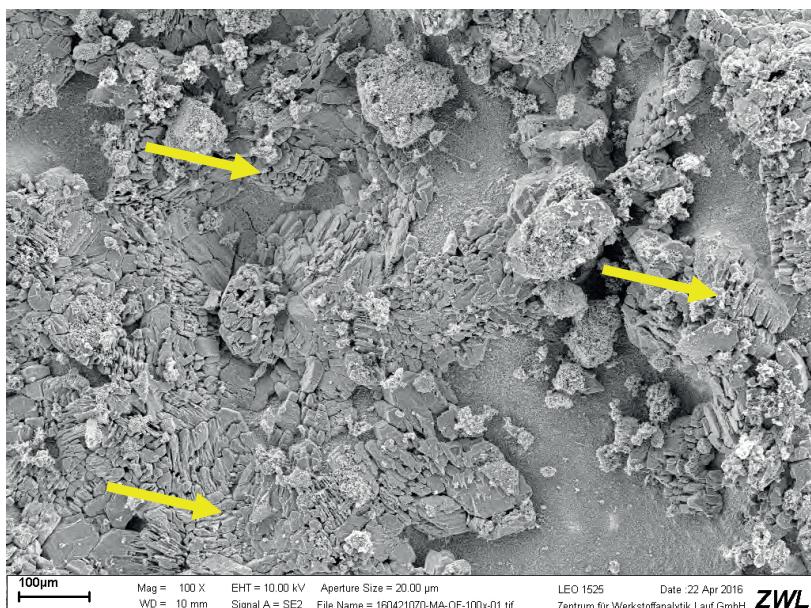


Bild 7: REM-Aufnahme aus der Matrix im Inneren einer frischen Fläche. Gipskristallisationen mit (Pfeile) Anlösungs- und Auflösungerscheinungen sowie sekundären Neukristallisationen

Anhand der durchgeföhrten Analytik konnte eindeutig gezeigt werden, dass der aufgetragene Putz im Keller des streitgegenständlichen Einfamilienhauses zeitlich „vor“ dem Wasserschaden (ca. 1 Meter hohes Wasser im Keller) vorhanden war.

Literatur

- [1] Göske, J., Pöllmann, H., Wenda, R., *Ettringit- und Thaumasittreiben in Betonwerkstoffen – Analytische Betrachtung und Ursachenermittlung mittels Röntgendiffraktometrie und Rasterelektronenmikroskopie*, 8. Beton- und Stahlbetonbau, Heft 5 (Mai 2007), S. 321 – 329, ISSN 0005-9900, 2007
- [2] ICDD, International Committee of Diffracton Databases, 2009
- [3] DAfStb-Positionspapier zum Sulfatangriff auf Beton, 2003
- [4] Göske, J., Fylak, M., Kachler, W., Wenda, R., Pöllmann, H., Raab, B., Czurratis, P., *Untersuchung von Hydratationsreaktionen mittels in-situ Rasterelektronenmikroskopie*, Ber. Dt. Min. Ges., Bh. Eur. J. Mineral. Vol 18, S 47, 2006
- [5] Fylak, M., Göske, J., Kachler, W., Wenda, R., Pöllmann, H., Meier, R., *Untersuchung von Hydratationsreaktionen an Schnellzementen mittels in-situ Röntgenphasenanalyse und Cryotransfer-Rasterelektronenmikroskopie*, 7. GDCh Tagung Bauchemie, Berlin, GDCh Monographie Bd. 35, S. 257 –262, ISBN 3-936028-37-0, 2005
- [6] Hübsch, Chr., Moraru, B., Schmitt, D., Göske, J., Fylak., Kachler, W., *Microstructural investigations on early hydration products of cementitious systems in combination with modern PCE-type superplasticizers by advanced Cryo-transfer SEM*, ICMA, Proc. 27th Int. Conf. Cement Microscopy, Toronto, Canada, CD-ROM, 2005
- [7] Göske, J., H. Pöllmann, H.-G. Pankau, *Hydration of High Alumina Cement – Investigations with low temperature sem – (Cryo-technique)*, Calcium Aluminate Cements 2001, Proceedings International Conference on Calcium Aluminate Cements, Edingburgh, Scotland, 16.-19. Juli, ISBN 1-86125-142-4, pp 189-196, 2001
- [8] Göske, J., Pöllmann, H., Mast, A., *Mineralische Treiberscheinungen als Schadensursache*, 6. Der Bausachverständige, Heft 2 2010, S. 22 – 27, 2010

(Leerseite)

Mögliche Asbestpotential bei alten Putzen, Spachtelmassen und Fliesenkleber

K. Schwellnus
Hamburg

Zusammenfassung

Asbest im Gebäudebestand erschien Anfang der 2000er Jahre schon fast als abgearbeitete Aufgabe. Nach der Feststellung, dass in Gebäuden eingebaute Asbestmaterialien für die Gebäudebenutzer problematisch sein können, wurden bereits seit Mitte der 1980er Jahre Sanierungsarbeiten durchgeführt und schwachgebundene Asbest-materialien ausgebaut oder durch Beschichtung oder räumliche Trennung „saniert“. Zumindest bei Gebäuden der öffentlichen Hand und vielfach auch im gewerblichen Bestand, wurde einigermaßen systematisch auf die in den Asbest-Richtlinien vorgeschriebene Bewertung von schwachgebundenen Asbestprodukten geachtet. Andere Asbestprodukte wie Asbestzement und Bodenbeläge wurden dabei oft nicht weiter betrachtet. Auch Asbest in bauchemischen Produkten wurde erst in den letzten Jahren als Problem wahrgenommen. Dabei sind insbesondere Materialien wie Spachtel, Putze und Fliesenkleber inzwischen als eine Quelle erheblicher Asbestexpositionen bei Umbau und Instandhaltungsarbeiten in Bestandgebäuden aus der Zeit bis ca. 1990 erkannt worden. Schätzungen gehen dahin, dass diese Produkte in bis zu 1/3 des Gebäudebestandes vorhanden sein können. Bei Modernisierungs- und Umbauarbeiten werden die Produkte bearbeitet, ohne dass Kenntnis über diese Asbestverwendungen vorliegt. Auf der anderen Seite sind bei kaum einem so weit verbreiteten Gebäudeschadstoff die Regelungen für den Umgang bzw. für Tätigkeiten mit Asbestexposition so eindeutig und umfangreich wie bei Asbest.

1 Einführung

Die Kenntnis über Asbestverwendungen in Spachteln und Anstrichen ist nicht neu. Im Ersatzstoffkatalog von 1985 von Frau Dr. Poeschel [1] sind bereits Aussagen zur Asbestsubstitution in solchen Produkten. In den Erläuterungen zu den Asbest-Richtlinien [2] von 1989 sind ebenfalls Spachtel als Asbestprodukt aufgeführt. Auch in der Liste der Asbestanwendungen von Herrn Schumm, im Handbuch Asbest [3], findet sich 1991 der Hinweis auf Asbest in Spachteln und Farben. Eine Auflistung von Asbestverwendungen ebenso in der VDI 3866 Bl. 1 [4].

Nicht realisiert wurde zu der Zeit aber die Tatsache, dass solche bauchemischen Produkte flächendeckend eingesetzt wurden und dass diese Materialien hohe Faserexpositionen bei Renovierungen und Modernisierungen zur Folge haben können. Zwar wurden bei Gebäudeuntersuchungen und auch bei daraus folgenden Asbestsanierungen schon vereinzelt diese Asbestprodukte berücksichtigt, in ihrer Bedeutung wahrgekommen und ins Bewusstsein einer breiten Fachöffentlichkeit rückten diese Asbestverwendungen aber erst durch Vorträge im Haus der Technik in Essen, z.B. Dr. K.-H. Schäffner 2008 [5], dann auch durch die im Jahr 2010 in Hamburg beginnende Untersuchung von Schulgebäuden hinsichtlich flächiger asbesthaltiger Wandbeschichtungen [6]. Die im Rahmen eines SUVA-Projektes (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) durch die Fa. Carbotec ermittelten und 2014 in einem Vortrag im Haus der Technik veröffentlichten Messwerte, beim Bearbeiten von Fliesenklebern mit sehr geringen Asbestgehalten bei Abbrucharbeiten im Rahmen von Renovierungsarbeiten, brachten die Erkenntnis, dass trotz sehr geringer Asbestgehalte sehr hohe Faserexpositionen vorliegen können [7].

2 Asbest in Putzen, Spachteln und Fliesenklebern

Der Zeitraum des Einsatzes von asbesthaltigen Spachteln lässt sich nicht eindeutig abgrenzen. Asbesthaltige Spachtel und Fliesenkleber wurden zumindest noch in den 1980er Jahren verwendet, obwohl Frau Dr. Poeschel z.B. 1985 bereits konstatierte, dass die Substitution von Asbest in Spachteln schon weitgehend erfolgte [1]. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Hersteller und Produkte sind eindeutige Aussagen hier jedoch nicht möglich. Es gibt auch Hinweise auf zumindest einzelne Verwendungen bis Anfang der 1990er Jahre. Im GVSS/ VDI-Papier wurde daher das Jahr 1993 als Endpunkt des Einsatzzeitraumes von Asbest in Wandbelägen angesetzt [8].

Eine Liste asbesthaltiger Beschichtungsstoffe findet sich im o.g. Vortrag von Herrn Dr. Schäffner [5]. Auch im Internet sind Listen mit Verwendungen und Einsatzzeiträumen zu finden, z.B. s. [9]. Für Korrosionsschutzbeschichtungen wurde z.B. vom Bundesministerium für Verkehr eine detaillierte Liste mit asbest- bzw. teerhaltigen Beschichtungsstoffen, Herstellern und Herstellungszeitraum bereits im Jahr 2007 veröffentlicht [10].

Asbest wurde bei den aufgeführten Materialien zum einen gezielt zur Verbesserung der Eigenschaften zugesetzt, dabei beträgt der Asbestgehalt in der Regel ab ca. 0,5 %. Andererseits findet sich aber in den aufgeführten Produkten Asbest in geringen Gehalten auch ungezielt, z.B. durch den Zusatz von geogen mit Asbest belasteten Zuschlagstoffen. So soll beispielsweise der Zusatz von Talk bei Fliesenklebern und Spachteln zu einem Eintrag von Asbestfasern geführt haben. Finntalk z.B. soll Amphibolasbest im Prozentbereich enthalten haben (Schubert, Vortrag HdT). Talkum wurde zugesetzt, um eine geschmeidigere und damit besser verarbeitbare Mischung zu erhalten. Als Massenprodukte enthalten Putze, Spachtel und Fliesenkleber deutliche Anteile an anorganischen Füllstoffen, d.h. auch Gesteinsmehl. Je nach Lagerstätte variiert dann der Anteil an geogener Verunreinigung durch Asbestminerale oder Vorläuferminerale.

3 Asbest in Putzen

Asbestzusatz zu Gipsputz ist sehr unwahrscheinlich, bekannt aber als Zusatz für Stuckgips [11]. Auch bei großflächig aufgebrachtem Zementputz bzw. Kalk-Zementputz ist ein Asbestzusatz aufgrund der großen eingesetzten Mengen und der Schwierigkeit, Asbest gleichmäßig im Material zu verteilen sehr unwahrscheinlich. Verwendet wurde Asbest aber in Spezialputzen. Nicht auszuschließen ist auch Asbest geogenen Ursprungs in mineralischen Zuschlägen in Putzen (und auch in Beton). In der Regel ist aber bei Wandbelägen nicht der Putzuntergrund selbst asbesthaltig, sondern zusätzlich aufgebrachte Schichten, auch (Reparatur)Spachtel oder Farben. Neben ausgebesserten Fehlstellen von Beton oder Putz, finden sich auch flächige Spachtelschichten auf den verschiedenen Untergründen, z.T. systematisch, z.T. aber auch nur an einzelnen Wänden oder an Reparaturstellen.

Asbesthaltiger Mörtel ist bekannt. Dabei ist aber eher mit kleinflächigem Einsatz zu rechnen, auch Reparaturmörtel für Beton, z.B. zum Ausbessern von Fehlstellen nach dem Ausschalen, auch Betonsanierungen und vor allem auch Brandschutzmörtel. Wenn Asbest auf der Baustelle verfügbar war, ist u.U. auch vor Ort Asbest in Mörtel zugemischt worden. Ansonsten aber findet sich bei Putzen Asbest eher in Spezialputzen, die auf Wände in Gebäuden aufgebracht wurden:

Rauhputz, Feinputz, Dekorputz, Kunstharpzputze, Strukturputze, Buntsteinputze etc. Dass auch Putze im Außenbereich Asbest enthalten, da hier die Anforderungen an das Material noch deutlich höher ist als im Innenbereich, wird oft übersehen.

Einer der wenigen Hinweise zu asbesthaltigen Putzen im Internet findet sich zu Brand-schutzputz in der Definition von *asbestic*: [12]: *“a fibrous sand formed by mixing second-grade asbestos and serpentine and used when crushed and mixed with lime to form a fireproof wall plaster”*.

4 Asbest in Spachtelmassen

In Betonspachtel, Reparaturspachtel, Fugenspachtel, Füll- und Glättspachtel, Flächen- spachtel, Gipsspachtel etc. wurde Asbest zugesetzt. Generell besteht daher bei Spachteln Verdacht auf Verwendung von Asbest. Gespachtelt wurden ganz unterschiedliche Untergründe wie Beton, als Reparaturspachtel bei Beschädigungen nach Ausschalen, als Fugenspachtel der Schalungsfugen oder Fertigteilplatten, aber auch flächig auf Betonflächen, auf Gipskarton-Leichtbauwänden, als Fugenspachtel bei Spanplattenwänden und Fußbodenverlegeplatten, Trockenestrichplatten, auf verputzten Wänden z.B. auf Zementputz, nachträglich glattgespachtelte Rauhputz- Wandoberflächen etc. Bei Wulf findet sich ein Hinweis auf Gipsspachtel („Füllspachtel“): „Gips mit Zusätzen von Asbestmehl“ [15].

5 Asbest in Fliesenklebern

Bei in Mörtelbett verlegten Fliesen ist ein Asbestzusatz zwar nicht 100%ig auszuschließen, da Asbest möglicherweise auch vor Ort zugesetzt wurde (s.o.), ist aber sehr unwahrscheinlich, wie die Erfahrung zeigt. Sichtprüfung, ob in Mörtelbett verlegte Fliesen vorliegen ist nur bei alten Originalfliesen (schmale Fugen!) ausreichend, ansonsten sollte zumindest in einer Stichprobe überprüft werden, ob auf das vorhandene Mörtelbett nachträglich Fliesen im Dünnbett verlegt wurden und ob evtl. auch Spachtelschichten unter dem Fliesenkleber vorliegen. Fliesenkleber, die für eine Verklebung neu auf alt geeignet waren mussten andere Eigenschaften mitbringen als normale Dünnbettkleber. Der Verdacht auf Asbestzusatz ist dort daher noch höher anzusetzen, falls die neueren Fliesen im Verwendungszeitraum von asbesthaltigen Klebern verlegt wurden.

Wenn die Sichtprüfung Hinweis auf Dünnbettkleber ergibt, sollte durch Einzelproben untersucht werden, ob Asbest vorliegt. Mischproben sind bei Fliesenklebern evtl. nicht aussagekräftig genug. Bei kunststoffvergüteten Klebern ist die Nachweisgrenze deutlich schlechter, da die Fasern oft trotz zusätzlicher Aufarbeitungsschritte verklebt und damit schlecht zu erkennen sind.

In Wohnungen sind oftmals verschiedene Fliesenflächen vorhanden. In größeren Wohnanlagen kann die Zahl der zu untersuchenden Flächen damit schnell sehr hoch sein, vor allem, wenn mit unterschiedlicher Ausführung in den verschiedenen Wohnungen gerechnet werden muss. Boden- und Wandfliesen in der Küche sind meist anders als im Bad, evtl. nochmals abweichend in der Toilette und evtl. von Wohnung zu Wohnung verschieden. Eine Untersuchung in zu kleiner Stichprobenanzahl ist riskant, da nur mit einzelnen Proben nicht eine ganze Wohnanlage als asbestfrei eingestuft werden kann. Die Vorgabe zur Stichprobenzahl im VDI-Diskussionspapier bezieht sich nur auf als gleichartig erkannte Flächen und Materialien.

Aber selbst bei Gleichartigkeit wird z.B. bei 50 Fliesenflächen eine Stichprobe von min. 7 Proben im Rahmen der so genannten "vertrauensbasierten technischen Erkundung" empfohlen.

6 Asbest in Farben

Zu Korrosionsschutzanstrichen sind Beispiele in dem oben erwähnten Leitfaden des BAW aufgeführt. Diese Produkte wurden auch für Anlagen eingesetzt und sind z.T. auch in Gebäuden zu finden. Auch Bautenschutzanstriche können asbesthaltig sein, dabei werden insbesondere die asbesthaltigen Fassadenfarben wenig beachtet. Über den Umfang von Asbesteinsatz bei Farben und Anstrichen liegen außer bei den erwähnten Korrosionsschutzanstrichen kaum Daten vor. Der Kenntnisstand ist zu gering, um gezielt dort Proben zu entnehmen, wo mit asbesthaltigen Farben zu rechnen ist. Auf der oben erwähnten Internetseite von "Meisterbetriebe Appold" ist z.B. Rauhfaserfarbpulver als asbesthaltig aufgeführt. Im Internet sind ansonsten kaum Daten zu finden, ein Beispiel ist z.B. ein Hinweis auf asbesthaltige Bitumenanstriche bei Gussleitungen. Generell ist bei Bitumenprodukten aus dem Verwendungszeitraum von Asbest mit einer hohen Wahrscheinlichkeit mit Asbestzusatz zu rechnen.

Aber auch bei Farben und Lacken ist Asbest eingesetzt worden. Wir finden Asbest (z.T. auch neben PCB) öfter in Anstrichen von Rohrleitungen bei Industrieanlagen, aber auch in der Haustechnik. Hauptsächlich bei Lacken ist mit Asbestzusatz zu rechnen, Asbest hat die thixotrope Eigenschaft verbessert, die Farben ziehen sich dann selbst zu einer glatten Oberfläche zusammen. Betroffen sind lackierte Flächen, z.B. Metalle wie Türen, Heizkörper, Rohrleitungen, sichtbare Stahlträger etc. Aber auch bei lackierten Holztüren im Altbau kann z.B. neben asbesthaltigem Spachtel (Holzspachtel) auch asbesthaltige Farbe eingesetzt worden sein, evtl. ist dann auch noch mit Bleiweiß zu rechnen. Selbst in Bleimennige auf alten Stahlflächen, wie z.B. Stahlfenstern, wurde von uns schon Asbestzusatz ermittelt. Bei Dispersionsfarben erscheint ein Asbestzusatz eher nicht erforderlich um die Eigenschaften zu verbessern. Daten dazu liegen jedoch nicht vor. Aber auch auf Wänden sind asbesthaltige Farbanstriche nicht auszuschließen, wobei bei Anstrichen auf asbesthaltigem Spachteluntergrund die Unterscheidung nicht immer einfach ist.

Bei Wulf findet sich schon 1954 der Hinweis auf Asbestmehl, hier speziell Asbestine, als Zusatzmittel zu Öl- und Lackfarben zur Verhinderung des Absetzens. Auch zur Herstellung von Flammenschutzfarben wurde nach Wulf Asbestmehl eingesetzt und mit Wasserglas versetzt [16]. Früher wurden Farben oftmals selbst vom Maler angemischt, deshalb ist bei alten Farbflächen Asbest nicht auszuschließen.

Bautenschutzfarben und -anstriche, auch Reparatur-Spachtelmassen auf Bitumen oder Teerbasis enthielten oftmals deutliche Anteile an Asbest (siehe dazu Tabelle in [9]).

Bei erdberührten Bauteilen, aber auch bei Dichtanstrichen im Gebäude ist mit asbesthaltigen Materialien zu rechnen - übrigens auch bei Bitumen- oder Teerpappen. Dies betrifft neben alten Bitumen-Dachbahnen vor allem auch Reparaturstellen bzw. Bau teil-Anschlüsse, an denen Bitumen-Spachtelmassen eingesetzt wurden.

7 Asbestgehalte in den Produkten (Putze, Spachtel, Fliesenkleber)

Die zugänglichen Informationen zu diesen Produkten zeigen, dass Asbestgehalte in der Regel von unter 1 % bis zu mehreren Prozent gehen. Bei Bitumenprodukten liegen dabei eher auch höhere Asbestgehalte vor.

Wenn heute der Massengehalt an Asbest in Spachteln oder Klebern bestimmt wird, werden oftmals Gehalte deutlich unter 1% gefunden. Dies kann daran liegen, dass in der Regel nicht reine Materialien untersucht werden können, sondern die Proben von Wandbelägen immer mehrere Schichten enthalten. Aber auch bei Fliesenklebern finden sich oftmals nur Gehalte deutlich unter 1 Massenprozent. Gezielt zur Verbesserung der Eigenschaft zugesetzte Asbestmengen sollten min. in der Größenordnung von 0,5% liegen, es werden aber auch deutlich darunterliegende Gehalte ermittelt. Hier ist neben der Verdünnung in realen Proben eine Erklärung, dass Asbest durch Zuschlagstoffe eingeschleppt wurde und nicht gezielt zugegeben wurde, so z.B. Talk mit Asbestverunreinigung (s.o.).

8 Faserexpositionen bei Tätigkeiten an Fliesenklebern

Auch bei Asbestgehalten von unter 0,1% sind je nach Arbeitsverfahren hohe Faserfreisetzungen möglich. Eine Studie der SUVA/ Carbotec zeigt dies:

In einem größeren Sanitärraum sind Fliesen mit asbesthaltigem Fliesenkleber verlegt, der Asbestgehalt wurde mit ca. 0,035% bestimmt [7].

Tabelle 1: Studie der SUVA/ Carbotec [7]

Arbeiten im abgeschotteten Arbeitsbereich, 2facher oder 10facher Luftwechsel:	
Reparaturarbeiten (einzelne Löcher, bzw. einzelne Fliesen entfernen).	n.n. bis 36.000 F/m ³
Fliesen abschlagen	<10.000 bis 100.000 F/m ³
Fliesen abschlagen und Mörtel abschaben	16.000 bis 160.000 F/m ³
Mörtel abschaben	32.000 bis 320.000 F/m ³
Mörtel schleifen	65.000 bis 1.4000.000 F/m ³
Mauerabbruch mitsamt Fliesen und Kleber	n.n.

Zu beachten ist bei solchen Messungen, dass aufgrund der hohen Staubbelastung nur sehr kurze Messzeiten möglich sind und daher die Nachweisgrenze hoch liegt, z.T. oberhalb von 100.000 F/m³.

Die Messwerte zeigen, dass auch beim Bearbeiten von Materialien mit Asbestgehalten von unter 0,1% Arbeitsschutzmaßnahmen zwingend erforderlich sind. Lt. Chemikaliengesetz bzw. Gefahrstoffverordnung sind Materialien mit Asbestgehalten < 0,1% nicht als krebserzeugende Gefahrstoffe einzustufen [13]. Dies führt oftmals zu dem Missverständnis, dass dann kein asbesthaltiges Material vorliegt und dann auch keine Asbestfasern freigesetzt werden sollten. Da dem nicht so ist, sind Schutzmaßnahmen zwingend erforderlich, sobald eine Exposition vorliegt bzw. vorliegen kann. Bei stauberzeugenden Arbeiten muss generell mit Faserfreisetzung in deutlichem Ausmaß gerechnet werden. Es kann also auch nicht davon ausgegangen werden, dass bei Asbestgehalten unter 0,1% generell Arbeiten geringer Exposition vorliegen. Je nach Arbeitsverfahren sind angepasste Schutzmaßnahmen erforderlich, es handelt sich um Tätigkeiten mit Asbest. Die Höhe der Exposition erfordert bei Arbeiten wie oben umfangreiche Schutzmaßnahmen.

9 Putz/ Spachtel und Fliesenkleber bei der Untersuchung von Gebäuden

Im Gegensatz zu Asbestprodukten, die schon durch Sichtprüfung erkannt werden können, wie z.B. Spritzasbest oder Promabestplatten und auch Asbestzementprodukten, oder zu Materialien, die zumindest als verdächtig erkannt und eingestuft werden können um dann gezielt untersucht zu werden, wie z.B. Flexplattenbeläge und Bitumenkleber, ist nur bei erkennbar auffälligen Putzen ein Verdacht vorgegeben und das Material kann gezielt entnommen und untersucht werden. Zumeist sind Spachtelschichten aber durch Oberbeläge wie Farbschichten oder Tapeten abgedeckt und es ist nicht direkt zu erkennen, ob Spachtel vorhanden und dort Asbest enthalten ist. Dies kann dann nur durch Analysen geklärt werden.

Zur Gebäudeuntersuchung gibt es seit 2011 den in Hamburg bei der Untersuchung von Schulen verfolgten Ansatz, in Abhängigkeit von der Gebäudefläche einen Rahmen für den Umfang der Untersuchung vorzugeben (SBH-Methode). Dabei wird neben der Anzahl an Proben auch vorgegeben, dass die Probenahme bauteilbezogen erfolgt und vorwiegend auf die für Unterricht oder Verwaltung genutzten Räume ausgerichtet ist und nur reduziert für Flure, Treppen und Nasszellen.

Der Gesamtverband Schadstoffsanierung (GVSS) hat zusammen mit dem VDI im Juni 2015 ein Diskussionspapier herausgegeben, in dem eine Vorgehensweise für die Untersuchung der aufgeföhrten Wand-/ Deckenbeläge definiert wird [8]. Dabei sind auch Beispiele aufgeföhrt, welcher Probenumfang für welche statistische Absicherung der Ergebnisse erforderlich ist. Spachtelschichten zeichnen sich dadurch aus, dass sie als Wandbelag nicht oder nur an Reparaturstellen sichtbar sind, ansonsten durch Farben, Tapeten oder andere Wandbeläge abgedeckt sind. Für eine Probenahme sollte an der

zu untersuchenden Stelle aber auch wirklich Spachtel vorhanden sein. Da durch Spachtel Ungleichmäßigkeiten ausgeglichen werden sollen, ist an manchen Stellen Spachtelmasse vorhanden, an anderen Stellen ist der Spachtel „auf null“ ausgezogen. Wenn also willkürlich verteilt über eine Fläche Proben entnommen werden, wird an manchen Stellen Spachtel vorhanden sein, an anderen Stellen aber nicht. Daher muss versucht werden, Proben an Stellen zu nehmen, an denen Spachtel üblicherweise am ehesten anzutreffen sind, um so die Trefferquote zu steigern: indem z.B. an Wanddecken, bei Leichtbauwänden an den Fugen, bei Fenstern und Türen in der Laibung Proben entnommen werden, da dort mit Spachtelung zu rechnen ist. Ansonsten sind die erforderlichen Probenzahlen noch deutlich höher.

Durch diese gezielte Probenahme lässt sich die erforderliche Anzahl an Proben gegenüber rein zufällig entnommenen Proben deutlich verringern: wenn klar ist, dass der vorhandene Spachtel in der Probe enthalten ist und dass die Wände gleichartig ausgeführt sind, reicht im Grunde eine Einzelprobe aus, für die Aussage, dass asbesthaltiger Spachtel vorliegt (Probenahme mit aufgrund von Vorwissen erkannter Gleichartigkeit). Dennoch ist eine Absicherung durch weitere Proben sinnvoll und erforderlich. Im GVSS/ VDI-Papier ist ein Vorschlag zur erforderlichen Probenzahl in Abhängigkeit von der Anzahl gleichartig ausgeführter Bauteile aufgeführt (s. [8], Tabelle 3). Dabei wird noch nach Untersuchungsstrategie unterschieden, Untersuchungsmotivation Betrieb/ Nutzung einerseits mit geringerer Erfordernis und andererseits Instandhaltung/ Sanierung und Abbruch/ Rückbau. Für Betrieb/ Nutzung wird von geringerer Probendichte ausgegangen.

Tabelle 2: Stichprobenumfang vertrauensbasierte Untersuchung (nach GVSS/ VDI Diskussionspapier [8], Tabelle 3)

Anzahl Bauteile	Anzahl Probennahmen Betrieb/ Nutzung	Sanierung/ Abbruch
1 bis 2	2	2
3 bis 4	2	3
5 bis 6	3	4
7 bis 8	3	5
9 bis 11	3	6
..		
32 bis 38	6	121
..		
Über 55	ein gerundetes Achtel	ein gerundetes Viertel

Ein Gebäude ist dabei als asbestbelastet einzustufen, wenn auch nur in einer Probe Asbest nachgewiesen wurde. Um eine solche Einstufung zu revidieren, sind nach GVSS/ VDI-Papier dann weitere „Detaillierte Technische Erkundungen“

durchzuführen. Dadurch ergeben sich dann deutlich höhere Stichprobenzahlen.

Diese dort als Konvention vorgegebene Stichprobenzahl ist jedoch nur gültig bei homogener Verteilung der Asbestfundstelle innerhalb der Verdachtsflächen und bei gleichartiger Ausführung der Bauteile. Soweit die Gleichartigkeit der Ausführung der Bauteile nicht gegeben ist, muss jede unterschiedliche Ausführung getrennt untersucht werden. Falls innerhalb der zu untersuchenden Fläche kein homogen verteilt Asbestprodukt vorliegt und daher nicht bei jeder Probe davon ausgegangen werden kann, dass vorhandene Spachtel- und Putze enthalten sind, z.B. aufgrund von nicht erkennbarer kleinteiliger Verwendung (inhomogene Verwendung nach GVSS/ VDI), sind weitaus höhere Probenzahlen erforderlich, um eine hohe Aussagesicherheit bei geringem Flächenanteil der asbesthaltigen Stellen (z.B. Reparaturstellen) zu erzielen.

Hohe Aussagesicherheit bedeutet: nur ein geringer Prozentsatz sehr inhomogener, verdeckter Verwendungen von Asbestmaterial darf übersehen werden.

Im GVSS/ VDI-Papier sind dazu Beispiele aufgeführt, die zeigen, dass die erforderlichen Probenzahlen dann schnell in nicht mehr praxisgerechter Höhe liegen. Beispiel: Anteil der asbesthaltigen Fläche an der zu beurteilenden Fläche 1%, gewünschte Aussagesicherheit 95% (d.h. max. 5% der Verwendungen dürfen übersehen werden) erfordert 299 Proben [8].

Dies bedeutet, dass die Aussagesicherheit bei kleinteiligen Asbestverwendungen bei der in der Praxis üblichen Probenzahl nur sehr schlecht ist, soweit nicht gezielt Stellen mit Spachtel geprüft werden können. Verdeckte Verwendungen und Reparaturstellen können nur bei entsprechend hohem (und nicht praxisgerechtem) Probenumfang erfasst werden. Wir müssen uns daher verabschieden von der Vorstellung, jede einzelne Stelle mit Asbestmaterial im Gebäude vollständig erfassen zu können. Das Ziel einer Untersuchung muss aber sein, als Aussage zumindest flächig oder systematisch vorhandene Asbestmaterialien zu ermitteln. Bei Asbestbefund muss dann in einem weiteren Untersuchungsschritt geklärt werden, welche Bauteile bzw. Gebäudeflächen betroffen sind.

Noch ist die Vorgehensweise bei Gebäudeuntersuchungen nicht einheitlich, die praktische Umsetzung des GVSS/ VDI-Vorschlages setzt umfangreiche Voruntersuchungen voraus, um Hinweise auf Gleichartigkeit von Bauteilen abzusichern und dann die Probenanzahl festzulegen, stellt aber einen ersten Schritt zur Vereinheitlichung der Gebäudeuntersuchung dar. Für beide Herangehensweisen ist anzumerken, dass die Ergebnisse nicht bedeuten, dass ein Gebäude, in dem bei den Untersuchungen kein Asbestmaterial ermittelt wurde damit als asbestfrei deklariert werden kann. Sowohl die SBH-Methode, als auch die orientierende technische Erkundung nach dem GVSS/ VDI-Papier setzen voraus, dass bei umfangreichen Eingriffen in die Gebäudesubstanz weitere Untersuchungen vorgenommen werden (GVSS: detaillierte technische Erkundung).

Nur für die übliche laufende Nutzung mit kleineren Arbeiten oder Beschädigungen an Wänden und Decken können die untersuchten Gebäude, bei denen kein Asbest festgestellt wurde freigegeben werden.

10 Analytik Putz-/ Spachtelproben

Bei der Analytik der Putz-/ Spachtelproben wird so vorgegangen, dass bis zu 5 oder 6 Einzelproben in einer Mischprobe vereint untersucht werden.

- Vorteil:
 1. die Kosten der Analytik sind geringer (1 Analyse statt 5 od. 6). Aber: da der analytische Aufwand höher ist, sind die Kosten höher als für 1 Einzelprobe
 2. Ergebnisse liegen schneller vor (deutlich weniger Analysen!)
- Nachteil:
 1. Analytik ist aufwendiger, deutlich geringere Gehalte an Asbest müssen sicher festgestellt werden können, wenn nicht die in einer der zusammen untersuchten Proben evtl. nur geringen Asbestanteile übersehen werden sollen.
 2. Das Ergebnis zählt für alle in der Mischprobe vereinten Probenahmestellen. Wenn kein Asbest gefunden wurde ist das bei entsprechender Nachweisgrenze (s.u.) in Ordnung. Wenn Asbest nachgewiesen wurde, werden so aber evtl. auch nicht asbesthaltige Stellen als asbesthaltig eingestuft. Eine nachträgliche Einzeluntersuchung erhöht den Aufwand. Das Vorgehen in Mischproben ist dann noch günstiger, wenn ein deutlicher Teil der Mischproben keinen Asbestbefund ergibt (in der Regel ist es so).

Spachtel werden meist „auf null“ ausgezogen. Wenn die Probenahme zufällig eine solche dünne Spachtelschicht trifft wird durch Vermischen mit der Farb- und Putzschicht dieser Stelle der Asbestgehalt schon verringert und dazu dann noch mit den weiteren 4 -5 Proben als Mischprobe verdünnt. Dadurch verschlechtert sich die Nachweisgrenze deutlich, nicht unrealistisch um einen Faktor bis zu 100fach (s. [14]). Die Anforderung an die Analytik ist daher eine ganz andere als beim Asbestnachweis in den üblichen Materialproben. Beim bisher üblichen Vorgehen nach VDI 3866 liegt die Nachweisgrenze bei ca. 1%. Eine Absenkung auf 0,001% ist daher erstrebenswert, in der Praxis durch Matrixeffekt und Inhomogenitäten jedoch nicht generell erzielbar. Die Neufassung der VDI 3866 Bl. 5 mit Anpassung der Analytik liegt noch nicht vor, der vorliegende Entwurf von Juli 2015 weicht hier noch von der endgültigen Fassung ab. Aufgrund der bei dünnen Spachtelschichten nur minimalen Asbestgehalte in der Mischprobe ist die gezielte Probenahme natürlich besonders wichtig. Proben sollten daher soweit möglich gezielt dort entnommen werden, wo Spachtel erkennbar ist. Wenn bei den untersuchten Probenahmestellen eine Vorauswahl erfolgt, dass nur Proben mit eindeutigen Spachtelanteilen zur Analyse kommen ist die Trefferwahrscheinlichkeit deutlich höher, und es kann mit weniger Proben eine abgesicherte Aussage gemacht werden (s.o.).

11 Fliesenkleberproben

Fliesenkleber sollten aufgrund der Matrixeffekte nicht generell als Mischprobe aus 5 Proben analysiert werden. Bei kunstharzgebundenen Klebern sind die Fasern oftmals so verklebt, dass die Nachweisgrenze deutlich schlechter wird. Bei mechanischer Bearbeitung werden aber auch verklebte Fasern schnell in Einzelfasern bis zur Elementarfibrille zerlegt, hohe Faserexpositionen sind trotz verklebten Fasern möglich. Fliesenkleberflächen sind als homogene Anwendung (Asbest gleichmäßig in der Kleberschicht vorhanden) in der Regel mit gezielten Einzelproben sicher genug zu erfassen.

12 Was bedeutet der Fund von Asbest in einer Wandbelagsprobe

Untersucht wird in Stichproben. Der Stichprobenumfang ist für eine statistisch abgesicherte Aussage in der Praxis für kleinflächige Asbestverwendungen generell viel zu gering. Verschiedene Effekte führen dazu, dass in einer Einzelprobe eventuell Asbest nicht nachweisbar ist, obwohl an der untersuchten Wand Asbestmaterial eingesetzt ist. Auch die Verdünnung in der Mischprobe führt evtl. zu falsch negativen Ergebnissen. Aufgrund der höheren Zahl an Probenahmestellen ist die generelle Aussage zum Gebäude aber einigermaßen abgesichert möglich: wenn kein Asbest in angemessener Stichprobenzahl gefunden wurde gibt es keinen Hinweis auf Asbest. Bei den Untersuchungen von Schulbau Hamburg war ein hoher Anteil von Gebäuden in diese Kategorie zuzuordnen. Allerdings ist zu beachten, dass die Gebäude damit nicht als asbestfrei gelten [6]. Die Untersuchung kann also bei größeren Gebäudebeständen dazu dienen, schnell die besonders kritischen Gebäude zu erkennen und dort die Verwendungen im Einzelnen zu überprüfen. Aufgrund der bauteilbezogenen Probenahme konnten dann auch Gebäude mit Asbestverwendungen nur in einzelnen Bauteilen oder außerhalb der Klassenräume identifiziert und mit nur auf die Bauteile bezogenen Nutzungs-einschränkungen freigegeben werden.

Eine generelle Asbestfreiheit ist durch eine solche Untersuchung aber in keinem Fall zu bescheinigen. In Gebäuden mit Befund von Asbest ist weiter zu prüfen, um welche Verwendungen es sich handelt. Wenn nur in einzelnen Proben Asbest nachgewiesen wurde, kann sich der Versuch einer Eingrenzung der Verwendungen als sehr aufwendig erweisen, falls bei der Probenahme nur zufällig eine Einzelstelle getroffen wurde. Andrerseits ist bei positivem Asbestbefund an wenigen zusätzlichen Proben eine systematische Asbestverwendung festzustellen.

Werden in Proben niedrige Asbestgehalte festgestellt, so kann dies, wie Herr König in seinem Vortrag auf der Deconex 1/2016 aufgezählt hat, folgende Ursachen haben [14]:

1. Die Fundstelle wurde bei der Beprobung nur teilweise getroffen
2. Die Probe ist kontaminiert
3. Die Fundstelle ist z.B. nur als dünne Schicht vorhanden (kommt insbesondere bei Farben und Spachtelmassen häufiger vor)
4. Die beprobte Stelle hat tatsächlich einen geringen Asbestgehalt (z.B. bei vor Ort Mischungen)
5. Es handelt sich um nicht absichtlich zugemischten Asbest (z.B. geogener Natur)
6. Es handelt sich um eine Mischprobe, bei der z.B. nur eine (schwach) asbesthaltig ist.

Generell stellt die Bewertung einer Wandbelagsuntersuchung hohe Anforderung an die Interpretation der Ergebnisse. Die Analytik der Mischproben bewegt sich an der Nachweisgrenze der Methode, der Fund nur einzelner Asbestfasern in der Mischprobe kann z.B. auf geringe Mengen Asbest in nur einer der einzelnen Proben hinweisen. Eine an anderer Stelle mit noch geringerem Spachtelanteil (fast auf „null“ ausgezogenem Spachtel) entnommene Proben ergibt in der Mischprobe evtl. ein widersprechendes Resultat (kein Asbest nachgewiesen zu Spuren Asbest), weil dann die Nachweisgrenze unterschritten sein kann. Die beiden Mischproben unterscheiden sich bei digitaler Bewertung komplett („Asbest: positiv“ zu „Asbest: negativ“), obwohl sie nur graduell unterschiedlich sind, weil un wesentlich geringere Materialmengen in der Mischprobe gelandet sind. Geringe Spuren an Asbest sind zudem auch durch geogene Anteile im Material möglich. Die Unterscheidung zu gezielt zugesetztem, und damit in der Regel mit höherem Anteil vorhandenen Asbest, ist in den Mischproben nicht möglich. Bei Mischproben muss schon ein Einzelfund Asbest als Hinweis auf Asbest, in zumindest einer der enthaltenen Einzelproben, gewertet werden, und selbst in Einzelproben kann aufgrund der oben aufgeführten Ursachen ein minimaler Gehalt Asbest ein Hinweis auf Asbest im Bereich der untersuchten Stelle sein. Bei Asbestnachweis sollte daher diesem Hinweis nachgegangen und überprüft werden, ob flächige Spachtelverwendung vorliegt, nur zufällig eine einzelne Reparaturstelle erfasst wurde oder etwa nur geogene minimale Asbestanteile im Material vorliegen. Anhand der Asbestsorte, der Morphologie der Fasern und durch Massenabschätzung oder -bestimmung kann eine Zuordnung möglich sein. Für Tätigkeiten an den betreffenden Wänden oder Decken ist allerdings nur die Expositionshöhe relevant für die Festlegung von Schutzmaßnahmen – unabhängig davon, ob Asbest gezielt zugesetzt wurde oder es sich um eine geogene Verunreinigung handelt. Es gibt keine allgemein akzeptierte Grenze, unter welchem Massengehalt ein Material als „nicht asbesthaltig“ bzw. als „asbestfrei“ eingestuft werden kann. Die Festlegung von Schutzmaßnahmen bei stauberzeugenden Arbeiten ist daher nur über geprüfte Arbeitsverfahren möglich. Die bisher als emissionsarme Verfahren von der Berufsgenossenschaft veröffentlichten Arbeitsverfahren decken großflächige Tätigkeiten mit Putz, Spachtel und Fliesenklebern nicht ab. Eine Festlegung von Schutzmaßnahmen muss daher in jedem Einzelfall und mit Zustimmung der Aufsichtsbehörden erfolgen, soweit nicht generell die Maßnahmen

als umfangreiche Arbeiten im Sinne der TRGS 519 eingestuft werden. Das BMAS hatte angedacht, für Handwerker auf die bei Tätigkeiten mit Asbest erforderlichen Voraussetzungen wie Sachkunde und auf die in der TRGS vorgesehenen Schutzmaßnahmen befristet auf 3 Jahre zu verzichten, wenn für die sogenannten RMR-Arbeiten (renovieren, modernisieren, restaurieren) durch Schutzmaßnahmen gewährleistet wird, dass der Grenzwert für alveolengängige Stäube bzw. für silikogene Stäube eingehalten wird. Ob eine staubkontrollierte Arbeitsweise allerdings die Asbeststaubbelastung so weit reduziert, dass von nur geringer Gefährdung ausgegangen werden kann, ist nach den bisher vorliegenden Messergebnissen (s.o.) anzuzweifeln.

Literatur

- [1] Fr. Dr. Poeschel, UBA-Texte 23/85 Asbestersatzstoff-Katalog Bd. 1 Faser- und Füllstoffe, August 1985
- [2] Richtlinien für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbest-Richtlinien), ARGEBAU 1989
- [3] H.-P. Schumm in: Bossenmayer, Schumm, Tepasse, Asbest-Handbuch, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1991
- [4] VDI Richtlinie 3866 Bl. 1
- [5] Dr. Karl-Heinz Schäffner, unveröffentlichter Vortrag im Haus der Technik, Essen 2008, s.a. Dr. Berg, unveröffentlichter Vortrag HdT 2009
- [6] Gebäudediagnostik Wesselmann, unveröffentlichter Vortrag auf dem 3. Erfahrungsaustausch Asbest am 15. Juni 2016 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,Dortmund
- [7] Walter Hiltbold, Carbotec, Vortrag HdT, 23. Forum Asbest, Nov. 2014, Essen, [www.fages.org/libraries.files/GV_FAGES_Vortrag_Fliesenkleber.pdf](http://www.fages.org/libraries/files/GV_FAGES_Vortrag_Fliesenkleber.pdf)
- [8] Gesamtverband Schadstoffsanierung/ VDI, Juni 2015, Asbesthaltige Putze, Spachtelmassen und Fliesenkleber in Gebäuden, Diskussionspapier zu Erkundung, Bewertung und Sanierung
- [9] www.meisterbetrieb-appold.de/leistungen/asbestsanierung/liste-asbest-haltiger-beschichtungsstoffe/index.php?w2dptab2318059_e3011a740c
- [10] BAW Asbest/ PAK Leitfaden 2007, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Leitfaden für die Entschichtung von Asbest- bzw. PAK-haltigen Altanstrichen im Stahlwasserbau und auf Betonbauwerken der WSV
- [11] Asbest, Becker Haag, 1927
- [12] www.merriam-webster.com/dictionary
- [13] Gefahrstoffverordnung, vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643), mit Änderungen 2011, 2013 und 2015
- [14] unveröffentlichter Vortrag König, DeconEx Jan. 2016
- [15] Wulf, Große Farbwarenkunde, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 1979, S. 343
- [16] Wulf, Farbwarenkunde, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 1954

(Leerseite)

Funktionsputze – Welche Funktionen könnten Putze neben dem Witterungsschutz erfüllen? – Stand der Arbeiten an einem neuen WTA-Merkblatt

H.-W. Zier
Weimar

Zusammenfassung

Der Begriff „Funktionsputz“ wird oft im Zusammenhang mit Putzen, die nach massiven Feuchteschäden als „Feuchtmauerputz“ oder „Entfeuchtungsputz“ für Sanierungsmaßnahmen angeboten werden, genannt. Zu finden ist der Begriff in den Putzbezeichnungen, als Verweis in Technischen Merkblättern oder Arbeitsanweisungen. Unklar ist aber oft die Zuordnung der eigentlichen Funktion. Soll das feuchte Mauerwerk, der frische Putz oder der verputzte feuchte Raum schneller austrocknen?

Ziel der WTA-Arbeitsgruppe „Funktionsputze“ ist die Erarbeitung einer Systematik, die realisierbaren Putzfunktionen spezifische Anforderungen zuordnet. Dabei werden nicht nur Funktionen im Zusammenhang mit Feuchtebelastungen gesehen.

Als Beispiele werden Ansätze zur Systematisierung von Putzfunktionen in tabellarischen Vorlagen für die Hauptfunktion „Witterungsschutz“ und die speziellen Funktionen „Entfeuchtung“, „Feuchteregulierung“ und „Verbesserung der Wärmedämmung“ vorgestellt.

Ein kurzer Entwurf für die allgemeine Vorgehensweise bei der Auswahl von Funktionsputzen wird abschließend angegeben.

Im Beitrag wird auf den aktuellen Stand der Bearbeitung des Merkblattes zurückgegriffen. Es ist möglich, dass in der Endversion des Merkblattes zusätzliche Informationen hinzukommen oder auch andere Formulierungen gebraucht werden.

1 Einführung

Putze im traditionellen Sinn sind Mörtelsysteme, die auf Mauerwerksoberflächen bzw. geeignete Trägersysteme aufgebracht werden und dort zur Gestaltung, als Schutz oder wiederum als Träger für andere Beschichtungssysteme dienen. Die Mörtel zur Herstellung der Putze können ein- bis mehrlagig aufgetragen werden.

Putze sind seit Jahrhunderten im Einsatz. Neben den zuvor genannten Aufgaben ergaben sich auch zusätzliche besondere Funktionen. Dazu gehören zum Beispiel eine geringe Wärmeleitung durch hohe Porenanteile im Putz, Schaffung der Möglichkeiten der Anhaftung von Magneten durch den Zusatz von eisenhaltigen Körnungen, spezifische Effekte zur Beeinflussung von Feuchte- und Salztransporten durch spezielle Porenarten und -verteilungen oder Beeinflussungen der Raumakustik durch schallabsorbierende Akustikputze.

Putze, die während der Anwendung spezifische Funktionen besitzen, werden im Beitrag als „Funktionsputze“ bezeichnet.

Die nachfolgend angeführte Auswahl von Zitaten aus modernen Informationsmedien zeigt, dass der Begriff Funktionsputz in Produktinformationen, Merkblättern und LV-Vorlagen gern verwendet wird. In den Beispielen sind es „Entfeuchtungsputz“ bzw. „Feuchtmauerputz“ für die der Begriff „Funktionsputz“ mit gebraucht wird.

Nach einem „Ausschreibungstext LV“ [1] für einen „Entfeuchtungsputz“ ist nach Herstellerangabe „unbedingt zu beachten

- Keine Vorbehandlung mit chemischen Mittel
- Salzanalyse entfällt
- Keine Haftbrücke, kein Haftgrund
- Keine horizontalen und vertikalen Sperren
- Während der Entfeuchtungs- und Trocknungsphase des Putzes für ausreichende Belüftung sorgen
- Lüftungsregeln beachten
- Keine Trocknungsgeräte einsetzen“.

Nach den genannten Angaben handelt es sich um einen Putz, der ohne Voruntersuchungen, ohne vorbereitende Maßnahmen am Mauerwerk und fast ohne Raumklimatisierung einsetzbar ist. Die weiteren zitierten Angaben beziehen sich vor allem auf die Phase der Verarbeitung des Mörtels zur Herstellung des Putzes. Damit ist dem verfestigten Putz noch keine Funktion eindeutig zuordenbar. Bezieht sich die Funktion „Entfeuchtung“ im Zitat nicht eigentlich auf die „Trocknungsphase des Putzes“?

Auf der Homepage des gleichen Putzanbieters [1] wird ein „(3 + 1) Bindekraftprinzip“ als besondere Eigenschaft für „aerodurit® Funktionsputze“ beschrieben. Eine „erhöhte Bindekraft aller Zuschläge untereinander“ soll erreicht werden „durch:

- Bindekraft Kalk (Brückenbildung)
- Bindekraft Zement (Zapfen durch Hydratation)
- aerodurit® Mineral-Zuschläge (Anionenbindung an Zementstein, erhöhte Kohäsion der Zuschläge)

- Van der Waal'sches Prinzip (Dipolare Wechselwirkung der Moleküle)“.

Unklar ist zunächst was unter „Zuschlägen“ zu verstehen ist. Handelt es sich um Gesteinskörnungen, Zusätze oder alle Einzelkomponenten aus denen sich der Mörtel zusammensetzt? Früher wurden Gesteinskörnungen in Mörteln oder Betonen als „Zuschläge“ bezeichnet. In dem Bezug wäre die Bezeichnung „Bindekraft“ irritierend.

Die im Zitat aufgeführten Bindekraftprinzipien sind für Fachleute schwer verständlich. Nachvollziehbar wäre noch die Verbindung von Gesteinskörnungen durch die Bildung einer Bindemittelmatrix von Calciumcarbonat aus Calciumhydroxid.

Sehr schwer vorstellbar ist die Bildung von „Zapfen durch Hydratation“. Dieser Vorgang ist in den zugänglichen Fachquellen für Mörtelsysteme bisher nicht beschrieben und demnach eine unverständliche Angabe. Bezogen auf Zement ist eher davon auszugehen, dass sich in Abhängigkeit von der Zementmenge durch Hydratation eine gleichmäßige Struktur ausbildet. Wäre eine „Zapfenbildung“ als eine punktuelle bzw. kleinflächige Orientierung von Hydrationsprodukten zu verstehen? Wie soll dieser Ablauf gesteuert werden?

Eine „Anionenbindung an den Zementstein“ aus vorhandenen Salzbelastungen – die nach dem „Ausschreibungstext LV“ nicht nachgewiesen werden müssen – ist ebenfalls kritisch zu hinterfragen. Eine Reaktion von Sulfaten mit Zementstein kann zur Bildung von Treibmineralen führen. Nitrate und Chloride reagieren mit Calcium aus Mörtelbindemitteln unter Bildung von bauschädlichen Salzen und führen zur Erhöhung von Salzbelastungen. Mit Erhärtungsstörungen durch Nitrate muss gerechnet werden. Die genannten Prozesse führen zur Putzzerstörung. Warum sollen diese Reaktionen nicht mehr stattfinden?

Die besondere Rolle des „Van der Waal'sches Prinzips“ bei der Ausbildung besonderer Putzeigenschaften ist eine interessante Wortschöpfung, deren Bedeutung nur schwer erfassbar ist.

Beispielsweise soll der nach den genannten Prinzipien arbeitende aerodurit® Entfeuchtungsputz EP 2010 zur „permanenteren Mauerentfeuchtung“ [2] – außer bei „Druckwasser“ – geeignet sein. Kellersanierungen sollen ohne „teure Trocknungsmaßnahmen“ möglich sein. Wie kann ohne Voruntersuchungen die Ursache für Feuchteschäden sicher eingegrenzt werden?

Die Formulierung „permanente Mauerentfeuchtung“ lässt einen Nutzer vom Putz erwarten, dass nasses Mauerwerk – z.B. nach einem Hochwasserschaden – schneller austrocknet. Wenn dieser Prozess physikalisch möglich wäre, müsste die Funktion „Austrocknungsbeschleunigung“ heißen. Soll der Putz aber die Austrocknung möglichst nur gering behindern und in Verbindung mit Lüftungsmaßnahmen eine frühere Nutzung von Räumen erlauben, ist diese Funktion mit einem „Opferputz OP-I-Feuchte“ nach WTA und den zugeordneten relevanten Kennwerten [3] vielleicht realisierbar.

Nach den Angaben im Technischen Merkblatt [2] sind als Bindemittel im oben genannten Entfeuchtungsputz Portlandzement und Kalkhydrat enthalten. Weiterhin wird bei den technischen Daten darauf verwiesen, dass der Putz die Eigenschaften

„dauerhaft und salzresistenz“ besitzt. Wie der Nachweis erfolgte ist leider nicht angegeben.

Ebenfalls „zur Sanierung von feuchtem Mauerwerk, unabhängig von der Höhe des Feuchte- und Salzgehaltes“, einsetzbar sein soll der „DiffuPor Haft- und Grobputz“ [4] Die genannten Putze werden vom Vertreiber als „Feuchtmauerputz“ bezeichnet und in der Information tauchen mehrfach die Bezeichnungen „Funktionsputz“ bzw. „Funktionsputzlage“ auf. Als Wirkungsweise wird ein „spezielles Mikroporensystem, das mit einem Feinstkapillarnetz verbunden ist“ genannt. Die „Oberfläche wird durch ca. 40% Mikroporen derart vergrößert, dass die anfallende Feuchtigkeit rasch verdunsten kann. Dabei wird sowohl kapillar aufsteigende Feuchte, hygroskopische Feuchte (durch Salzbelastung) und Kondensat abgeführt.“ [4]

Leider ist nicht beschrieben, nach welchem Prinzip die „hygroskopische Feuchte“ aus den Salzen über die Mikroporen im Putz reduziert wird.

Auch für diese Produkte wird angegeben, dass „KEINE zusätzlichen Isolierungen (Querschnittisolierung oder Perimeterdämmung)“ und „KEINE Salzuntersuchungen“ erforderlich sind. [4]

Vergleichbare Versprechen werden für „EMPOR Funktionsbaustoffe“ unter den Bezeichnungen „Funktionsputz SZ, ...SK, ...FTP und ...FTPM“ gemacht. [5]

Die Beispiele zeigen, dass aktuell der Begriff „Funktionsputz“ vor allem im Zusammenhang mit Putzanwendungen an feuchtem Mauerwerk genannt wird. Der Spielraum der Interpretation der Funktionen ist jedoch sehr breit und kann bei Anwendern (Bauherren, Planer, Verarbeiter, Sachverständige, Anwälte) zu Missverständnissen führen. Es ist schon relevant, ob mit der Funktion „Entfeuchtung“ die Austrocknung eines Putzes auf feuchten Mauerwerk, die Beschleunigung der Austrocknung von feuchtem Mauerwerk unter dem Putz oder die Verhinderung von hoher Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen gemeint ist.

Eine Zuordnung von spezifischen Funktionen, die Putze für spezielle Anwendungen erfüllen können, und die Angabe von konkreten Anforderungen würden zur Verbesserung des Verständnisses zwischen Putzanbietern, -verarbeitern und –nutzern beitragen.

Im November 2013 wurde im Referat Oberflächentechnologie der WTA die Arbeitsgruppe 2-14 „Funktionsputze“ gegründet. Gegenstand der Arbeit „ist vor allem die Klassifizierung und Charakterisierung von Putzen und Putzsystemen mit speziellen Funktionen (Funktionsputze). Weiterhin werden Wirkprinzipien, Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen kurz erläutert.“ [6]

Nachfolgend werden einige Ansätze für den Merkblattentwurf und der bisherige Stand der Arbeiten vorgestellt.

Spachtelmassen und Schlämmen, die aus den gleichen Bestandteilen wie Putze bestehen können, werden im Merkblatt nicht berücksichtigt.

2 Hauptfunktionen und spezielle Funktionen von Putzen

Eines der ersten Ergebnisse der Tätigkeit der WTA-Arbeitsgruppe war die Unterteilung der Putzanwendungen nach Hauptfunktionen und speziellen Funktionen.

„Die **Hauptfunktion** der Putze besteht im Schutz von Wand- und Deckenoberflächen im Inneren von Gebäuden und an Außenwandoberflächen.“

Häufig besitzen Putze zusätzlich gestalterische Funktionen, die über Oberflächenstrukturen und / oder die Eigenfarbigkeiten realisiert werden.

Mögliche Funktionen sind aber auch Egalisierungen von Mauerwerksoberflächen als Vorbereitung für den Auftrag von Anstrichen, Tapeten oder Fliesen.

Die Anforderungen an die Zusammensetzungen und die Eigenschaften von Putzen für die genannten Funktionen sind in Normen und Richtlinien geregelt.“ [6]

Neben den Putzen mit schwerpunktmäßiger klassischer Anwendung (Hauptfunktionen) entstanden im Laufe der Zeit **Putze mit speziellen Funktionen**.

Ausgehend von der oben angesprochenen Einteilung wird nachfolgend eine Übersicht gegeben, die bestimmten funktionalen Anwendungen von Putzen zunächst „Erwartungen“ bzw. Ziele des Einsatzes zuordnet.

Hauptfunktionen:

- Witterungsschutz:

Erwartet wird im Außenbereich ein Schutz des unter dem Putz befindlichen Mauerwerks vor Feuchteinträgen. Erreicht wird diese Funktion durch dichte Putzstrukturen, Mindestputzdicken oder wasserabweisende Zusätze. Eine ausreichende Witterungsbeständigkeit in Abhängigkeit vom Anwendungsort muss über die Mörtelzusammensetzung realisiert werden.

- Ästhetik:

Durch Färbung, Glättung oder Oberflächenstrukturierung sollen gestalterische Effekte im Innen- und Außenbereich erzielt werden. Hohe Pigmentzugaben können Mörtelleigenschaften beeinträchtigen. Es ist weiterhin zu beachten, dass andere Hauptfunktionen (z.B. der Witterungsschutz) durch Strukturierungen beeinträchtigt werden können.

- Egalisierung:

Ziel ist die Glättung von Oberflächen als Vorbereitung für den Auftrag von Anstrichen, Tapeten oder Fliesen. In Abhängigkeit von der Art der Nutzung der Putzoberflächen muss die Tragfähigkeit für einen ausreichenden Verbund sichergestellt werden.

Spezielle Funktionen:

- Haptik:

Erzeugt werden sollen Oberflächen (z.B. über Körnung, Härte, Relief), die bei Berührung erfühlbar zu unterscheiden sind. Einsetzbar sind derartige Putze z.B. in Einrichtungen für Sehbehinderte oder zur Fluchtwegmarkierung bei Lichtausfall.

- Widerstand gegen äußere Einwirkungen:

Äußere Einwirkungen auf Putze können unterschiedlicher Art sein. Deshalb muss hier eine zusätzliche Differenzierung vorgenommen werden. Bei Erwartung hoher mechanischer Belastungen (z.B. gegen Schlag und Abrieb) kann eine Erhöhung des **Widerstandes gegen mechanische Einwirkungen** erforderlich werden. Ziel ist der Erhalt der sichtbaren Putzoberfläche oder ein temporärer Schutz wertvoller Oberflächen unter dem Putz (als Opferputz).

Ein erhöhter **Widerstand gegen chemische Einwirkungen** auf Mauerwerksoberflächen gegen Angriff spezieller Gase, Wässer mit reaktiven Inhaltsstoffen (Salze u.a.) oder Luftschadstoffe bzw. als temporärer Schutz von unter dem Putz befindlichen wertvollen Oberflächen ist ebenfalls möglich.

Für beide Anwendungen sind die Putze unterschiedlich zu konzipieren. Die einzuhaltenen Randbedingungen müssen vorher bekannt sein.

- Schutz vor Strahlung:

Ziele der Anwendung können die Abschirmung von Räumen oder Gebäuden vor dem Eintritt oder dem Austritt von radioaktiven Strahlen, Röntgenstrahlung oder HF-Strahlung sein. Erzielt wird die Funktion über spezielle Füllstoffe / Gesteinskörnungen in den Putzen und entsprechende Schichtdicken. Es ist zu berücksichtigen, dass vergleichbare oder sogar bessere Effekte mit Metallfolien oder -platten erreicht werden können.

- Raumakustik / Schallschutz:

Die **Raumakustik** kann durch reflektierende (z.B. dichte Zementputze mit glatter Oberfläche) oder absorbierende Putze (Akustikputze) beeinflusst werden. Über Kombinationen beider Wirkprinzipien kann die Schallausbreitung in Innenräumen geregelt werden. Beide Eigenschaften in einem Putz sind nicht realisierbar. Die Auswahl und Anwendung von geeigneten Putzen erfordert Erfahrungen. Auf glatten Oberflächen können spezielle Wandplatten ggf. effektiver eingesetzt werden.

Eine signifikante Verbesserung des **Schallschutzes** ist allein mit Putzen nicht realisierbar. Basis für die Beeinflussung der Schallleitung im Mauerwerk muss immer eine schallschutztechnische Berechnung, unter Berücksichtigung der relevanten Parameter, sein.

- Brandschutz:

Ziele der Putzanwendungen sind die Verlängerung der Dauer des Feuerwiderstands von Bauteilen (z.B. Mauerwerk, Fachwerk) im Brandfall und die Vermeidung von Rauchgasen durch Verringerung der Brennbarkeit. Gipsmörtel für derartige Anwendungen sind seit Jahrhunderten bekannt.

- Thermische Eigenschaften:

Putze mit geringer Wärmeleitfähigkeit können zur **Wärmedämmung** dienen. Sie verringern den Wärmetransport und erhöhen die Oberflächentemperaturen im Inneren von Gebäuden.

Ein Putz mit hoher Wärmeleitfähigkeit kann z. B. die **Wärmeleitung** von Wand- und Deckentemperiersystemen in Richtung Innenraum verbessern.

Spezielle latente Wärmespeichersysteme nutzen den Phasenwechsel von Salzen oder Wachsen. Beim Einsatz in Putzen soll bei Erhöhung der Raumtemperaturen eine **Wärmespeicherung** stattfinden und bei Abkühlung soll die Wärme wieder an die Umgebung abgegeben werden. Die Systeme sind bei den zur Verfügung stehenden Temperaturgradienten in Wohnräumen effektiv nur schwer einzusetzen.

- Beeinflussung des Wassertransports:

Der **Wassertransport** in Putzen erfolgt über Kapillaren und über Diffusion. Über die Steuerung der Porenverteilungen und Porenarten sowie der Putzdicken können abdichtende Putze (z.B. Sperrputze) bis gut Wasser transportierende Putze (z.B. Porengrundputze aus dem Sanierputzsystem nach WTA) erstellt werden.

Nach Hochwassereignissen kommen oft „**Entfeuchtungspalte**“ zum Einsatz. Der Name suggeriert die Beschleunigung der Austrocknung des nassen Mauerwerks. Zwischen Putz und Mauerwerk bildet sich immer eine Grenzfläche aus, wodurch ein Übergangswiderstand entsteht. Damit ist der gewünschte Effekt der beschleunigten Austrocknung nicht realisierbar.

Das Erreichen von trockenen Putzoberflächen soll mit Putzen spezieller Porengeometrie und –verteilung möglich sein. Für die Funktionalität dieser Putze wird der Begriff „**Feuchteregulierung**“ verwendet. Bei Anwendungen in Innenräumen und Kellern müssen Maßnahmen zur Regulierung der Raumluftfeuchten getroffen werden. Auch mit diesen Putzen ist keine Beschleunigung der Austrocknung von feuchtem Mauerwerk möglich.

Als **Feuchteschutz** (Sperrung, Abdichtung) von Mauerwerksoberflächen und Sockeln können abdichtende Putze oder solche mit sehr geringem Wassertransportvermögen verwendet werden.

Unter bestimmten Nutzungsbedingungen (z.B. schneller Temperaturabfall) kann es zur Bildung von **Oberflächenkondensat** auf Putzoberflächen kommen. Durch einen schnellen Abtransport des Kondensats von der Oberfläche in tiefere Putzschichten und die spätere Abgabe des Wassers über Kapillartransport und Diffusion an die Raumluft mit geringer Luftfeuchte kann die Kondensatbildung an der Putzoberfläche verringert werden.

Für Anwendungen auf feuchtem Mauerwerk sind auch **Opferputze** (nach [3]) geeignet. Es ist aber zu bedenken, dass diese nur für temporäre Einsätze gedacht sind. Bei der Auswahl von Putzen für die Anwendung mit den Funktionen „Wassertransport“ müssen immer mögliche Wirkungen von Salzbelastungen mitberücksichtigt werden.

- Schutz vor Schmutzablagerungen und mikrobiologischer Besiedlung:

Ziel ist die **Verzögerung der Besiedlung** von Putzoberflächen mit Bakterien, Pilzen und Algen durch Reduktion von oberflächennahen Feuchteanreicherungen oder durch geeignete chemische Zusätze. Es ist zu berücksichtigen, dass biotoxische Zusätze in ihrer Wirkdauer begrenzt sind und durch Auswitterung in die Umwelt gelangen.

Eine gezielte Rückwitterung der Oberflächen (z.B. Kratzputz) kann z.B. auch als **Selbstreinigungsfunktion** genutzt werden.

H.-W. Zier, Funktionsputze – Welche Funktionen können Putze neben dem Witterungsschutz erfüllen? – Stand der Arbeiten an einem neuen WTA-Merkblatt

Weiterhin ist eine Beeinflussung der Putzoberflächen durch Zusätze, die die **Benetzung** beeinflussen möglich. Z.B. können Stäube dann schlechter fixiert oder leichter abgewaschen werden.

- Reduktion von Salzen und Schadstoffen:

Durch die Einlagerung von Salzen – **Salzspeicherung** – in die Porenstruktur des Putzes kommt es zu einer Reduzierung von Salzen im Untergrund (Altputze, Mauerwerk). Derartige Putze sind z.B. die Sanierputzsysteme nach WTA [7]. Durch die Einlagerung von Salzen in die Porenstruktur werden Schäden an den Putzoberflächen reduziert oder verhindert.

Nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren spezielle Putze zur **Salzreduktion** im Mauerwerk. Dabei ist zu beachten, dass eine vollständige Entsalzung von Mauerwerk nicht möglich ist. Es können Salzanreicherungen an den Putzoberflächen auftreten. Dieser Effekt ist bei der Putzauswahl zu berücksichtigen.

Der Einsatz von Putzen zur **Schadstoffreduktion** kann sich auf den Putzgrund z.B. das **Mauerwerk und Altputze** oder auf die Putzoberflächen kontaktierende **Umgebungsluft** beziehen.

Bezogen auf das **Mauerwerk und Altputze** können spezielle Putze den Austritt von Schadstoffen verhindern oder diese binden. Für die Anwendungen sind auch Opferputze (nach [3]) geeignet. Es ist aber zu bedenken, dass diese nur für temporäre Einsätze gedacht sind.

Spezielle fotokatalytische Zusätze können z.B. zum **Abbau von Luftschadstoffen** beitragen. Benötigt werden dort zusätzlich Lichtquellen spezifischer Wellenlängen. Die Wirksamkeit kann durch Bindemittelumhüllungen auf den funktionalen Inhaltsstoffen stark herabgesetzt werden.

- Magnetismus:

Durch ferromagnetische Zusätze zum Putz können mit Magnetstreifen oder –punkten versehene Bilder u.ä. direkt an der Putzoberfläche befestigt werden.

- Entkopplung:

Der Putz soll chemische Wechselwirkungen zwischen Mauerwerk (z.B. auf gipshaltigen Mauerwerk) und neuen Putzen verhindern.

3 Vorschlag zur Systematik der Zuordnung von Funktionen

Nach eingehender Diskussionen von Hauptfunktionen und speziellen Funktionen in der WTA-Arbeitsgruppe wurde für die Ansätze zur Systematisierung eine tabellarische Vorlage erarbeitet.

Im Merkblatt soll später eine ähnliche Darstellung für schnell zu erfassende wesentliche Informationen genutzt werden.

Tabelle 1: Ansatz für eine Systematisierung zur Beschreibung von Putzfunktionen

(1) Funktion:	Es erfolgt die Benennung der Hauptfunktion oder der speziellen Funktion des Putzes.
(2) Wirkprinzip:	Die wesentlichsten physikalischen oder chemischen Prinzipien, die zum Erreichen der Funktion erforderlich sind, werden kurz beschrieben.
(3) Anwendung:	Hauptanwendungsbereiche werden aufgelistet.
(4) Definition:	Orientierende Putzzusammensetzung oder Angaben zur Mörtelart mit speziellen Eigenschaften werden angegeben.
(5) Relevante Parameter:	Es werden Angaben zu wesentlichen Kennwerten, die der Putz zum Erreichen der spezifischen Funktion einhalten muss, gemacht.
(6) Besondere Hinweise:	Neben der Putzart können Maßnahmen, die den Putzgrund bzw. die Umgebung betreffen, erforderlich werden. Auf diese wird verwiesen.
(7) Grenzen:	Hinweise zu Grenzen der Anwendung oder zu Nebenwirkungen werden angegeben. Durch spezielle Funktionen kann es zu Einschränkungen bei den Hauptfunktionen kommen.
(8) Weiterführende Literatur:	Eine Auswahl von relevanten Literaturstellen, Normen und Vorschriften wird angegeben.

Zunächst wurden für alle unter Abschnitt 2 angegebenen Hauptfunktionen und speziellen Funktionen Tabellen nach Art der in Tabelle 1 vorgestellten Systematik zusammengestellt.

Während der Bearbeitung stellte sich auch heraus, dass nicht in jedem Fall die tabellarische Zusammenstellung sinnvoll und notwendig ist.

4 Beispiele für die Anwendung der Systematik

Die nachfolgende Auswahl für eine Hauptfunktion und drei spezielle Funktionen soll die Anwendung des vorgestellten Ansatzes einer Systematisierung beispielhaft zeigen. Verzichtet wurde in den Tabellen auf die Belegung der Zeile „(8) Weiterführende Literatur“.

4.1 Witterungsschutz (Hauptfunktion)

Im Außenbereich ist der Witterungsschutz die Hauptfunktion für Putze. Bei Wunsch nach speziellen Putzstrukturen oder Bindemitteln, die keinen ausreichenden Witterungsschutz gewährleisten, sind zusätzliche Beschichtungen erforderlich. (nach [6])

Tabelle 2: Auszug „Witterungsschutz“ aus dem Merkblattentwurf (nach [6])

(1) Funktion:	Witterungsschutz
(2) Wirkprinzip:	Putze mit sehr geringer Wasseraufnahme, erzielt durch Bindemittel mit ausreichender Festigkeit und Wasserbeständigkeit, ausreichende Schichtdicke des Putzes, mehrlagige Putzausführung, Zusätze zur Reduktion des Wasseraufnahmevermögens
(3) Anwendung:	Schutz des Putzgrundes vor eindringendem Wasser
(4) Definition:	Putzsysteme aus Mörteln, die unterschiedliche Bindemittel und Gesteinskörnungen sowie modifizierende Zusätze enthalten können bzw. durch den Putzauftrag in ausreichenden Schichtdicken und / oder in der Kombination einen Witterungsschutz gewährleisten.
(5) Relevante Parameter:	kapillare Wasseraufnahmekoeffizient Benetzungsverhalten Putzdicke Witterungsbeständigkeit
(6) Besondere Hinweise:	Es gibt unterschiedliche Verfahren zur Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme. Die absoluten Werte sind untereinander nicht vergleichbar. Dachüberstände, Bebauung, Gebäudehöhe und -ausrichtung, Höhenlage, Exposition, Spritzwasserbereiche sind zu berücksichtigen.
(7) Grenzen:	Dünnschichtige mineralische Putze ohne wasserabweisende Zusätze können keinen Witterungsschutz gewährleisten. Hydrophobierte mineralische Dünnlagenputze sind nicht geeignet für einen dauerhaften Witterungsschutz. „Extreme“ Expositionen, z.B. im Gischtbereich von Meeren, im Hochgebirge, in den Tropen können Grenzen für Putzanwendungen darstellen.

4.2 Entfeuchtung

In der Einführung (Abschnitt 1) wurde bereits auf die Problematik „Entfeuchtung“ in ihrer Unklarheit kurz eingegangen.

Die spezielle Funktion „Entfeuchtung“ wurde unter der Annahme, dass es zu einer beschleunigten Mauerwerkstrocknung nach einem Putzauftrag kommen soll, nach dem zuvor angegebenen Schema (siehe Tabelle 3) analysiert.

Tabelle 3: Vision zur „Entfeuchtung“ – Beschleunigung der Austrocknung

(1) Funktion:	beschleunigte Entfeuchtung von Mauerwerk
(2) Wirkprinzip:	Spezielle Porenarten und -verteilungen sollen dem Mauerwerk aktiv Wasser entziehen und so für eine schnellere Austrocknung im Vergleich zum unverputzten Mauerwerk sorgen.
(3) Anwendung:	Beschleunigung der Austrocknung von durchfeuchtem Mauerwerk
(4) Definition:	Ist das Wirkprinzip real umsetzbar???
(5) Relevante Parameter:	„aktiv saugende“ Kapillaren (Art der Poren?, Anteil? – 100%!?) minimaler Wasserdampfdiffusionswiderstand (hohe offene Porosität?, Anteil? – 100%!?) direkte Anbindung der Putzporen an die Porenstruktur der Mauerwerksoberfläche (Vermeidung des Bindemittelleimes zur Haltung des Putzes? – Kein Putz auf der Wandoberfläche ist die geringste Behinderung!?)
(6) Besondere Hinweise:	Die Summe aus 100% Kapillarporen, 100% offene Porosität und die Vermeidung von Bindemittelleim im Kontakt zur Wandoberfläche ist der Verzicht auf einen Putz zur schnellen Austrocknung von Mauerwerk.
(7) Grenzen:	Es werden immer Poren im Kontaktbereich zwischen Putz und Mauerwerksoberfläche verschlossen. Damit entsteht ein Übergangswiderstand für den Wassertransport und mit einer Verlangsamung der Austrocknung im Vergleich zur unverputzten Wand ist zu rechnen.

Ausgehend von der in Tabelle 3 enthaltenen „Vision“ wurde der nachfolgende Textblock für das in Erarbeitung befindliche Merkblatt „Funktionsputze“ abgeleitet: „Speziell nach extremen Durchfeuchtungen von Mauerwerk – wie z.B. nach Hochwasserereignissen oder Rohrbrüchen – besteht der Wunsch nach einer beschleunigten Austrocknung und Wiederherstellung der Nutzbarkeit von Gebäuden. Dazu werden oft „Entfeuchtungsputze“ zur Beschleunigung der Mauerwerksaustrocknung angepriesen.“

Jeder Putz erschwert aber die Wasserabgabe aus dem Mauerwerk gegenüber der Verdunstung an einer „freien“ Materialoberfläche. Zwischen Putz und Mauerwerk bildet sich eine Grenzfläche aus, wodurch ein Übergangswiderstand entsteht. Damit ist der gewünschte Effekt nicht realisierbar. „Entfeuchtungsputze“ sind somit funktional nicht ausführbar.“ [6]

4.3 Feuchteregulierung

Seit Jahren sind „Feuchteregulierungsputze“ bei verschiedenen Herstellern im Sortiment. Eine Definition dieser Funktion in der WTA-Arbeitsgruppe ist nach Recherchen und mehrfachen Diskussionen vorgenommen worden. Der vorläufige Text im Merkblattentwurf ist nachfolgend zitiert:

„Putze mit spezieller Porengometrie sollen trotz eines durchfeuchteten Putzgrundes die Herstellung einer trockenen Putzoberfläche ermöglichen. Durch ihre günstige Verteilung der Porenradien sind sie in der Lage, auch im Falle eines kontinuierlichen Feuchtenachsabschubs diesen schadensfrei an die Umgebung abzugeben bzw. ein Feuchtegleichgewicht herzustellen.“

In Innenräumen ist durch die zusätzliche Beeinflussung der Raumluftfeuchte eine Optimierung des Effekts erzielbar.

Umgekehrt können auch zeitweise erhöhte Oberflächenfeuchten in den Putzen zwischengespeichert und ohne Schädigung der Oberfläche wieder abgegeben werden. Im Gegensatz zu Sanierputzsystemen werden evtl. gelöste Salze durch die Putze hindurch an die Oberfläche transportiert und können dort auskristallisieren.“ (aus [6])

Tabelle 4: Definition für die Funktion Feuchteregulierung (nach [6])

(1) Funktion:	Feuchteregulierung - Regulierte Feuchteabgabe aus dem Mauerwerk ohne Schädigung des Putzes
(2) Wirkprinzip:	Kombination aus Kapillar- (0,1- 100 µm) und Luftporen (> 100 µm) in bimodaler Verteilung zur Beeinflussung des Wasser- und Salztransports. Gelöste Salze werden in Richtung Oberfläche transportiert und können in Luftporen oder an der Oberfläche auskristallisieren.
(3) Anwendung:	Dauerhaftes Verputzen auch von stark feuchte- und salzbelastetem Mauerwerk.
(4) Definition:	Modifizierte Kalk-Zement- bzw. Zementputze mit hoher Wasserdampfdurchlässigkeit und hoher Kapillarität, die durch spezielle porenbildende Zusätze erzeugt werden.
(5) Relevante Parameter:	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (μ): < 15 kapillare Wasseraufnahme: > 2 kg/m ² /h Wassereindringtiefe: > 5 mm Gesamtporosität: 40 - 60 Vol.-% Kapillarporenvolumenanteil > Luftporenvolumenanteil Mindestschichtdicke: 20 mm Druckfestigkeit: 3 – 6 N/mm ²
(6) Besondere Hinweise:	In Innenräumen sind in der Regel zusätzliche Maßnahmen zur Regulierung des Raumklimas auf möglichst < 65 % rel. Luftfeuchte erforderlich.
(7) Grenzen:	Ausblühungen von Salzen sind möglich und dadurch Schäden an Anstrichen / Beschichtungen. Die Austrocknung von feuchtem Mauerwerk wird nicht beschleunigt. Möglicherweise tritt eine Verringerung der Wassertransportleistung durch auskristallisierende Salze im oberflächennahen Bereich (Salzblockade) in der Nutzungsphase auf.

Der Wassertransport kann für temporäre Anwendungen auch durch Opferputze beeinflusst werden. (siehe auch [3])

4.4 Veränderung thermischer Eigenschaften

Im Rahmen von Maßnahmen zur Energieeinsparung, zur Wärmeverteilung bzw. Wärmespeicherung können Putze zur Beeinflussung thermischer Eigenschaften der Wandkonstruktion oder zur Beeinflussung des Raumklimas verwendet werden.

Dabei spielen die Funktionen „Wärmedämmung“, „Wärmeleitung“ und „Wärmespeicherung“ eine Rolle. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind Angaben zur Funktion Wärmedämmung zusammengestellt.

Tabelle 5: Definition der Funktion Wärmedämmung (nach [6])

(1) Funktion:	Verbesserung der Wärmedämmung
(2) Wirkprinzip:	Verringerung des Wärmetransportes durch geringe Wärmeleitfähigkeit des Putzes.
(3) Anwendung:	Verputzen von Innen- und Außenwänden zur Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert).
(4) Definition:	Putz geringer Dichte aus mineralischen Bindemitteln, mineralischen Leichtkörnungen bzw. Polystyrolkörnungen und natürlichen Gesteinskörnungen.
(5) Relevante Parameter:	Trockenrohdichte: < 800 kg/m ³ Wärmeleitfähigkeit: T1 ($\lambda < 0,10 \text{ W/(m K)}$), T2 ($\lambda < 0,20 \text{ W/(m K)}$) Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl(μ): < 20 Brandverhalten nach Gesteinskörnung: B1 – A1
(6) Besondere Hinweise:	Feuchte- und Salzbelastungen reduzieren die Wärmedämmung. Witterungsschutz im Außenbereich ist erforderlich. Mindestschichtdicken der Hersteller sind zu beachten.
(7) Grenzen:	Feuchte- und Salzbelastung können die Verfestigung beeinflussen. Die Auftragsdicke ist abhängig von Untergrund, Zusammensetzung, Maschinentechnik und Umgebungsbedingungen. Die erforderlichen Putzdicken sind zu berechnen. Putzdicken über 80 mm benötigen einen Putzträger. Dämmputze mit EPS-Bestandteilen erfordern eine zusätzliche Beschichtung von mindestens 8 mm (UV- Beständigkeit). Eine Anwendungskombination mit einer Wandheizung erfordert einen erhöhten Aufwand.

5 Vorgehensweise bei Auswahl von Funktionsputzen

Vor einer konkreten Putzauswahl steht zunächst die Frage nach dem Ziel des Einsatzes und nach den Einsatzbedingungen. Die geplante Anwendung gibt somit die Anforderungen, die durch den Putz funktional erfüllt werden müssen, vor. Für die Auswahl und Anwendung von Putzen nach der künftigen Funktion wird die nachfolgende allgemeine Vorgehensweise empfohlen:

- Definition der Funktion der Mörtelanwendung (z.B. Salzspeicherung, hohe Wassertransportleistung, Anwendungsdauer),
- Erfassung der Materialarten, die mit den Putzen während der Verarbeitung und Nutzung in Kontakt treten, und deren Eigenschaften (z.B. Steinarten und Steineigenschaften)

schaften, Putzuntergrund),

- Erfassung von Belastungssituationen im Putzgrund (Feuchtigkeit, Salze, besondere Expositionen, Belastungen nach Sanierungen, nutzungsbedingte Belastungen u.a.),
 - Ableitung von Anforderungen an die Putze und für die angestrebte Funktion (z.B. Bindemittelsystem, Festigkeit, Porosität, Haftfestigkeit),
 - Recherche zu geeigneten industriell hergestellten Mörteln ggf. Erarbeitung von Rezepturen bei Nichtverfügbarkeit dieser,
 - Recherche zu Mörteleigenschaften ggf. Bestimmung von Mörteleigenschaften,
 - Erprobung an Testflächen bzw. Musterachsen,
 - Bewertung der Test- bzw. Musterachsen auch nach der angestrebten Funktionalität,
 - Anwendung der ausgewählten Funktionsputze und
 - Durchführung von Nachkontrollen zum Nachweis der gewünschten Funktionalität.
- Die Anwendung der beschriebenen allgemeinen Vorgehensweise zur Festlegung von Anforderungen an Mörtel verhindert Fehler bei der Mörtelanwendung und reduziert Kosten, die durch Schäden nach Fehlanwendungen entstehen könnten.

Literatur

- [1] (2016): <http://www.aero-durit.de/68/home>
- [2] (2016): <http://www.aero-durit.de/110/entfeuchtungsputze-produkte/ep-2010>
- [3] WTA-Merkblatt 2-10 (2006): Opferputze
- [4] Diffupor GmbH (2015): Diffupor®-Feuchtmauerputz - Informationsmappe
- [5] (2016): www.mauerentfeuchtung.biz/empor-funktionsbaustoffe
- [6] WTA-Arbeitsgruppe 2-14 (2016): Auszüge aus dem Merkblattentwurf „Funktionsputze“ (Stand Juli 2016)
- [7] WTA-Merkblatt 2-9 (2004): Sanierputzsysteme

An der Erarbeitung des WTA-Merkblattes aktiv beteiligt sind:

Dr. Hans-Werner Zier, Weimar,
Andreas Hecker, Weimar,
Angela Eckart, Weimar,
Heike Pfaff, Marktredwitz,
Sandra Willkommen, Stuttgart,
Dr. Daniel Bülichen, Bottrop,
Dr. Hans Ettl, München,
Dr. Helmut Kollmann, Leonberg,
Dr. Ingo Rademacher, Stadtbergen,
Jörg Held, Groß-Bieberau,
Peter Huschenbeth, Mühlhausen und
Olaf Janotte, Bad Hindelang



(Leerseite)

Flachdachrichtlinie versus DIN 18531

H.-C. Herzberg
Berlin

Zusammenfassung

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind Regeln, die in der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt sind und feststehen, in der Praxis bei dem, nach neuestem Erkenntnisstand, vorgebildetem Techniker durchweg bekannt sind und sich aufgrund fort dauernder praktischer Erfahrung bewährt haben.

Spätestens seit der Ausgabe 1973 der „Richtlinie für die Ausführung von Flachdächern“ hat dieses Regelwerk mit all seinen Fortschreibungen und Überarbeitungen den Status allgemein anerkannten Regeln der Technik im Bereich der Dachabdichtung errengt.

Die aktuelle Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie, Ausgabe 10/2016 wird dies durch die erfolgte grundlegende Überarbeitung, Straffung und den Gewinn an Deutlichkeit deutlich fortführen.

Ob und wenn ja, wann die DIN 18531 Teil 1 – 5 diesen Status erreichen kann, wird die Zukunft zeigen, haben doch zahlreiche Inhalte, z.B. Anwendungskategorien, auch der Vorgänger-Normen, nicht den überwiegenden Teil des Marktes erreicht.

Für den Bereich der Bauwerksabdichtung ist seit 1983 die noch gültige DIN 18195 Teil 1 – 10 die allgemein anerkannte Regel der Technik, sie ist in einigen Bundesländern sogar bauaufsichtlich eingeführt.

Ob dies die Nachfolge-Normen (DIN 18533, DIN 18534 und DIN 18535) sofort sein werden, bleibt abzuwarten.

1 Historie

Flachdachrichtlinie:

Im nächsten Jahr existiert die Flachdachrichtlinie 55 Jahre!

Die erste Ausgabe der „Richtlinie für die Ausführung von Flachdächern“ erschien im Juli 1962. Es folgte die Ausführung 1967, in der Ausführung 1973 waren dann erstmals auch begehbarer Dächer erfasst.

Seit der Ausgabe 1982 heißt das Werk „Richtlinie für die Planung und Ausführung von Dächern mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien“ und die Bundesfachabteilung Bauwerksabdichtung (BFA BWA) des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie e.V. ist fortan kompetent und tatkräftig beteiligt. 1991 erschien eine Folgeversion.

Seit 2001 firmieren die Flachdachrichtlinien wie folgt: „Fachregel für Dächer mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien“.

Seit der Ausgabe 2008 heißt es nunmehr „Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie“

Über die aktuelle, grundlegend überarbeitete, Ausgabe 10/2016 später mehr.

DIN 18195/DIN 18531:

Seit 1983 ist die Normenreihe DIN 18195 für die Bauwerksabdichtung das gültige Regelwerk. Überschneidungen mit der Flachdachrichtlinie gibt es derzeit noch im Bereich der genutzten Dächer. Die Flachdachrichtlinie (bis Ausgabe 2008) verweist dabei auch auf die DIN 18195.

Die DIN 18531 existiert in rudimentärer Form seit 1991.

Unter der Obmannschaft von Kurt Michels († 2012), Zentralverband des Deutschen Dachdeckhandwerks (ZVDH), wurde die Norm, auf der Basis der „Fachregel für Dächer mit Abdichtungen“ (Flachdachrichtlinie), mit der Ausgabe 11/2005 auf einen nutzbaren Stand gebracht.

Kurt Michels war zugleich auch der Vorsitzende des Flachdachauschusses des ZVDH. Größte Veränderung zum damaligen Inhalt der Flachdachrichtlinie (2001) war die Einführung von Eigenschaftsklassen und Anwendungskategorien.

Die bisherige DIN 18531 gilt nur für Abdichtungen von nicht genutzten Dächern.

Der zutreffende Inhalt der DIN 18531 von 2005 fand sich dann auch in der Flachdachrichtlinie 2008 wieder, es wurde auch auf die DIN 18531 verwiesen.

Der Lenkungsausschuss des NA Bau im DIN, Fachbereich Feuchteschutz, hat dann entschieden, dass die Inhalte der Normenreihe DIN 18195, bezogen auf Bauteile, in neue Normen überführt werden sollen.

Dies sind die zukünftigen Normen:

DIN 18531 – Abdichtungen von Dächern sowie Balkonen, Loggien und Laubengängen

DIN 18532 – Abdichtungen von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton

DIN 18533 – Abdichtungen von erdberührten Bauteilen

DIN 18534 – Abdichtungen von Innenräumen

DIN 18535 – Abdichtungen von Behältern und Becken

Die bisherige Bezeichnung DIN 18195 wird zukünftig als Begriffsnorm in Erscheinung treten, was vermutlich nicht zur Vereinfachung in der Nomenklatur beitragen wird. Die zukünftige DIN 18531 (?2017) ist dann nicht mehr mit der bisherigen DIN 18531 (2010) vergleichbar, da der geregelte Bereich deutlich angewachsen ist. Dazu aber später mehr.

Ein letzter Satz zum Historischen, nämlich die Definition des Begriffs „allgemein anerkannte Regeln der Technik“ (aaRdT):

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind Regeln, die in der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt sind und feststehen, in der Praxis bei dem, nach neuem Erkenntnisstand, vorgebildetem Techniker durchweg bekannt sind und sich aufgrund fort dauernder praktischer Erfahrung bewährt haben.

2 Fachregel für Abdichtungen - Flachdachrichtlinie, Ausgabe 2016

Das vorrangige Ziel der Flachdachrichtlinie ist es, den Planer und den Ausführenden in die Lage zu versetzen, seine Leistung fachgerecht und sinnvoll zu erbringen und alle, einschließlich des Bauherren, vor erkennbaren Schäden zu bewahren.

Es bestehen keinerlei wirtschaftliche Interessen, in der Flachdachrichtlinie eine Bauart oder bestimmte Materialien zu bevorzugen.

Nachdem die Flachdachrichtlinie Ausgabe 2008 und die DIN 18531 Ausgaben 2005 und 2010 mit den bereits erwähnten Eigenschaftsklassen und Anwendungskategorien einige Jahre auf dem Markt waren, hat der Flachdachausschuss des ZVDH eine grundlegende Entscheidung für die Erarbeitung der neuen Flachdachrichtlinie getroffen: Eigenschaftsklassen und Anwendungskategorien wird es in der neuen Flachdachrichtlinie nicht mehr geben!

Grundlage für diese Entscheidung war nach Recherchen und auch zahlreichen Rückmeldungen von Ausführenden und Planern die Erkenntnis, dass insbesondere die Anwendungskategorien, K1 und K2, überwiegend zu Missverständnissen, Verwirrung und auch Streit geführt und den Markt nur rudimentär durchdrungen haben.

Ich selbst kann sagen, dass ich in meiner Funktion als Dachdeckerunternehmer seit 2005 keine einziges LV gesehen habe, das ein K2-Dach korrekt beschrieben hätte. Auch in meiner Tätigkeit als Sachverständiger habe ich im fertigen Zustand noch kein Dach gesehen, dass vollumfänglich der Anwendungskategorie K2 entsprochen hätte! Eine weitere grundlegende Veränderung soll zudem die Nutzbarkeit der Flachdachrichtlinie erhöhen und soll am Beispiel „Dampfsperre“ kurz verdeutlicht werden:

Wenn man in der Flachdachrichtlinie 2008 (und auch in vorherigen Ausgaben) zum Thema Dampfsperre alle Informationen sammeln wollte, musste man sich durch große Teile der Flachdachrichtlinie arbeiten z.B. Gestaltungs- und Planungshinweise (1.4), Stoffe (2.4), Ausführung (2.5) u.a.

In der neuen Flachdachrichtlinie sind alle erforderlichen Informationen zur Dampfsperre in einem Punkt (3.3) zusammengefasst.

Dies gilt auch für alle anderen Funktionsschichten, egal ob nicht genutztes oder genutztes Dach.

Dadurch sollen mögliche Fehler durch das Übersehen von Hinweisen, die an anderen Stellen stehen, vermieden werden.

Die Gliederung nach ungenutzten und genutzten Dachflächen ist ebenfalls entfallen, auch dies ist nun in den relevanten Funktionsschichten berücksichtigt.

Auf Änderungen im Detail kann ich aber wegen des begrenzten Zeitrahmens nicht weiter eingehen.

Zur auslaufenden DIN 18195 gibt es keinen Verweis mehr.

Auf Grund der entstandenen deutlichen Unterschiede zwischen der Flachdachrichtlinie 2016 und der DIN 18531 2017 gibt es in der Flachdachrichtlinie 2016 auch keinen Verweis mehr auf die DIN 18531.

3 DIN 18531 Abdichtung von Dächern sowie Balkonen, Loggien und Laubengängen, Ausgabe 2017

Das Ziel der Norm sollte eigentlich deckungsgleich mit dem Ziel der Flachdachrichtlinie sein, nämlich den Planer und den Ausführenden in die Lage zu versetzen, seine Leistung fachgerecht und sinnvoll zu erbringen und alle, einschließlich des Bauherren, vor erkennbaren Schäden zu bewahren.

Da aber, im Gegensatz zur Flachdachrichtlinie, durchaus wirtschaftliche Interessen eine Rolle bei der Normungsarbeit spielen, wurden z.B. deutlich vorgetragene Bedenken der Verarbeiterseite gegen einzelne Stoffgruppen im Rahmen einer demokratischen Abstimmung im Ausschuss „wegestimmt“.

Dies dient nicht unbedingt dazu, die am Bau Beteiligten vor erkennbaren Schäden zu bewahren.

Ohne ins Detail zu gehen, sollen nun die Änderungen/Neuerungen der DIN 18531 vorgestellt werden.

Die kommende DIN 18531 mit den Teilen 1 - 4 gilt nicht nur für ungenutzte Dachflächen, sondern auch für genutzte Dachflächen. Außerdem werden auch die „untergeordneten“ genutzten Flächen wie Balkone, Loggien und Laubengänge erfasst, allerdings in einem separaten Teil 5, sozusagen als Norm in der Norm.

In den Teilen 1 – 4 wird es weiterhin Eigenschaftsklassen geben, aus den bisherigen Anwendungskategorien werden allerdings Anwendungsklassen.

Zu den neu erfassten genutzten Dächern zählen nun auch Dächer mit aufgeständerten oder aufgelegten Solaranlagen und/oder haustechnischen Anlagen; dies allerdings mit der sicherlich Diskussionen erzeugenden Bezeichnung: „Dächer mit besonderer Form der Nutzung“.

Zu einer völlig neuen Norm macht die DIN 18531 allerdings erst der neu hinzugekommene Teil 5: Balkone, Loggien und Laubengänge.

Hier werden für den genannten Anwendungsbereich die Inhalte gemäß der ursprünglichen Gliederung der Teile 1 – 4 zusammengefasst, also allgemeine Anforderungen, Stoffe, Ausführung und Instandhaltung.

Für diesen begrenzten Einsatzbereich werden zusätzlich zu den geeigneten Stoffen aus Teil 2 auch folgende Abdichtungsstoffe zugelassen:

- Kaltselfstklebebahnen mit HDPE-Trägerfolie
- Flüssig aufzubringende Abdichtungen mit ETA nach ETAG 005, auch ohne Trägereinlage
- Abdichtungen im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen (AIV-F) bestehend aus Stoffen nach DIN EN 14891 (rissüberbrückende mineralische Dichtschlämme, Typ CM; Reaktionsharze, Typ RM)

Im Anhang A (normativ) „Beschichtung von Balkonen, Loggien und Laubengängen“ werden Oberflächenschutzsysteme erstmals in einer Abdichtungsnorm erwähnt.

Dies sind die Systeme OS 8, OS 10 und OS 11 nach der Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (RL-SIB).

Erst nach harten und langwierigen Diskussionen konnte die Erwähnung von Oberflächenschutzsystemen in Form eines Anhangs geregelt werden; ursprünglich sollten Oberflächenschutzsysteme auf Drängen der Industrie sogar als Abdichtung eingestuft werden, was, auch dank des Einspruchs des DAfStb, verhindert werden konnte.

„Diese Beschichtung ist keine Abdichtung im Sinne dieser Norm“ heißt es in Abschnitt 1 des Teil 5 der DIN 18531, die ja doch eine Abdichtungsnorm ist.

Weshalb eine Beschichtung, die keine Abdichtung ist, in eine Abdichtungsnorm aufgenommen wird, ist technisch nicht zu erklären, wohl aber wirtschaftlich.

Literatur

- [1] Richtlinie für die Ausführung von Flachdächern, Ausgabe 07/1973.
- [2] Fachregel für Dächer mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien, Ausgabe 09/2001 mit Änderungen 2003
- [3] Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie, Ausgabe 10/2008 mit Änderungen 2009 und 2011
- [4] Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie, Ausgabe 2016
- [5] DIN 18195 Teil 1 – Teil 10, letzte Ausgabe
- [6] DIN 18531, Ausgabe 09/1991
- [7] DIN 18531, Teil 1 – 4, Ausgabe 11/2005
- [8] DIN 18531 Teil 1 – 4, Ausgabe 05/2010
- [9] Entwurf DIN 18531 Teil 1 – 5, 06/2016

(Leerseite)

WDVS im Holzrahmenbau - Ergänzende Untersuchungen zum dauerhaft wirksamen Witterungsschutz bei hygrothermischer Beanspruchung nach ETAG 004 mit Simulationen

N. Leopold

Leipzig

Zusammenfassung

Für die Zulassungserteilung von Wärmedämm-Verbundsystemen für die Anwendung auf Außenwänden im Holzbau muss der Nachweis des dauerhaft wirksamen Witterungsschutzes der Holzkonstruktion durch das WDVS erbracht werden. In der Regel muss dafür das hygrothermische Verhalten der Konstruktion im Wandprüfstand bei einer definierten hygrothermischen Belastung z.B. nach ETAG 004 [1] beurteilt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen [12] zum dauerhaft wirksamen Witterungsschutz bei Wärmedämm-Verbundsystemen im Holzrahmenbau zeigen, dass das hygrothermische Verhalten und die Transportprozesse während der standardisierten Beanspruchungszyklen nach ETAG 004 im Wandprüfstand rechnerisch mit numerischen Simulationen sehr gut abgebildet werden können. Die Voraussetzung dafür ist eine hinreichende Quantifizierung der wichtigsten thermischen und hygrischen Eigenschaften der eingesetzten Materialien.

Durch ergänzende numerische Simulationen können in der Konstruktion die hygrothermischen Speicher- und Transportvorgänge auch im Gebrauchszustand analysiert werden. Dabei haben die Variantenuntersuchungen ergeben, dass vor allem durch standortspezifische Einflüsse, wie die geographische Lage und Ausrichtung, deutliche Unterschiede im Feuchteverhalten zu verzeichnen sind. Ergänzende hygrothermische Simulationen verfügen somit über das Potenzial, den Feuchteschutz der Holzkonstruktion durch das WDVS differenzierter zu analysieren.

1 Ausgangspunkt der Untersuchungen

1.1 Baurechtliche Betrachtungen

Wärmedämm-Verbundsysteme für die Anwendung auf Außenwänden im Holzbau werden nach der Bauregelliste in ihrer Gesamtheit als nicht geregelter Bausatz eingestuft, so dass im nationalen Baurecht die Verwendbarkeit durch die Übereinstimmung mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (Z-33.47-.... WDVS für Außenwände in Holzbauart) geregelt ist. Im Rahmen der Zulassungserteilung muss u.a. der dauerhaft wirksame Witterungsschutz der Holzkonstruktion durch das WDVS mit Hilfe von standardisierten Zulassungsprüfungen (z.B. nach ETAG 004) im hygrothermischen Wandprüfstand nachgewiesen werden.

1.2 Bauphysikalische Betrachtungen

Die Forderung eines dauerhaft wirksamen Witterungsschutzes hängt bei Wärmedämm-Verbundsystemen im Holzrahmenbau mit der vergleichsweise diffusionsoffenen Bauweise und der Empfindlichkeit der Holzbauteile gegenüber Feuchtebeanspruchungen zusammen. Die maßgebliche Feuchtebelastung resultiert insbesondere aus Umkehrdiffusion, wenn durch Niederschläge der Außenputz auffeuchtet und bei einer anschließenden Erwärmung der Putzoberfläche ein Wasserdampfdiffusionsstrom vom Putzsystem in die Wandkonstruktion erfolgt. [11]

Der dauerhaft wirksame Witterungsschutz ist für den vorbeugenden Holzschutz nach DIN 68800-2 [2] von entscheidender Bedeutung, da starke Schwankungen im Feuchtegehalt die Brauchbarkeit der Konstruktion durch Schwinden und Quellen beeinträchtigen können und ein zu hoher Feuchtegehalt zum Befall mit holzzerstörenden Pilzen führen kann, der die Konstruktion dauerhaft und irreversibel schädigt.

Daher muss für Wärmedämm-Verbundsysteme im Holzrahmenbau das Feuchteverhalten für alle Holz- und Holzwerkstoffelemente beurteilt werden.

2 Konstruktion

2.1 Wandaufbau

Der Wandaufbau (vgl. Abbildung 1) besteht aus einer 20 cm dicken Holzständerkonstruktion aus Fichte mit Holzweichfaserdämmung als Gefachdämmung. Die Konstruktion ist raumseitig mit einer Dampfbremsbahn und einer OSB/3 verkleidet. Außenseitig ist die Holzständerkonstruktion mit einer Spanplatte (P5 nach DIN EN 312) beplankt und mit dem Wärmedämm-Verbundsystem versehen.

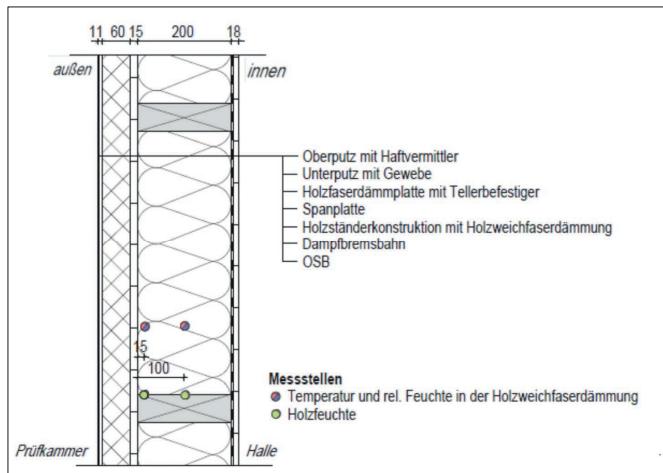


Abbildung 1: Konstruktionsaufbau mit Lage der Messstellen

Das Wärmedämm-Verbundsystem ist in verschiedenen Varianten ausgeführt. Als Dämmung werden zwei unterschiedliche Holzfaserdämmplatten in einer Dicke von 60 mm untersucht, die mechanisch an der Holzständerkonstruktion befestigt sind. Die Holzfaserdämmplatte A wird im Trockenverfahren hergestellt und besteht aus einer einschichtigen Platte. Die Holzfaserdämmplatte B wird im Nassverfahren hergestellt, bei dem 20 mm dicke Einzelplatten miteinander verklebt werden.

Der Unterputz besteht bei allen Varianten aus einem einheitlichen Klebe- und Armierungsmörtel mit Armierungsgewebe und Haftvermittler. Die Schlussbeschichtung besteht aus verschiedenen mineralischen Oberputzen. Nachfolgend werden stellvertretend die Ergebnisse von vier verschiedenen Materialkombinationen ausgewertet.

2.2 Materialkennwerte

Um die hygrothermischen Prozesse in der Wandkonstruktion bei der Simulation realitätsnah abilden zu können, sind Kennwerte für die thermischen und hygrischen Speicher- und Transporteigenschaften der Materialien erforderlich. Daher wurden, zusätzlich zu den vorhandenen Kennwerten aus den Produktdatenblättern, folgende Materialeigenschaften zur Quantifizierung und Absicherung der wichtigsten hygrischen Materialkennwerte im Labor bestimmt:

- Rohdichte
- Hygroskopische Sorption nach DIN EN ISO 12571 [3]
- Wasserdampfdurchlässigkeit nach DIN EN ISO 12572 [4]
- Wasseraufnahmekoeffizient nach DIN EN ISO 15148 [5]

N. Leopold, WDVS im Holzrahmenbau - Ergänzende Untersuchungen zum dauerhaft wirksamen Witterungsschutz bei hygrothermischer Beanspruchung nach ETAG 004 mit Simulationen

In Tabelle 1 sind die ermittelten Materialkennwerte der zwei verschiedenen Holzfaserdämmplatten aufgelistet. Bei den beiden Dämmplatten verhalten sich der Wasseraufnahmekoeffizient und der Sorptionsfeuchtegehalt bei 80 % rel. F. gegensätzlich. Im Vergleich zur Dämmplatte B nimmt die Dämmplatte A deutlich mehr flüssiges Wasser auf, kann jedoch weniger Feuchte speichern.

Tabelle 1: Materialkennwerte der untersuchten Holzfaserdämmplatten (WF)

Eigenschaften	Einheit	Holzfaser-dämmung A	Holzfaser-dämmung B
Rohdichte	kg/m ³	159	274
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C	W/(m·K)	0,040	0,048
Wasseraufnahmekoeffizient	kg/(m ² ·h)	0,475	0,111
Feuchtegehalt bei 80 % rel. LF.	kg/m ³	20,2	40,8

Tabelle 2 zeigt die Materialkennwerte der zwei Putzsysteme. Für die Simulationen werden die jeweiligen Oberputze mit armiertem Unterputz und Haftvermittler zu einer Materialschicht zusammengefasst. Beide Putzsysteme besitzen den gleichen Wasseraufnahmekoeffizienten, jedoch weist Putzsystem 2 einen höheren μ -Wert und eine niedrigere Feuchtespeicherfähigkeit als Putzsystem 1 auf.

Tabelle 2: Materialkennwerte der untersuchten Putzsysteme

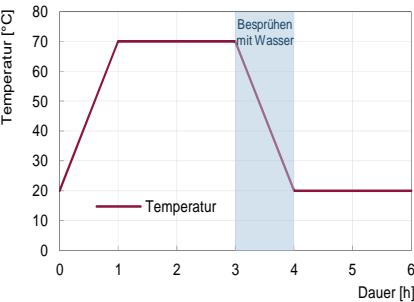
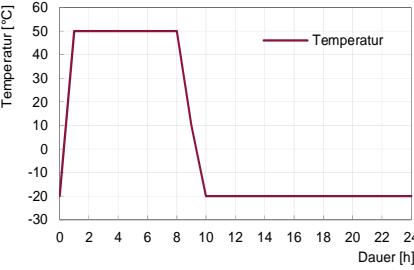
Eigenschaften	Einheit	Putzsystem 1	Putzsystem 2
Rohdichte	kg/m ³	1395	1371
Wasseraufnahmekoeffizient	kg/(m ² ·h)	0,145	0,145
Feuchtegehalt bei 80% rel. F.	kg/m ³	14,3	12,4
μ -Wert	-	17	36

3 Grundlagen für die Untersuchungen

3.1 Prüfung im hygrothermischen Wandprüfstand

Der Nachweis des dauerhaft wirksamen Witterungsschutzes der Holzkonstruktion durch das WDVS wurde bei dieser Konstruktion unter den in ETAG 004 definierten hygrothermischen Beanspruchungszyklen geprüft. Wie in Tabelle 3 dargestellt, wurden dabei 80 Wärme-Regen-Zyklen und 5 Wärme-Kälte-Zyklen durchlaufen, bei einer Prüfdauer von insgesamt 28 Tagen.

Tabelle 3: Ablauf der hygrothermischen Zyklen nach ETAG 004

80 Wärme-Regen-Zyklen (jeweils 6 h)	20 Tage
1 h - Erwärmung auf 70 °C bei (10 - 30) % rel. LF	
2 h - Halten von (70 ± 5) °C bei (10 - 30) % rel. LF	
1 h - Besprühen mit Wasser - 1 l/(m²·min), (15 ± 5) °C	
2 h - Ruhepause	
Konditionierung bei 10 - 25 °C und mind. 50 % rel. Feuchte	3 Tage
5 Wärme-Kälte-Zyklen (jeweils 24 h)	5 Tage
1 h - Erwärmung auf (50 ± 5) °C bei max. 30 % rel. LF	
7 h - Halten von (50 ± 5) °C bei max. 30 % rel. LF	
2 h - Absenkung auf (-20 ± 5) °C	
14 h - Halten von (-20 ± 5) °C	
Gesamtprüfdauer	28 Tage

Während der hygrothermischen Belastung darf es zu keiner unzuträglichen Veränderung der Feuchtegehalte in der Holzkonstruktion und bei den Holzwerkstoffen kommen. Gemäß den Festlegungen in DIN 68800-2 darf während der Beanspruchung die Holzfeuchte der Ständerkonstruktion den Grenzwert von 20 M-% und die Feuchte der Spanplatte den

N. Leopold, WDVS im Holzrahmenbau - Ergänzende Untersuchungen zum dauerhaft wirksamen Witterungsschutz bei hygrothermischer Beanspruchung nach ETAG 004 mit Simulationen

Grenzwert von 18 M-% nicht überschreiten, um in die Gebrauchsklasse 0 (kein chemischer Holzschutz) eingegordnet zu werden.

Für die Bewertung wurden während der Prüfung innerhalb der Konstruktion an verschiedenen Stellen im Abstand von 15 mm und 100 mm von der Spanplatte

- die Temperatur und relative Luftfeuchte in der Holzweichfaserdämmung
- die Holzfeuchte in der Holzkonstruktion durch elektrische Widerstandsmessung

instationär gemessen. In Abbildung 1 ist die Lage der Messstellen im Bauteilquerschnitt dargestellt. Zusätzlich erfolgte in regelmäßigen Abständen eine gravimetrische Bestimmung der Materialfeuchten der Holzfaserdämmplatten, der Holzweichfaserdämmung, der Spanplatte und der Holzständerkonstruktion.

3.2 Hygrothermische Simulationen

Die Berechnung des gekoppelten zweidimensionalen Wärme- und Feuchtetransports erfolgt mit dem Simulationsprogramm Delphin 5.8.3 [7] von der Technischen Universität Dresden. Die Grundlagen für die hygrothermischen Simulationen bilden die Festlegungen in DIN EN 15026 [6], WTA-Merkblatt 6-2 [8] und WTA-Merkblatt E-6-8 [9].

Abbildung 2 zeigt den Querschnitt der Wandkonstruktion als zweidimensionales geometrisches Modell in Delphin. Aufgrund der Symmetrie ist sowohl das Gefach als auch der Holzständer halbiert.



Abbildung 2: Geometrisches Modell

4 Vorgehensweise bei den Untersuchungen

Im ersten Schritt erfolgen Validierungsrechnungen, in denen der Wärme- und Feuchttetransport sowie der Verlauf der Holzfeuchte während der zyklischen Belastung im Wandprüfstand abgebildet und mit den instationären Ergebnissen der Messstellen verglichen werden. Die entscheidenden Einflussgrößen zur Simulation der hygrothermischen Transportprozesse während der Bewitterungszyklen, wie z.B.

- die Temperatur und rel. Luftfeuchte in der Prüfkammer sowie in der Halle
- die Regenmenge und -temperatur in der Prüfkammer und
- die Windgeschwindigkeit in der Prüfkammer

sind weitestgehend mithilfe von Messwerten abgesichert.

Im zweiten Schritt erfolgt eine Variantenstudie für die einzelnen Konstruktionsausführungen durch hygrothermische Simulationen mit verschiedenen Klimadatensätzen der Testreferenzjahre (TRY) vom Deutschen Wetterdienst DWD [10]. Dazu ergänzend werden Regendaten verwendet, die von der TU Dresden, Institut für Bauklimatik, auf Basis von Messungen bereitgestellt wurden. Ziel der Variantenstudie ist es, die hygrothermischen Speicher- und Transportvorgänge in der betrachteten Holzständerkonstruktion unter verschiedenen klimatischen Bedingungen zu analysieren. Zusätzlich können die Auswirkungen von verschiedenen äußeren Einwirkungen, wie z.B. Standort, Ausrichtung, Oberflächenfarbe und Verschattung auf den dauerhaft wirksamen Witterungsschutz für die Wandkonstruktion untersucht werden.

5 Ergebnisse der Prüfung im hygrothermischen Wandprüfstand und der hygrothermischen Simulationen zur Validierung

5.1 Ergebnisse der Prüfung im Wandprüfstand

Die instationäre Holzfeuchtemessung während der Prüfung im hygrothermischen Wandprüfstand nach ETAG 004 ergibt für Putzsystem 1, dass der kritische Wert von 20 M-% bei keiner Messstelle erreicht wird. In Abbildung 3 ist ersichtlich, dass die gemessene maximale oberflächennahe Holzfeuchte am Ende der hygrothermischen Beanspruchung erreicht wird und beim Wandaufbau mit Dämmplatte A ca. 17 M-% und beim Wandaufbau mit Dämmplatte B ca. 15 M-% beträgt.

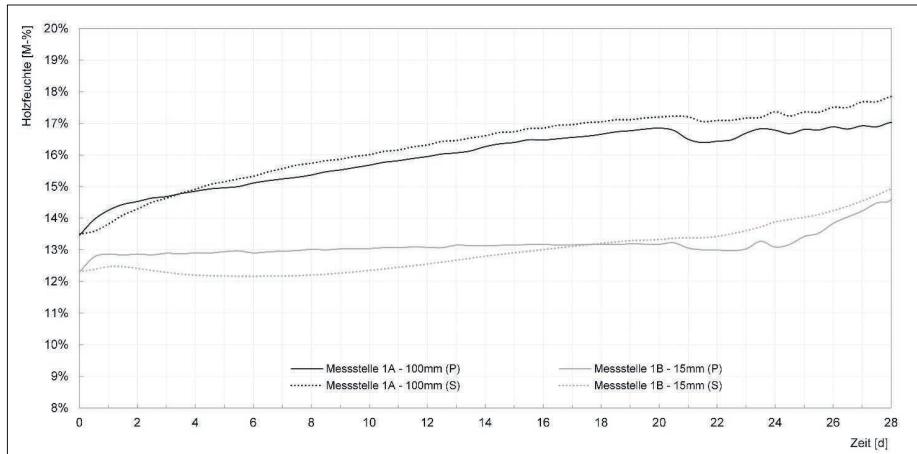


Abbildung 3: Vergleich Holzfeuchte im oberflächennahen Bereich der Holzständerkonstruktion, Prüfung (—) / Simulation (···), Aufbau mit Dämmplatte A bzw. Dämmplatte B und Putzsystem 1, 12-Stunden-Mittelwerte

Die Bestimmung der Materialfeuchte in der Holzwerkstoffplatte ist über die gravimetrische Messung erfolgt. Der Wandaufbau mit Dämmplatte B weist dabei einen maximalen Feuchtegehalt von 12,4 M-% auf und hat den kritischen Wert von 18 M-% eingehalten. Die Holzwerkstoffplatte beim Wandaufbau mit Dämmplatte A hat am Ende der 80 Wärme-Regen-Zyklen den kritischen Wert von 18 M-% mit einem maximalen Feuchtegehalt von 27 M-% deutlich überschritten.

5.2 Ergebnisse der Validierungsberechnungen

Zur Validierung der numerischen Simulationen werden die Ergebnisse aus den Berechnungen mit den Messwerten während der zyklischen Belastung nach ETAG 004 für die Wandaufbauten mit Dämmplatte A und Dämmplatte B in Verbindung mit Putzsystem 1 verglichen. Dafür werden die Temperaturen und relativen Luftfeuchten in der Holzweichfaserdämmung (Abbildung 4 und Abbildung 5) sowie die oberflächennahen Holzfeuchten in der Ständerkonstruktion (Abbildung 3) ausgewertet:

- Temperaturen in der Gefachdämmung

Die Temperaturen in der Gefachdämmung können mit ca. $\pm 1\text{-}2\text{ K}$ Abweichung mit der hygrothermischen Simulation sehr gut abgebildet werden, da zu berücksichtigen ist, dass die Messunsicherheit der Messtechnik im Temperaturbereich von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei $\pm 1\text{ K}$ liegt. Für die Simulationen wurden dabei die thermischen Kennwerte für die Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität aus den Produktdatenblättern verwendet. Jedoch haben die Berechnungen ergeben, dass bei gut wärmedämmenden Materialien, die

N. Leopold, WDVS im Holzrahmenbau - Ergänzende Untersuchungen zum dauerhaft wirksamen Witterungsschutz bei hygrothermischer Beanspruchung nach ETAG 004 mit Simulationen

einem hohen Temperatur- und Feuchtegefälle ausgesetzt sind, eine Messung oder alternativ eine Abschätzung der temperaturabhängigen Wärmeleitfähigkeit erforderlich werden kann.

- Relative Feuchten in der Gefachdämmung

Die Werte der relativen Feuchten in der Gefachdämmung weisen zwischen der Prüfung und der Simulation mäßige Abweichungen in den Wärme-Regen-Zyklen und etwas höhere Abweichungen in den Wärme-Kälte-Zyklen auf. Im Mittel betragen die Unterschiede zwischen 3 % und 8 % bei einer Genauigkeit der Messtechnik von ca. $\pm 2\%$ rel. Feuchte, sodass eine gute bis sehr gute Übereinstimmung gegeben ist. Durch die Simulation werden die Schwankungen im Feuchtegehalt gedämpft abgebildet, was u.a. auf die Hysterese von $\pm 1\%$ rel. Feuchte bei den Fühlern zurückzuführen ist. Des Weiteren ist die Rücktrocknung während der Wärme-Kälte-Zyklen in der Zeitspanne mit $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in der Kammer deutlich abgemindert, sodass die Simulation zu ungünstigeren Ergebnissen führt, aber damit tendenziell auf der sicheren Seite liegt. Die Ursachen dafür können eine unzureichende Abbildung der Phasenänderung von flüssig zu fest (Enthalpie) und damit verbundene veränderte Transportprozesse sein.

- Oberflächennahe Holzfeuchten in der Ständerkonstruktion

Die Ergebnisse der oberflächennahen Holzfeuchten zeigen mit einer Abweichung von ca. 1 bis 2 M-% gleichermaßen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der instationären Holzfeuchtemessung und den Simulationen.

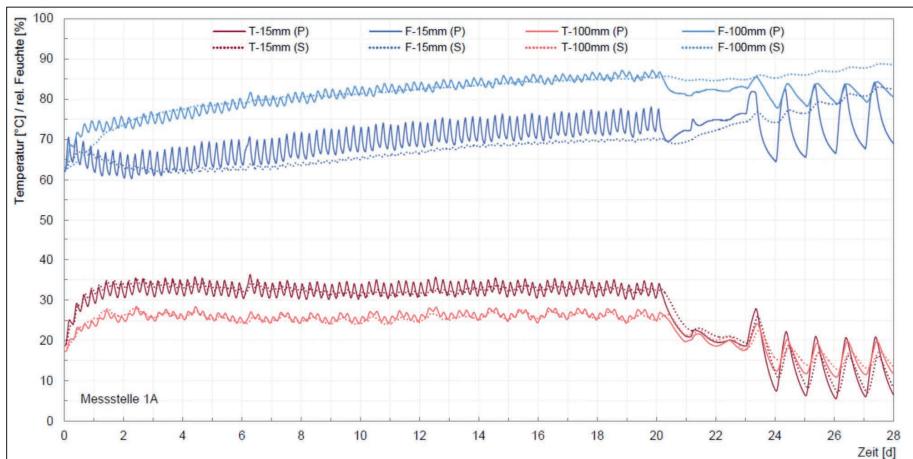


Abbildung 4: Vergleich Temperaturen (T) und rel. Feuchten (F) in Gefachdämmung, Prüfung (—) / Simulation (···), Aufbau mit Dämmplatte A und Putzsystem 1, 2-Minuten-Intervalle

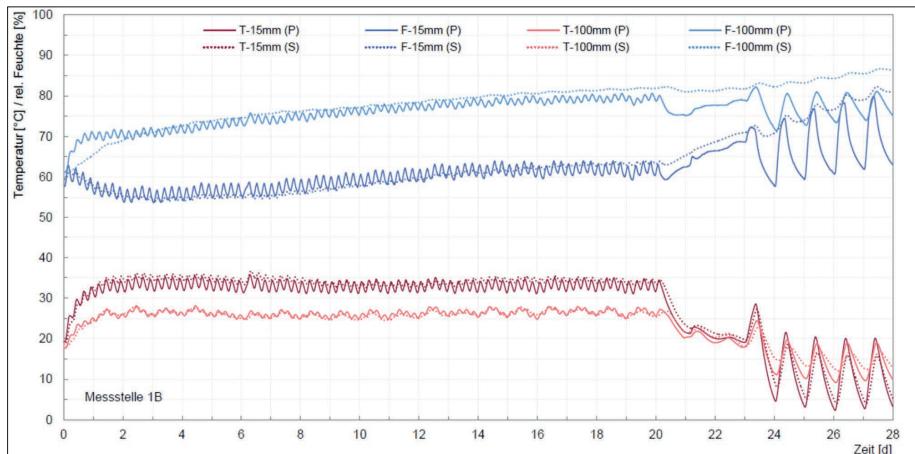


Abbildung 5: Vergleich Temperaturen (T) und rel. Feuchten (F) in Gefachdämmung, Prüfung (—) / Simulation (···), Aufbau mit Dämmplatte B und Putzsystem 1, 2-Minuten-Intervalle

6 Variantenstudie mit hygrothermischen Simulationen

Für die Variantenstudie werden die vier Materialkombinationen aus beiden Holzfaserdämmplatten und beiden Putzsystemen für zwei verschiedene Standorte und für zwei verschiedene Absorptionsgrade der Sonneneinstrahlung (heller Putz/dunkler Putz) exemplarisch untersucht.

6.1 Bewertungskriterien

Bei der hygrothermischen Simulation von Konstruktionen mit Holzbauteilen oder Holzwerkstoffen im Gebrauchszustand werden drei wesentliche Bewertungskriterien betrachtet:

- Es darf in der Konstruktion langfristig nicht zur Auffeuchtung kommen, d.h. das Austrocknungspotenzial muss größer sein als der Feuchteintrag.
- Im kritischen Bereich, d.h. zwischen Holzweichfaserdämmung und Spanplatte, darf die relative Luftfeuchte über einen längeren Zeitraum den Grenzwert von 95 % r.F. nicht überschreiten, um die Bildung von Flüssigwasser und somit Tauwasser- und/oder Frostschäden zu vermeiden.
- Feuchteempfindliche Materialien wie Holz oder Holzwerkstoffe dürfen im Hinblick auf den Befall mit holzzerstörenden Pilzen bestimmte Feuchtegehalte nicht überschreiten.

Neben der Auswertung der Temperatur und relativen Luftfeuchte im kritischen Bereich sowie der Holzfeuchte in der Ständerkonstruktion haben die hygrothermischen Simulation bestätigt, dass bei der vorliegenden Wandkonstruktion die mittlere Materialfeuchte der Spanplatte zur Bewertung des kritischen Feuchtegehaltes von 18 M-% das maßgebende Bewertungskriterium ist.

6.2 Einfluss des Standortes

Um die Auswirkungen des Standortes auf das hygrothermische Verhalten der Außenwand zu untersuchen, werden zwei verschiedene Klimadatensätze (siehe Tabelle 4) untersucht.

- Mannheim / Oberrheingraben und unteres Neckatal:
Region mit der höchsten jährlichen Globalstrahlungssumme und Durchschnittstemperatur und einziger Standort mit südlicher Hauptschlagregenrichtung
- Braunlage / Oberharz und Schwarzwald, mittlere Lagen:
Region mit höchster Schlagregenbeanspruchung und niedrigster Jahresdurchschnittstemperatur.

Tabelle 4: Kenndaten der Klimadatensätze

TRY Nr.	Station	Lufttemperatur			Globalstrah- lung Summe [kWh/(m ² ·a)]	rel. Luft- feuchte Mittel [%]	Normal- regen Summe [(l/m ² ·a)]	Windge- schwindig- keit Mittel [m/s]	Fassaden- ausrichtung [°]
		Min [°C]	Max [°C]	Mittel [°C]					
3	Hamburg	-10,4	31,3	9,5	944	80	783	3,8	250
8	Braunlage	-14,8	29,2	6,7	994	82	1633	2,9	240
12	Mannheim	-9,3	36,3	11,1	1089	73	531	2,5	180

In Abbildung 6 ist ersichtlich, dass die Wandaufbauten mit Dämmplatte A deutlich sensibler auf anspruchsvollere Klimate reagieren als die Wandaufbauten mit Dämmplatte B. Am Standort Braunlage übersteigt der Feuchtegehalt der Spanplatte bei Dämmplatte A für beide Putzsysteme den Grenzwert von 18 M-% deutlich. Die hohe Schlagregenbeanspruchung führt in Verbindung mit der nur wenig sorptionsfähigen Dämmplatte zu einer Auffeuchtung der Wandkonstruktion. Bei den Wandaufbauten mit Dämmplatte B sind hingegen die Unterschiede an den zwei Standorten nicht so deutlich. Hier führt der niedrigere Wasseraufnahmekoeffizient von Dämmplatte B zu einer geringeren Aufnahme von Schlagregen, während sich die höhere Feuchtespeicherfähigkeit ebenfalls günstig aus-

N. Leopold, WDVS im Holzrahmenbau - Ergänzende Untersuchungen zum dauerhaft wirksamen Witterungsschutz bei hygrothermischer Beanspruchung nach ETAG 004 mit Simulationen

wirkt. Der Feuchtegehalt der Spanplatte bleibt somit bei beiden Standorten für die Wandaufbauten mit Dämmplatte B deutlich unter dem Grenzwert von 18 M-%.

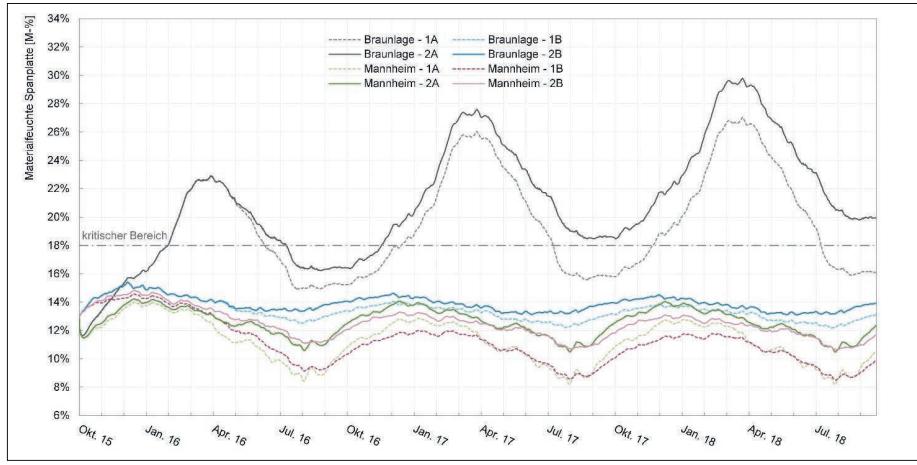


Abbildung 6: Materialefeuchte der Spanplatte an den Standorten Braunlage und Mannheim, 12-Stunden-Werte

6.3 Einfluss der Oberflächenfarbe

Um zu untersuchen, welchen Einfluss eine unterschiedlich hohe Oberflächentemperatur an der Außenseite des Putzes auf den Feuchtegehalt der Spanplatte hat, werden Variantenberechnungen mit zwei verschiedenen Absorptionskoeffizienten für die kurzwellige Sonneneinstrahlung an einem Standort mit mittlerer Schlagregenbeanspruchung (Hamburg) durchgeführt:

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,3 \text{ für eine helle Außenoberfläche} \\ \alpha &= 0,8 \text{ für eine dunkle Außenoberfläche.}\end{aligned}$$

Die Simulationen in Abbildung 7 zeigen, dass Wände, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind bzw. eine dunkle Farbgebung aufweisen, größeren Feuchteschwankungen bei der Spanplatte unterliegen als Wände mit verschatteten bzw. hellen Oberflächen. Am Standort Hamburg führt eine helle Oberfläche zu einem höheren Feuchtegehalt in der Spanplatte, weil die sommerliche Rücktrocknung geringer ausfällt. Auch hier ist ersichtlich, dass die Wandaufbauten mit Dämmplatte A im Jahresverlauf größere Unterschiede im Feuchtegehalt aufweisen als die Wandaufbauten mit Dämmplatte B. Grund hierfür ist wieder die Feuchtespeicherfähigkeit und der niedrigere Wasseraufnahmekoeffizient von Dämmplatte B.

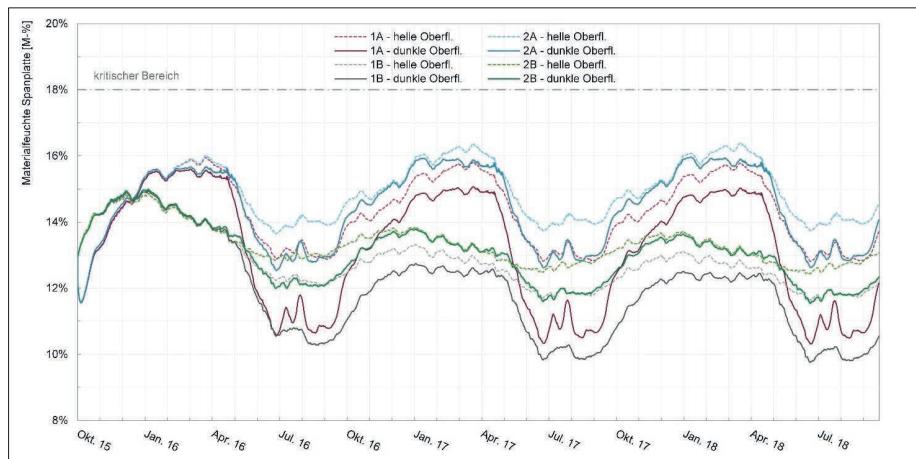


Abbildung 7: Materialfeuchte der Spanplatte am Standort Hamburg, bei heller ($\alpha = 0,3$) und dunkler ($\alpha = 0,8$) Außenoberfläche, 12-Stunden-Werte

7 Fazit

Sowohl die hygrothermische Beanspruchung im Wandprüfstand nach ETAG 004 als auch die hygrothermischen Simulationen nach DIN EN 15026 ergeben, dass die Wandaufbauten mit Holzfaserdämmplatte A feuchtetechnisch kritischer zu bewerten sind als die Konstruktionen mit Holzfaserdämmplatte B. Die hygrothermische Beanspruchung nach ETAG 004 hat bei dem Wandaufbau mit Holzfaserdämmplatte A durch die gravimetrische Messung zu einer unzuträglichen Veränderung des Feuchtegehaltes in der Spanplatte geführt, was die Ergebnisse der hygrothermischen Simulationen für den Standort Braunschweig bestätigt.

Mit Hilfe der Validierungsrechnungen und durch die Bestimmung der relevanten hygrischen und thermischen Materialeigenschaften können somit abgesicherte und weitergehende Untersuchungen mit hygrothermischen Simulationen durchgeführt werden.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden an der MFPA Leipzig im Rahmen des berufsbegleitenden Masterstudiengangs „Bauphysik und energetische Gebäudeoptimierung“ der Bauhaus-Universität Weimar unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker und Frau Dr.-Ing. Claudia Fülle durchgeführt.

Literatur

- [1] ETAG 004: 2013-02. Guideline for european technical approval of external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering. EOTA
- [2] DIN 68800-2:2012-02. Holzschatz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [3] DIN EN ISO 12571:2013-12. Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung der hygrokopischen Sorptionseigenschaften
- [4] DIN EN ISO 12572:2001-09. Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit
- [5] DIN EN ISO 15148:2003-03. Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen
- [6] DIN EN 15026:2007-07. Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation
- [7] DELPHIN 5.8.3- Simulationsprogramm für den gekoppelten Wärme-, Luft-, Feuchte-, Schadstoff- und Salztransport. <http://www.bauklimatik-dresden.de>
- [8] WTA Merkblatt 6-2-14/D. Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. WTA. <http://www.wta-international.org>
- [9] WTA-Merkblatt E-6-8: 09.2015/D. Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulation, Entwurf. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. WTA. <http://www.wta-international.org>
- [10] TRY 2011: Aktualisierte und erweiterte Testreferenzjahre (TRY) von Deutschland für mittlere und extreme Witterungsverhältnisse. http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/Testreferenzjahre/TRY_node.html
- [11] Herlyn, J. W. (2003): Wärmedämmverbundsysteme - Was ist bauphysikalisch zu beachten? <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-20412.html>
- [12] Leopold, N.: Validierung der Beanspruchung von WDVS im Holzrahmenbau durch hygrothermische Zyklen gemäß ETAG 004 mittels hygrothermischer Simulationen, Masterarbeit, Bauhaus-Universität Weimar, 2015

Wärmetechnische Analyse von denkmalgeschützten Bestandsgebäuden am Beispiel der Wessenberg-Schule Konstanz

M. Klingler
Konstanz

Zusammenfassung

Angesichts unserer grundlegend veränderten Einstellung zum Umgang mit Energie und einem inzwischen klar formulierten klimapolitischen Ziel ergibt sich die Notwendigkeit der Modernisierung möglichst aller Bestandsgebäude.

Die Architektur von Gebäuden aus den 1960er-Jahren und die damals erbrachten ästhetischen, architektonischen und konstruktiven Leistungen finden aber bisher nur wenig Akzeptanz. In der Folge werden Gebäude aus der Nachkriegszeit meist ohne Bewusstsein für die Zerstörung der Werte und des kulturellen Erbes so verändert, dass die ursprüngliche Architektur nicht wieder zu erkennen ist.

Ein großes Problem einer denkmalgerechten Sanierung ist, dass bei Gebäuden dieser Zeit die dünne und filigrane Bauweise ihrer Fassaden einen Großteil der künstlerischen Botschaft transportiert. Gleichzeitig haben sie aber gerade durch ihre filigrane Konstruktion einen maßgeblichen Anteil an den Wärme- und Energieverlusten.

Im Rahmen einer Masterarbeit wurde an einem Beispielgebäude (Wessenberg-Schule Konstanz) gezeigt, dass Maßnahmen an der Gebäudehülle von Gebäuden der 60er-Jahre trotz Denkmalstatus ein durchaus erhebliches Potential aufweisen, um Wärmeverluste zu begrenzen, und sich Denkmalcharakter und energetischer Modernisierungswunsch nicht zwangsläufig gegenseitig ausschließen. Dazu bedarf es allerdings einer umfangreichen und detaillierten Erkundung der Gebäudesubstanz. Dann sind durch zielgerichtete und minimal invasive Eingriffe teilweise erhebliche wärmetechnische Effekte zu erzielen.

1 Einführung

Unser heutiges Stadtbild ist infolge des Baubooms der Nachkriegsjahre von einer großen Zahl an Gebäuden jener Zeit geprägt. Doch die Gebäude gelangen inzwischen an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. Sie sind teilweise ungenügend gepflegt, erfüllen die heutigen Anforderungen nicht mehr oder werden für die ursprünglich geplanten Zwecke nicht mehr benötigt. Aber auch angesichts unserer grundlegend veränderten Einstellung zum Umgang mit Energie und einem inzwischen klar formulierten klimapolitischen Ziel, ergibt sich die Notwendigkeit der Sanierung bzw. Modernisierung dieser Gebäude – ist doch der Gebäudebestand mit einem Anteil von 40% der insgesamt erzeugten Emissionen [1, S. 6] ein großer Hebel um die klimapolitischen Ziele zu erreichen.

Dadurch, dass der Baustil der Nachkriegsjahre und die damals erbrachten ästhetischen, architektonischen und konstruktiven Leistungen heute nur wenig Akzeptanz finden, werden diese Gebäude meist ohne Bewusstsein für die Zerstörung der Werte und des kulturellen Erbes in grundlegenden Bereichen so verändert, dass die ursprüngliche Architektur nicht wieder zu erkennen ist. Eine Auszeichnung und Würdigung als Denkmal haben bisher nur wenige Gebäude dieser Zeit erhalten.

Im Rahmen einer Masterarbeit wurde an einem für diese Zeit typischen Gebäude gezeigt, dass bereits wenige, dafür aber zielgerichtete und denkmalgerechte Eingriffe ausreichen, um große Effekte erzielen zu können.

Als Beispielgebäude bietet sich die Wessenberg-Schule Konstanz an: Der Architekt Hermann Blomeier bediente sich hier konsequent der Formensprache dieser Zeit, die von einer Weiterentwicklung des avantgardistischen Stils der Bauhaus-Lehre und in den 60er-Jahren vom Einzug massiverer Elemente geprägt ist. Aufgrund dieser Stil-treue, der hohen Fertigungsqualität und der in weiten Teilen heute noch originalen Substanz, bietet sich dieser Bau als Repräsentant seiner Zeit an.

2 Das Gebäude

Das Schulgebäude ist ein nach außen hin quaderförmiger und kompakter, klar gegliederter, dreistöckiger Bau mit flachem Dach. Der Quader wird innen durch zwei Atrien aufgelöst, wodurch die innen liegenden Räume belichtet werden (Abb. 1).

Die Außenwände des Erdgeschosses sind aus Beton und gegenüber den Abmessungen der Obergeschosse mit einem Versatz nach innen angeordnet.

An den Fassaden der beiden Obergeschosse wechseln sich geschossübergreifende Fensterelemente und vertikale Bänder aus hellem Sichtmauerwerk ab. Die Zwischen-decke der Obergeschosse ist nicht zu sehen (Abb. 2).

Die Fassaden der Atrien zu den Innenhöfen bestehen überwiegend aus geschoss-hohen Fensterelementen zwischen in allen Geschossen übereinander angeordneten dünnen Stützen des tragenden Skelettbau aus Sichtbeton. Die Geschosse werden durch hohe

Betonzüge optisch horizontal getrennt, wodurch an den Fassaden der Innenhöfe die horizontalen Linien stärker betont sind als die vertikalen (Abb. 4).

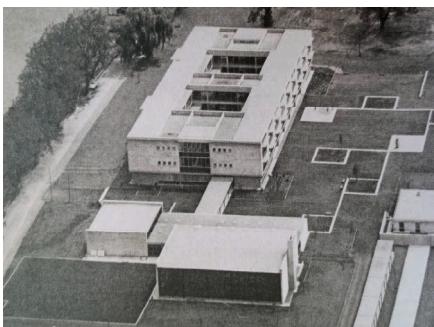


Abb. 1: Luftaufnahme nach Baufertigstellung, 1968



Abb. 2: Nordfassade

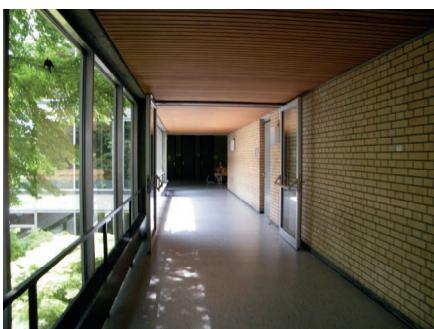


Abb. 3: Innenansicht Erschließungsfläche



Abb. 4: Ansicht Innenhoffassade (einfach verglast)

2.1 Formulierung von Vorgaben hinsichtlich des Denkmalschutzes

Im Gegensatz zu früheren architekturgeschichtlichen Epochen sind Gebäude aus der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts weniger intensiv erforscht und daher ist auch die denkmalpflegerische Beurteilung und Zielsetzung der Denkmalbehörden weitaus weniger klar und ausgeprägt. Eine wärmetechnische Analyse mit anschließenden Maßnahmenvorschlägen muss daher vorerst individuelle Ansätze einer denkmalpflegerischen Zielsetzung erarbeiten, um Aussagekraft zu haben.

Im Zuge der Gebäudeanalyse wurden für die Begründung des Denkmalcharakters und des öffentlichen Interesses entsprechend § 2 Abs. 1 Denkmalschutzgesetz (DSchG) in Baden-Württemberg wissenschaftliche und künstlerische Gründe herausgearbeitet.

So fügen sich die direkten Materialkontraste der dunklen Sichtbetonflächen und der hellen Mauerwerksflächen, die transportierte Stimmung der jungen und transparenten Demokratie durch die Architektur und die Gestaltung sowie die sehr reine und konsequente Umsetzung der architektonischen Grundsätze des Bauhauses durch filigrane Gestaltung der Alu-Rahmenprofile, große Glasflächen und das Zurücknehmen des Erdgeschosses zur künstlerischen Denkmalbegründung.

In Anlehnung an die Thesen Hubels [2] lässt sich ein wissenschaftliches Denkmalinteresse an dem Gebäude durch den Architekten Blomeier begründen. Er hat sich auf teilweise überregionaler Ebene durch seine künstlerische Qualität durchgesetzt. Auch andere Gebäude von ihm fallen durch ihren hohen gestalterischen Anspruch auf. Weiterhin fällt seine Rolle als einer der letzten Absolventen des Bauhauses und ein Schüler Mies van der Rohes [3] ins Gewicht.

Zu guter Letzt ist auch das Gebäude selbst für die wissenschaftliche Begründung verantwortlich: Denn im Sinne Alois Riegls steigern die vielen original erhaltenen Materialien und die Tatsache, dass andere Gebäude dieser Zeit bereits stark verändert sind, den historischen Wert und begründen damit das wissenschaftliche Interesse.

Anhand dieser Grundlagenermittlung der für die Denkmalbegründung notwendigen Faktoren und Aspekte ist die Ableitung eindeutiger Randbedingungen für Sanierungsmaßnahmen möglich.

2.2 Bauteile der Gebäudehülle

Für die wärmetechnische Betrachtung sind die Bauteile von Interesse, die die Gebäudehülle bilden, da durch sie, je nach ihren Eigenschaften Wärme verloren gehen kann. Sie sind elementarer Bestandteil der Betrachtung, an welcher Stelle Verluste verringert werden können. Dabei spielt der Schichtaufbau bzw. die Materialien, deren jeweiligen wärmetechnischen Eigenschaften aber auch ihr Flächenanteil an der Gesamtgebäudehüllfläche, eine Rolle.

Anhand von Originalplänen aus dem Südwestdeutschen Archiv für Architektur und Ingenieurbau (SAAI) Karlsruhe (Abb. 5) und durch Gebäudebegehungen wird die Gebäudehülle vermessen (Abb. 6) und in Bauteile und deren jeweiligen Materialien /Schichten für eine individuelle Betrachtung gegliedert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Bauteile der Gebäudehülle, ihre Flächen und Flächenanteile

Zeile		Flächenkategorie	Bauteil	Fläche am Gebäude [m ²]	Anteil an der Gesamt-oberfläche [%]
1	Decken	Gegen Außenluft	Beton Decke UG	302,06	2,9
2			Boden Gänge 2.OG	14,62	0,1
3			Pausenhallendecke	465,51	4,5
4			Untersicht Kragzimmer	20,95	0,2
5		Gegen unbeheizte Räume	Bodenplatte EG	1.504,33	14,4
6	Dächer		Stahlbetonrippendecke	1.483,93	14,2
7			Massivdecke, 12 cm	260,63	2,5
8			Massivdecke, 18 cm	778,49	7,4
9	Wände	Massivwände	Betonwand UG	488,04	4,7
10			Beton	857,62	8,2
11			Mauerwerk	903,60	8,6
12			Mauerwerk gedämmt	99,92	1,0
13	Nichtragende Wandteile	Nichtragende Wandteile	FE EG mit Brüstungselemente	161,94	1,5
14			FE EG Nord (Glas)	227,91	2,2
15			Kleine Fenster	23,27	0,2
16			FE OG Nord	463,11	4,4
17			FE OG Ost & West	132,77	1,3
18			FE OG Süd	451,26	4,3
19			FE mit Einfachverglasung	873,50	8,4
20			FE moderne Verglasung	71,57	0,7
21			Oberlichter	149,89	1,4
22	Bodenplatte		Bodenplatte 40 cm	605,49	5,8
23			Bodenplatte 45 cm	112,50	1,1
24	Summe Gebäudeoberfläche			10.452,89	100,0

* FE = Fensterelement

Der Schichtaufbau bzw. die Materialien lassen sich anhand von originalen Planeinträgen (Abb. 5) und durch visuelle Begutachtung (Abb. 6) feststellen.

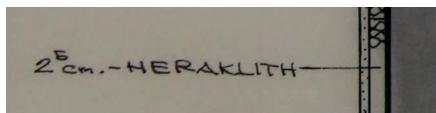


Abb. 5: Planeintrag



Abb. 6: visuelle Begutachtung

3 Wärmetechnische Untersuchungen

Anschließend wurden die Bauteile wärmetechnische untersucht. Dabei wurden mittels Thermografieuntersuchung die zugänglichen Gebäudehüllflächen sowie mögliche Wärmebrückenpunkte betrachtet, mithilfe von Temperaturmessungen Wärmedurchgangskoeffizienten für verschiedene Bauteile berechnet sowie ein Fachgutachten zum Zustand der Fenster ausgewertet.

3.1 Thermografie

Mithilfe der Thermografieaufnahmen konnten lokale Schwachstellen und typische Hauptpunkte des Wärmeverlusts betrachtet werden.

- Den allgemein hohen Wärmeverlust der Gebäudehülle verdeutlichen Warmluftsleier, die sich unter z.B. dem Vorsprung der Obergeschosse ansammeln.
- Für Wärmebrücken prädestinierte Punkte bestätigten sich: So zeigt beispielsweise die tragende Betonstruktur im Bereich der Erschließungsflächen kühle Innenoberflächentemperaturen und eine warme Außenoberfläche. Auch an Wandbauteilen von zwei auskragenden Räumen liegt die Oberflächentemperatur im Innenbereich der zwei äußersten Ecken aufgrund der geringen Wandstärken (17 cm) bei ca. 6,4°C.
- Die Heizungsleitungen, Segen und Fluch zugleich: Aus energetischer Sicht ist ihr Verlauf nachteilig, denn die Rohre werden innerhalb von Wänden geführt (z.B. direkt in den Gebäudeaußenkanten, in Hohldecken und im ungedämmten und unbeheizten Kriechkeller). Zugleich tragen sie aus bauklimatischer Sicht aber zu einer Sicherung eines hygienischen Raumklimas bei. Denn durch den Verlauf in Gebäudeaußenkanten halten sie die ansonsten hinsichtlich Tauwasserausfall problematischen Raumecken und die Innenkanten entlang der Gebäudeaußenkante auf einer hohen Temperatur.
- Aber auch Positives zeigen die Thermografieaufnahmen: Bis auf die Dachdecke über dem 2. OG fallen die Deckenanschlüsse nicht als solche Wärmebrücke auf, wofür diese Detailpunkte normalerweise prädestiniert sind. Weiterhin heben sich die originalen Brüstungspaneele, eine bereits bauzeitlich von innen gedämmte Mauerwerkswand und die Wirkung nachträglich installierter Heizungsreflektoren wärmetechnisch positiv heraus.

3.2 Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile der Gebäudehülle

Für die Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten aller umfassenden Bauteile wurden die Originalmaterialien und möglichst treffende Stoffkennwerte recherchiert. Hierbei wurden z.B. im Fall des Mauerwerks Vergleichsuntersuchungen in Form von Wasseraufnahmeprüfungen an einem im Keller gefundenen Ziegel im Labor und vor Ort an dem Ziegelmauerwerk durchgeführt. Über die korrelierenden Ergebnisse der

Wasseraufnahmefähigkeitsprüfungen konnte die Rohdichte des originalen Ziegelmauerwerks mithilfe der gemessenen Rohdichte im Labor abgeschätzt werden. Dadurch war es möglich den Bereich passender Wärmeleitfähigkeitswerte λ für das originale Ziegelmauerwerk einzugrenzen.

An einigen Hauptbauteilen (Mauerwerk, Beton, Fensterflächen) wurden zusätzlich zur Recherche Temperaturmessungen vorgenommen (Abb. 7), die durch Berechnung Rückschlüsse auf ihren Wärmedurchgang zulassen. Dazu wurden Innenwand-Oberflächentemperatur, Innenraumtemperatur und Lufttemperatur außen jeweils über drei Stunden aufgezeichnet und die Werte jeweils mit dem angenommenen Wärmeübergangskoeffizienten $R_{si} = 0,13$ zu U-Werten umgerechnet. Je nach Verlauf der Messkurven und der berechneten U-Wert-Kurve konnte ein eindeutiger Mittelwert für den Wärmedurchgangskoeffizienten ermittelt werden.



Abb. 7: Temperaturmessungen

3.3 Fenster und Luftdichtheit

Die Begutachtung der Fenster und Fensterelemente erfolgte durch Eigenarbeit und mithilfe eines Fachgutachtens des im restauratorischen Bereich tätigen Unternehmens „Holzmanufaktur Rottweil“. Hierbei wurde festgestellt, dass sich die Metallfenster allgemein in einem guten Zustand befinden. Die geringen Schäden reichen von blind gewordenen Scheiben über schwergängige bzw. defekte Mechanik, bis hin zu erhärteten, weil bauzeitlichen und damit inzwischen knapp fünfzig Jahre alten Dichtungsbändern. Aus energetischer Sicht sind die nicht getrennten Aluminiumrahmen die größte Schwachstelle.

3.4 Behaglichkeit

Durch die teilweise stark wärmeleitenden Wandbaustoffe und ihre kalten Innenoberflächen ist davon auszugehen, dass in nahezu allen Räumen lokale Unbehaglichkeiten durch asymmetrische Strahlung negativ auffallen.

Bei den Fensterflächen ist zusätzlich dazu anzunehmen, dass vor den kalten Innenoberflächen starke Fallluftströmungen entstehen, die zu unbehaglichen, bodennahen Luftzügen führen. Die Undichtigkeiten im Bereich der Fensterflügel führen ebenfalls zu spürbar unbehaglicher Zugluft.

4 Bauteilbezogene Optimierung

Um möglichst wenige, dafür aber effektive Eingriffe sicherzustellen, werden die Bauteile nach ihrem Anteil an der Gesamtoberfläche der Gebäudehülle sortiert und der jeweilige Wärmedurchgangskoeffizient dazu angetragen (Abb. 8). So sind schnell jene Bauteile ausgemacht, die mit einem großen Flächenanteil viel bewirken oder mit einem hohen Wärmedurchgangskoeffizienten einen großen Optimierungsbedarf haben.

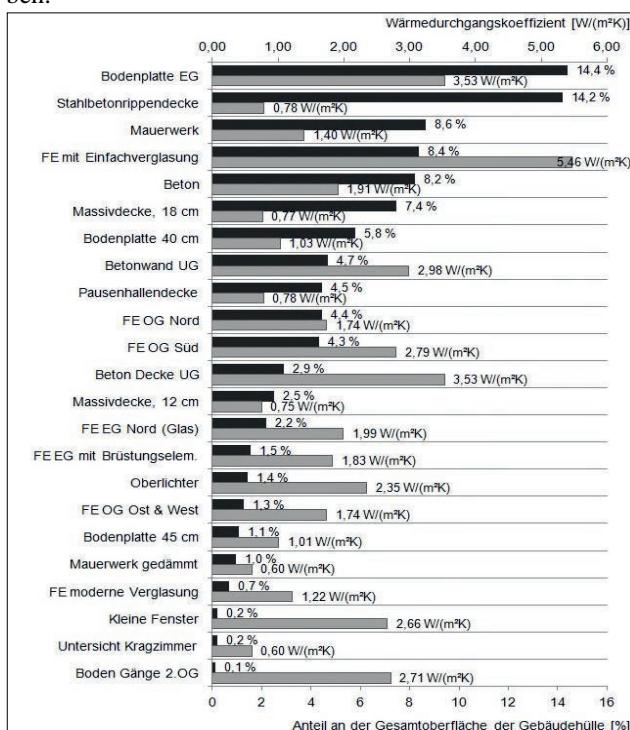


Abb. 8: Bauteile mit jeweiligem Flächenanteil und U-Wert

4.1 Maßnahmen an Bauteilen

Für jedes Bauteil werden individuelle Maßnahmen vorgeschlagen und diskutiert. So wird beispielweise für die Massivdecken des Gebäudedachs die Wirkung einer weiteren Dämmschicht geprüft (hier die Maßnahmendiskussion beispielhaft für alle Bauteile dargestellt).

Die Massivdecken sind 12 cm bzw. 18 cm stark. Über dem zweiten OG liegen Teile der 18 cm starken Massivdecken tiefer als das umliegende Dach, um eine Beleuchtung der Unterrichtsräume durch die Oberlichter zu ermöglichen (vgl. Abb. 9).

Die Rohbaupläne zeigen an unterschiedlichen Stellen ein liches Maß von 16 cm oder 26 cm zwischen Oberkante Rohdecke (Dach) und Unterkante Fensteröffnung der Oberlichtbänder. In diesem Zwischenraum befindet sich bisher eine 5,5 cm hohe Dämmschicht aus Kork sowie eine ca. 6 cm hohe Kiesschüttung und mehrere Lagen Abdichtungspappe.

Eine Möglichkeit der energetischen Ertüchtigung ist das Abschieben der Kiesschicht, Auflegen einer neuen, zusätzlichen Dämmlage mitsamt Abdichtung und das anschließende Wiederaufbringen der Kiesschicht. Wird die Konstruktion im Bereich der Fenster nicht mit einer Kiesschicht, sondern mit einer Beblechung in der Randzone nahe der Fenster bedeckt, kann eine zusätzliche Dämmlage eine konstruktiv maximale Höhe von 8 cm erreichen. Die Beblechung kann mit einem gewissen Abstand zu den Fenstern aufgekantet werden und die übrige Fläche mit Kies belegt werden, dessen Schüttthöhe die Unterkante des Fensters übersteigen kann (Abb. 9).

Mit dem Standarddämmstoff EPS zwischen zwei Abdichtungslagen kann zwar kein EnEV-konformer Wärmedurchgangskoeffizient von 0,20 W/(m²K) erreicht werden, wohl aber eine Senkung des derzeitigen Wertes um $\frac{2}{3}$ auf ca. 0,25 W/(m²K).

Ein EnEV-konformer Wert wird selbst bei der Verwendung von gängigen Dämmstoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit wie bspw. Phenolharzschaumplatten oder Polyurethan-Hartschaumplatten innerhalb der 8 cm nicht erreicht. (Abb. 10)

Erst Hochleistungsdämmstoffe (bspw. Vakuumisolationspaneele) erreichen den Wert von 0,20 W/(m²K) bei einer Dämmstärke von 3 cm.

Die Möglichkeit, die bisherige Dämmlage zu entfernen und gegen eine neue Dämmschicht auszutauschen, bringt hohe Kosten sowie einen großen Aufwand (auch hinsichtlich des Abfalls) mit sich. „Das Belassen der vorhandenen Dämmung [...] und ein Überdämmen mit geeigneten Dämmstoffen ist ökologisch und ökonomisch die bessere Lösung.“ [4, S. 65].

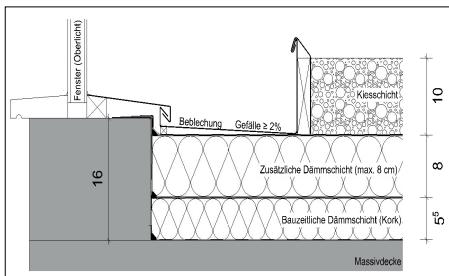


Abb. 9: Möglicher Dachaufbau bei konstruktiv begrenzter Höhe

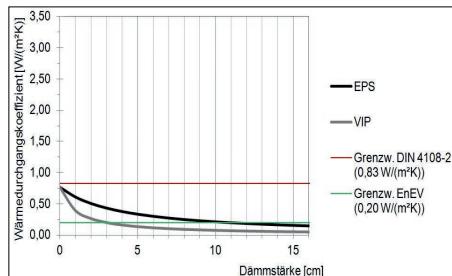


Abb. 10: Bauteil Dächer in Massivbauweise: Abschätzung der Wirksamkeit verschiedener Dämmstärken

4.2 Potentialabschätzung

Um das Potential der vorgeschlagenen Maßnahmen hinsichtlich einer Verbesserung des Energieverbrauchs abschätzen zu können, wird das Gebäude als Bestandsmodell (sog. „Stammdaten“) sowie als um die erarbeiteten Maßnahmen ertüchtigtes Modellgebäude (folgend als „Variante“ bezeichnet) in eine EnEV-Bilanzierungs-Software eingegeben. Es wird hierfür das Programm „Energieplaner“ des BKI in der Version 15 verwendet. Die beiden Berechnungsmodelle unterscheiden sich lediglich in den energetischen Daten zur Gebäudehülle, d.h. in den U-Werte der Bauteile. Zusammenfassend wird mit punktuellen Maßnahmen versucht, die Lüftungswärmeverluste und die Transmissionswärmeverluste zu reduzieren:

- Innendeckendämmungen mit Hybriddämmplatten aus Kalziumsilikat und PUR
- Innenwanddämmungen mit Kalziumsilikatplatten
- Außendämmungen von Untersichten mit Vakuum-Isolationspaneelen und darauf aufgebrachter Silikonabformung der Originaloberfläche
- Einblasen von Dämmstoffen in Hohlräume und Leitungsschächte
- Zusätzliche Dachdämmung mit EPS
- Erneuerung von Dichtbändern an Fenster- und Türflügeln und Einstellen der Mechanik
- Austausch der Verglasung gegen moderne Zweifachverglasung

Das Potential dieser Ertüchtigung spiegelt sich dann im reduzierten Energiebedarf wieder. Hierbei ist der Primärenergiebedarf der charakteristische und gängigste Kennwert zum Vergleich der Energiebedarfe von Gebäuden. Eine wichtige Kenngröße in dieser Arbeit stellt aber auch der Heizwärmebedarf (auch „Netto-Heizenergiebedarf“ (DIN 4108-6)) dar. Gegenüber dem Primärenergiebedarf, der alle Energiebedarfe (auch für Beleuchtung, Gebäudetechnik, etc.) vereint, gibt der Heiz-

wärmebedarf nur jene Energiemenge an, die zum Ausgleich der Wärmeverluste (nach Abzug der Gewinne) – also zum Heizen – noch benötigt wird (die Größe, die gesenkt werden soll). Folgende Werte ergeben sich für das Bestandsmodell, sowie für die Variante, wenn alle vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt werden:

Tabelle 2: Vergleich der Berechnungsergebnisse

Zeile	Größe	Ergebnisse für das Bestandsmodell	Ergebnisse für die Variante
1	Primärenergiebedarf Q_p	2.589.739 kWh/a 377 kWh/(a*m²)	1.143.469 kWh/a 166 kWh/(a*m²)
2	Endenergiebedarf gesamt Q_f	2.568.965 kWh/a 374 kWh/(a*m²)	1.111.639 kWh/a 162 kWh/(a*m²)
3	Heizwärmebedarf Q_h	1.643.475 kWh/a 239 kWh/(a*m²)	676.456 kWh/a 98 kWh/(a*m²)
4	Transmissionswärmeverluste H_T'	1,84 W/(m²K)	0,77 W/(m²K)
5	Lüftungswärmeverluste Q_v	642.031 kWh/a	481.265 kWh/a

5 Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass eine denkmalgerechte, bedachte energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle die Transmissionswärmeverluste und damit den Heizwärmebedarf um nahezu 60% reduzieren kann. Durch die Behebung der Undichtigkeiten können die Lüftungswärmeverluste um ca. 25% gesenkt werden.

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes kann damit auf bis zu ca. 44% des heutigen Bedarfs reduziert werden (vgl. Tabelle 2).

Dieses Ergebnis wird erreicht, wenn alle hinsichtlich des Denkmalschutzes und ihrer Wirksamkeit diskutierten Maßnahmen an den Bauteilen durchgeführt werden.

Der Wunsch des Denkmalschutzes ist es allerdings, so wenig wie möglich an der Originalsubstanz des Gebäudes zu verändern. Durch eine Sensitivitätsanalyse wird deutlich, welche Maßnahmen am stärksten zu den obigen Gesamtwerten beitragen und welche sich schwach auswirken. Dadurch entsteht die Möglichkeit, im Sinne eines möglichst geringen Eingriffs in die historische Substanz schwache Maßnahmen direkt auszuschließen, ohne große Verringerungen der maximal möglichen Einsparung in Kauf nehmen zu müssen. Anders ausgedrückt: Bereits mit wenigen Maßnahmen gelangt man nahe an das obige Gesamtergebnis.

So zeigt die Einzelberechnung beispielsweise,

- dass die energetische Ertüchtigung von einfach verglasten Fenstern und der Decke zwischen UG und EG hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs nahezu den gleichen Effekt hat, wie alle anderen Maßnahmen an der gesamten restlichen Gebäudehülle zusammen.
- dass bereits die Erneuerung der Dicht- und Fugenbänder der Fensterflügel eine Einsparung von 8,7 % des alten Energiebedarfs zu Folge hat.

Nachdem die Maßnahmen bereits bei ihrer Festlegung hinsichtlich eines Eingriffs in die Denkmalsubstanz abgewogen wurden, kann der Eingriff in die Denkmalsubstanz nun noch einmal reduziert werden, indem Maßnahmen eventuell gar nicht in Angriffe genommen werden, da ihre Wirkung zu gering ist; bzw. es werden nur jene Maßnahmen gewählt, welche ein großes Potential aufweisen.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): *Sanierungsbedarf im Gebäudebestand; Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude*, Berlin, 2014
- [2] Hubel, A.: *Denkmalpflege; Geschichte - Themen - Aufgaben ; Eine Einführung*, 2. Aufl., Reclam, Stuttgart, 2011
- [3] Kachel, A. D.: *Der Architekt Hermann Blomeier*, Freiburg i. Br., Albert-Ludwigs-Universität, Institut: Philosophie, Magisterarbeit, o. J.
- [4] Drewer, A. ; Paschko, H. ; Paschko, K. ; Patschke, M.: *Wärmedämmstoffe; Kompass zur Auswahl und Anwendung*, Rudolf Müller Verlag, Köln, 2013

In-situ Prüfverfahren zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Bestandsmauerwerk

A. Rudisch/V. Dunjic/A. Kolbitsch
Wien

Zusammenfassung

Der Zweifeldschubversuch ist ein in-situ Prüfverfahren zur Beurteilung der Schubtragfähigkeit von aussteifenden Mauerwerksscheiben im Bestand. Bei dem an der TU Wien entwickelten Versuch handelt es sich im Speziellen um einen kraftgesteuerten pseudozyklischen Schubversuch. Dazu wird die Versuchseinrichtung, bei der es sich im Wesentlichen um einen Reaktionsrahmen aus Stahl handelt, mit dem freigeschnittenen Probekörper kraftschlüssig verbunden. Spezifische Randbedingungen wie die Mauerwerksfestigkeit, die einwirkende Auflast sowie eventuelle Vorschädigungen bleiben erhalten.

Als Ergebnis kann neben der Bestimmung des Rissbildes unter anderem der Verhal tensbeiwert und die Kapazitätskurve der betrachteten Wandscheibe aus den Versuchs resultaten ermittelt werden. Dadurch kann bei einem Erdbebennachweis das tatsächliche Materialverhalten berücksichtigt werden. Im Rahmen von Tastversuchen erwies sich der entwickelte Schubversuch als eine praxistaugliche Möglichkeit um die Schubtragfähigkeit von Bestandsmauerwerk experimentell zu beurteilen.

1 Motivation

Bei Umbauten von Bestandsgebäuden spielt die Beurteilung der Schubtragfähigkeit von aussteifenden Mauerwerksscheiben eine wesentliche Rolle. Diese ermöglichen die Ableitung horizontaler Einwirkungen, wie Wind- und Erdbebenlasten, in den Baugrund. Durch die im Zuge von Umbauten zunehmend geforderte Optimierung der Nutzflächen von Bestandsgebäuden werden aussteifende Wandkonstruktionen auf ein Minimum reduziert. Im Gegenzug wurden durch die Einführung der Eurocodes die anzusetzenden horizontalen Lasten erhöht. Dadurch bestehen höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit von horizontal aussteifenden Wandscheiben. Diese Umstände führen besonders bei der Sanierung bzw. Revitalisierung von Bestandsobjekten dazu, dass bestehende Mauerwerksscheiben nicht den Anforderungen von normativ verankerten Bemessungsansätzen entsprechen.

Die Herausforderung bei der Beschreibung der mechanischen Eigenschaften von Mauerwerk besteht darin, die große Vielfalt an Materialien und Ausführungskombinationen zu erfassen. Diese ergibt sich einerseits aus dem unterschiedlichen Steinmaterial (Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton etc.), der Geometrie (Formgebung, Lochgestaltung) sowie aus dem verwendeten Mörtel (hydraulische Mörtel, Kalkmörtel, PU-Kleber) und dem Mörtelauftrag (Dünnbettmörtel, werkseitig gefertigte Mörtelplatte uvm.) und andererseits aus der Ausführung des Verbandes. Dadurch ist die Abbildung und Formulierung eines umfassenden Versagensmodells nur schwer möglich. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes [1] eine experimentelle Untersuchung direkt am Bauwerk zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit von gemauerten Wandscheiben entwickelt.

2 Versuchsentwicklung

Ausschlaggebend für die Versuchsentwicklung war neben einer kritischen Betrachtung der normativen Festlegungen [1] die Komplexität und die Vielzahl der experimentellen Laboruntersuchungen und nicht zuletzt der Bedarf an einem geeigneten in-situ Versuchs zur Beurteilung der Schubtragfähigkeit von Bestandsmauerwerk. Ziel der Forschungsarbeit war es aus einer experimentellen Untersuchung eine direkte Bewertung des horizontalen Tragverhaltens von Mauerwerksscheiben unter Einhaltung der im Objekt vorhandenen Randbedingungen wie z.B. die einwirkende Auflast oder Vorschädigungen zu ermöglichen. Bei der Versuchsentwicklung wurde besonders darauf geachtet, dass einerseits die Versuchskörper weitgehend ungestört bleiben und andererseits eine einfache Montage der Versuchseinrichtung möglich ist.



Bild 1: Überblick der Versuchseinrichtung [2]

In Bild 1 ist die an einer Wandscheibe montierte Versuchseinrichtung zu sehen. Die Bestandteile (a), (b) und (c) sind Querriegel, welche beidseitig an der Wandscheibe angebracht und kraftschlüssig vernadelt sind. Beim Bauteil (b) handelt es sich um den Krafteinleitungsbalken. Die Querriegel (a) und (c) sind mit den Biegeträgern (d) durch Stahlbolzen (e) gelenkig verbunden (Langlöcher). Durch die eingeplanten Langlöcher ist eine ungehinderte vertikale Verschiebung der Querriegel möglich.

Die Kraft wird über einen hydraulischen Zylinder (f), der sich am Biegebalken abstützt, in den Krafteinleitungsbalken (b) eingebracht. Der hydraulische Zylinder kann an beiden Seiten des Krafteinleitungsbalkens (b) angebracht und mit Hilfe von abgehängten Stahlketten justiert werden. Dadurch kann der Probekörper (i) wechselseitig belastet werden. Durch das optische 3D Verformungsmesssystem ARAMIS (1), (2) können alle Weggrößen messtechnisch erfasst werden. Dazu muss die Oberfläche des Probekörpers (i) durch Strukturmerkmale aufbereitet werden.

3 Versuchsdurchführung

Im ersten Schritt ist vor der Montage der Versuchseinrichtung der zu untersuchende Bereich in der Wandscheibe seitlich freizuschneiden, damit die Biegeträger (siehe Bild 1) eingehoben werden können. Dazu sind auf beiden Seiten des zu untersuchenden Wandfeldes (Breite = 90 cm) Öffnungen mit einer Mindestbreite von 32 cm und einer Mindesthöhe von 150 cm herzustellen. Nach der Montage des Reaktionsrahmens ergeben sich somit zwei Schubfelder (oben und unten) mit dem Seitenverhältnis von $b/h = 90/45 \text{ cm}$.

Im Zuge der Entwicklung wurden vier Tastversuche in einem typischen Wienergrunderzeithaus durchgeführt. Alle vier Probekörper wurden aus 30 cm dicken Mauerwerksscheiben freigeschnitten. Dabei wurden die Probekörper durch drei wechselseitige Zyklen belastet. In jedem Belastungszyklus wurde die Last gleichmäßig bis zum Erreichen der Bruchlast gesteigert.

4 Resultate

Der entwickelte in-situ Schubversuch wurde an vier Tastversuchen erfolgreich durchgeführt. Aufgrund von zeitlichen und örtlichen Gegebenheiten erfolgten keine weiteren Versuche. Die Herausforderung bei der Entwicklung von Schubversuchen liegt unter anderem bei der Einleitung der Schubkraft in die Mauerwerksprobe. Beispielsweise wird bei dem vereinheitlichten Prüfverfahren des DIBt die Last über einen steifen Stahlbetonbalken eingeleitet. Beim entwickelten Versuch erfolgt analog dazu die Lasteinleitung eines mit Gewindestangen vorgespannten Balkens.

Das Auftreten von undefinierbaren Normalspannungen und Schubspannungen wird durch die Verwendung eines Reaktionsrahmens aus Stahl verhindert. In Bild 2 ist zu sehen, dass keine punktuellen Extremwerte der Verzerrungen auftreten. Das bedeutet, dass durch die Prüfeinrichtung nahezu ein homogener Schubspannungszustand induziert wird. Durch die Einleitung von gleichmäßig über die Scheibendicke t verteilte und zur Mittefläche parallele Randkräfte bleibt die Mittelfläche der Wandscheibe eben. Somit bleiben Spannungskomponenten, die nicht in Scheibenebene wirken, vernachlässigbar klein. Folglich gelten also die Annahmen des ebenen Spannungszustandes. Weiterführend kann die einwirkende Normalspannungskomponente leicht abgeschätzt werden, da die vorhandenen Randbedingungen wie Lagerung und Auflast der Wandscheibe weitgehend erhalten bleiben.

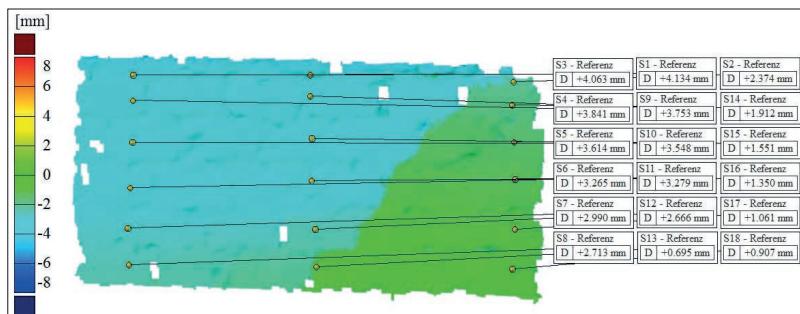


Bild 2: Versuch 1, Horizontalverschiebung d bei Erreichen der horizontalen Grenzlast H_{max} [2]

Vergleicht man die ermittelten Kennwerte, wie zum Beispiel elastische Steifigkeit, Verschiebungsdiskontinuität, Verhaltensbeiwerte sowie Kapazitätskurven, mit Ergebnissen aus anderen Forschungsarbeiten [3], [4], [5] an gründerzeitlichem Mauerwerk, so ist eine gute Korrelation festzustellen.

4.1 Bilineare Idealisierung der Versuchskurven

Die Versuchsergebnisse werden durch das optische Messtechniksystem ARAMIS sehr genau erfasst, wodurch das Auftreten des Erstrisses exakt definiert werden kann. Aus der Auswertung der Hauptformänderungen wurde die maximale Rissöffnung für unterschiedliche Laststufen ermittelt. Bild 3 zeigt exemplarisch die Hauptformänderung eines Versuches bei der maximalen Laststufe H_{max} , sowie die Rissöffnungen an drei Punkten. Die Rissöffnung w wird als maximale lokale Verschiebung zweier Rissflanken am gesamten Probekörper definiert.

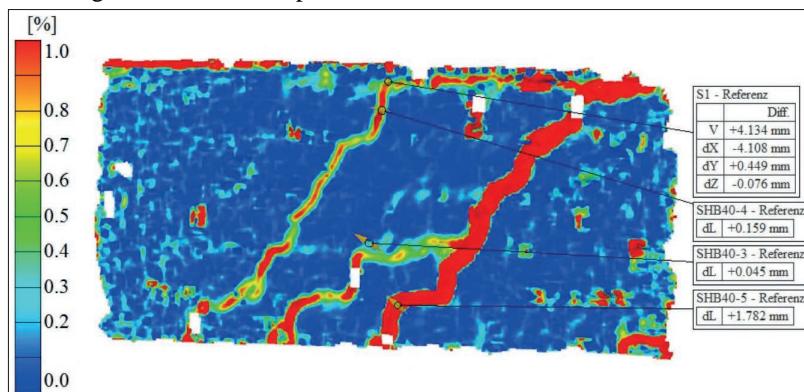


Bild 3: Hauptformänderung bei der horizontalen Grenzlast H_{max} [2]

A. Rudisch/V. Dunjic/A. Kolbitsch, In-situ Prüfverfahren zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Bestandsmauerwerk

Die Auswertung ergibt einen Zusammenhang zwischen der Rissöffnung w von 0,1 bis 0,4 mm und der horizontalen Kraft H_{cr} , welche beim Auftreten der Rissöffnung gemessen wurde (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Kraft H_{cr} bei Rissöffnung von 0,1 bis 0,4 mm [1]

H_{cr}	$w = 0,1 \text{ mm}$	$w = 0,2 \text{ mm}$	$w = 0,3 \text{ mm}$	$w = 0,4 \text{ mm}$
Versuch 1	36,5 kN	41 kN	43 kN	45,5 kN
Versuch 2	17 kN	19 kN	19,5 kN	21 kN
Versuch 3	20,5 kN	27,5 kN	30,5 kN	34 kN
Versuch 4	19 kN	24 kN	29 kN	31,5 kN

In Tabelle 2 ist der Quotient der Kraft H_{cr} zur horizontalen Grenzkraft H_{max} angegeben. Das H_{cr}/H_{max} - Verhältnis sollte laut den Untersuchungen von Tomazevic [6] 0,6 bis 0,8 betragen. Das konnte mit den Tastversuchen nicht eindeutig bestätigt werden.

Tabelle 2: H_{cr}/H_{max} -Verhältnis bei Rissöffnung von 0,1 bis 0,4 mm [1]

H_{cr}/H_{max}	$w = 0,1 \text{ mm}$	$w = 0,2 \text{ mm}$	$w = 0,3 \text{ mm}$	$w = 0,4 \text{ mm}$
Versuch 1	0,66	0,75	0,78	0,83
Versuch 2	0,68	0,76	0,78	0,84
Versuch 3	0,39	0,52	0,58	0,64
Versuch 4	0,46	0,58	0,70	0,76

Die elastische Steifigkeit K_e sowie die Verschiebungsduktilität γ_e wurden nach dem in [6] und [7] beschriebenen Verfahren aus der Kraft H_{cr} und der zugehörigen Verschiebung ermittelt. Die Resultate sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 3: Elastische Steifigkeit K_e bei Rissöffnung von 0,1 bis 0,4 mm [1]

K_e	$w = 0,1 \text{ mm}$	$w = 0,2 \text{ mm}$	$w = 0,3 \text{ mm}$	$w = 0,4 \text{ mm}$
Versuch 1	34,112 kN/mm	29,496 kN/mm	26,708 kN/mm	25,138 kN/mm
Versuch 2	11,972 kN/mm	10,053 kN/mm	9,112 kN/mm	8,898 kN/mm
Versuch 3	25,625 kN/mm	21,825 kN/mm	19,677 kN/mm	18,375 kN/mm
Versuch 4	25,676 kN/mm	22,018 kN/mm	19,205 kN/mm	17,027 kN/mm

Tabelle 4: Verschiebungsdurktilität μ_e bei Rissöffnung von 0,1 bis 0,4 mm [1]

μ_e	w = 0,1 mm	w = 0,2 mm	w = 0,3 mm	w = 0,4 mm
Versuch 1	2,32	2,12	2,00	1,99
Versuch 2	2,37	2,13	2,01	1,98
Versuch 3	3,02	2,76	2,60	2,50
Versuch 4	3,33	3,06	2,84	2,65

Darüber hinaus wurden die Kapazitätskurven der Wandscheiben in Abhängigkeit der Rissöffnung ermittelt. Die Grundlage dafür stellt das in [6], [8] und [9] beschriebene Verfahren dar. In Abbildung 4 bis 7 sind die bilinearen Idealisierungen der einzelnen Tastversuche dargestellt.

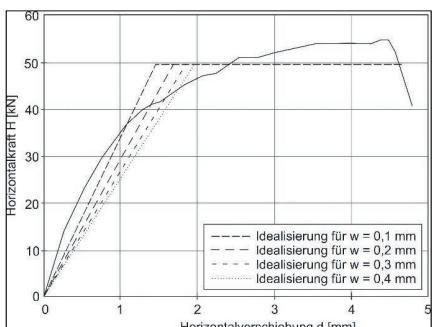


Bild 4: Idealisierung der Versuchskurve von Versuch 1 in Abhängigkeit der Rissöffnung w [1]

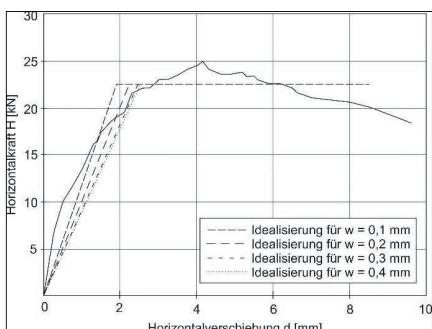


Bild 5: Idealisierung der Versuchskurve von Versuch 2 in Abhängigkeit der Rissöffnung w [1]

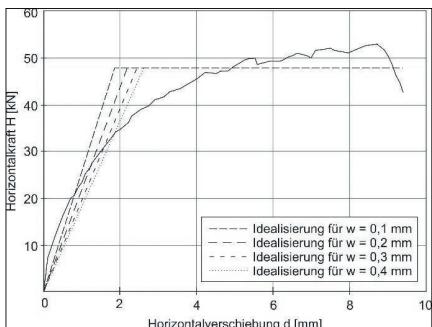


Bild 6: Idealisierung der Versuchskurve von Versuch 3 in Abhängigkeit der Rissöffnung w [1]

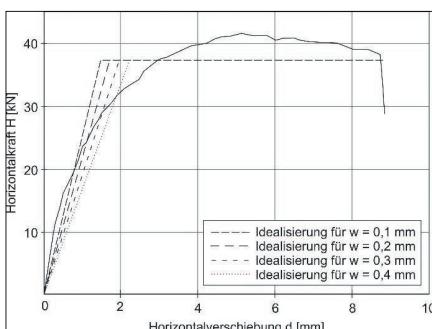


Bild 7: Idealisierung der Versuchskurve von Versuch 4 in Abhängigkeit der Rissöffnung w [1]

Es wird ersichtlich, dass die elastische Steifigkeit K_e mit steigender Rissöffnung sinkt. Vergleicht man die Flächenintegrale der Idealisierungen mit jenen der Versuchskurven ist eine gute Übereinstimmung zu erkennen. Die maximale Differenz beträgt 14 %, was unter den gegebenen Randbedingungen vernachlässigbar ist.

Eine normierte Gegenüberstellung der Idealisierungen aller Versuchskurven ist in Bild 8 gezeigt. An der Ordinate ist der Quotient der gemessenen Horizontalkraft H und dem Bemessungswert des Widerstandes V_{Rd} und an der Abszisse die bezogene Verschiebung d/d_u aufgetragen. Dabei wird ersichtlich, dass die elastische Steifigkeit K_e der Versuche 1 und 2 sowie der Versuche 3 und 4 ähnliche Werte annimmt. Außerdem ist zu erkennen, dass die Bemessungswerte der Widerstände V_{Rd} nach EC 6 weit unterhalb der bei den Versuchen ermittelten ideal elastischen, horizontalen Grenzkräfte H_i liegen. Die großen Unterschiede der Kräfte H_i sind auf die im Bestandsobjekt vorhandenen Inhomogenitäten beispielsweise aus Vorschädigung, den vorhandenen Einbauten,

Schwankungen der Mörtel- bzw. Ziegelqualität usw. sowie die teilweise unterschiedlichen Auflastniveaus zurückzuführen.

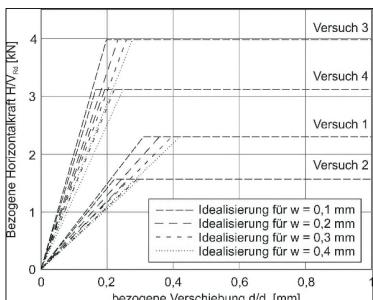


Bild 8: Gegenüberstellung der bilinearen Idealisierungen der Versuchskurven [1]

4.2 Verhaltensbeiwert

Die Ermittlung des Verhaltensbeiwerts q erfolgte auf Grundlage des Prinzips der gleichen Formänderungsarbeit nach der in [10], [11], [12] und [13] beschriebenen Methode. Aufgrund der hohen Messgenauigkeit wurde bei den gegenständlichen Versuchen eine Differenzierung in Abhängigkeit der Rissöffnung durchgeführt. Die ermittelten Verhaltensbeiwerte q sind in Tabelle 5 und Bild 9 für die Rissöffnungen 0,1 bis 0,4 mm dargestellt.

Tabelle 5: Verhaltensbeiwert q bei Rissöffnung w von 0,1 bis 0,4 mm [1]

q	$w = 0,1 \text{ mm}$	$w = 0,2 \text{ mm}$	$w = 0,3 \text{ mm}$	$w = 0,4 \text{ mm}$
Versuch 1	2,32	2,12	2,00	1,99
Versuch 2	2,37	2,13	2,01	1,98
Versuch 3	3,02	2,76	2,60	2,50
Versuch 4	3,33	3,06	2,84	2,65

In Bild 9 ist deutlich zu erkennen, dass der Verhaltensbeiwert q bei steigender Rissöffnung abnimmt und somit die Definition des Erstrisses den Verhaltensbeiwert maßgebend beeinflusst. Darüber hinaus wächst mit steigender Beanspruchung bzw. Rissöffnung die Drift γ an. Folglich wurden in den durchgeführten Tastversuchen die Driftwerte experimentell ermittelt und den Verhaltensbeiwerten sowie der Rissöffnung in einer Triaxdarstellung (vgl. Bild 9) gegenübergestellt.

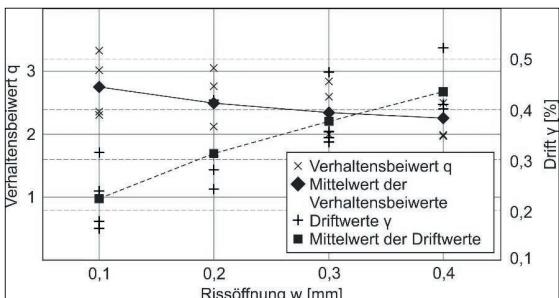


Bild 9: Verhaltensbeiwert und Drift in Abhängigkeit der Rissöffnung [1]

Aus Bild 9 ergibt sich, dass der Zustand der maßgeblichen Schädigung von Mauerwerk lt. EC 8, welcher einer Drift γ von 0,4 % entspricht, sich etwa bei einer Rissöffnung von 0,3 mm einstellt. Daraus lässt sich die Größe des Verhaltensbeiwerts q mit 2,36 ableiten. Es ist also möglich bei einem bestimmten, vorgegebenen Driftwert die zugehörige Rissöffnung w und den zugehörigen Verhaltensbeiwert q zu ermitteln.

Bei den durchgeführten Versuchen handelt es sich lediglich um Tastversuche, die dem Zweck dienten die Machbarkeit und Funktionalität des entwickelten in-situ Versuchs aufzuzeigen. Es ist also zu beachten, dass die Anzahl der Versuche für eine experimentell fundierte Aussage nicht ausreicht und dass für die Versuchsauswertung lediglich Mittelwerte herangezogen wurden.

5 Schlussfolgerung

Der vorgestellte in-situ Schubversuch ermöglicht die Ermittlung von material- und bauwerksspezifischen Kennwerten zur Beurteilung der Schubtragfähigkeit von aussteifenden Mauerwerksscheiben in Bestandsobjekten. Dabei bleiben objektspezifische Randbedingungen erhalten. Durch die hervorgerufene biaxiale Einwirkungskombination aus der tatsächlich vorhandenen Auflast und der durch die Prüfeinrichtung eingeleiteten Horizontalkraft kommt es zu einem Schubversagen der Kleinkörperprobe. Im Zuge des vorgestellten Forschungsprojektes wurde die Machbarkeit und Durchführbarkeit untersucht. Der Versuch ermöglicht die Relation zwischen der Rissöffnung, dem Verhaltensbeiwert und der Drift sowie der ideal elastischen Steifigkeit aufzustellen. Durch die experimentelle Ermittlung von Kapazitätskurven und der direkten Bestimmung des Verhaltensbeiwerts einzelner Wandscheiben können Materialeigenschaften von Bestandsmauerwerk wirklichkeitsnahe abgebildet werden.

Literatur

- [1] *Dunjic, V.; Rudisch, A.; Kolbitsch, A.*: Zweischubfeldversuch – Ein in-situ Prüfverfahren zur Bestimmung der Schubtragfähigkeitseigenschaften von Bestandsmauerwerk. Wissenschaftlicher Bericht für BuFAS. TU Wien. 2016.
- [2] *Rudisch, A.*: Entwicklung eines in situ Schubversuchs zur Beurteilung der Schubtragfähigkeit von Mauerwerksscheiben im Bestand. Diplomarbeit TU Wien. 2015
- [3] *Zimmermann, T.; Strauss, A.*: Schubtragverhalten von altem unbewehrtem Mauerwerk unter seismischer Belastung. In: Bautechnik 89 (2012), Heft 8, S. 553, Ernst & Sohn, Berlin.
- [4] *Zimmermann, T.; Strauss, A.*: Gründerzeit-Mauerwerk unter Erdbebenbelastung – Vergleich zwischen normativen Ansätzen und messtechnischen Ergebnissen. In: Bautechnik 87 (2010), Heft 9, S. 535, Ernst & Sohn, Berlin.
- [5] *Schneemayer, A.; Schranz, C.; Tschegg, E. K.; Kolbitsch, A.*: Entwicklung der Resttragfähigkeit von Mauerwerk unter zyklischen horizontalen Lasten. In: D-A-CH-Mitteilungsblatt, Bauingenieur Band 89 (2014). Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [6] *Tomazevic, M.*: Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings (1999). Imperial College Press, London.
- [7] *Butenweg C.; Gellert, C.*: Nichtlinearer Nachweis von Mauerwerksbauten. In: Mauerwerk 17 (2013), Heft 3, S. 166 – 171. Ernst & Sohn, Berlin.
- [8] *Tomazevic, M.; Zarnic, M.*: The effect of horizontal Reinforcement on the strength and ductility of masonry walls at shear failure - part 1. Institute for Testing and Research in Materials and Structures (1985). Ljubljana.
- [9] *Tomazevic, M.; Zarnic, R.*: The behaviour of horizontally reinforced masonry walls subjected to cyclic lateral in-plane load reversals Vol. 4, 1984.
- [10] *Bachmann, H.*: Erdbebensicherung von Bauwerken, Birkhäuser Basel, 1995.
- [11] *Paulay, T.; Bachmann, H.; Moser, K.*: Erdbebensicherung von Stahlbetonhochbauten, Birkhäuser Basel, 1990.
- [12] *Zilch, K.*: Bemessung von Bauwerken gegen Erdbebenbelastung – Ein Bericht zum Stand der Forschung und Praxis, 1974.
- [13] *Zilch, K.; Schermer, D.*: Mauerwerk unter seismischen Einwirkungen, Fraunhofer IRB, 2003.

(Leerseite)

Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt? - Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis

M. Halstenberg
Düsseldorf

Zusammenfassung

Das EuGH Urteil vom 16.10.2014 führt dazu, dass die Länder in den Bauordnungen künftig keine Anforderungen an Bauprodukte mehr stellen dürfen, die über die Erfüllung der jeweils einschlägigen harmonisierten Produktnorm hinausgehen. Das Bauordnungsrecht wird entsprechend novelliert. Sind die harmonisierten Normen aber unvollständig und enthalten diese nicht alle Angaben, die national benötigt werden, führt dies zu einer Regelungslücke. Diese wird bauaufsichtlich dadurch geschlossen, dass der Bauherr auch weiterhin alle Anforderungen an das Bauwerk zu erfüllen hat. Diese Anforderungen werden allein durch die Bauordnungen festgelegt. Muss der Bauherr zur Erbringung der Bauwerksnachweise auf technische Angaben des Produkts zurückgreifen, die nicht in der harmonisierten Norm geregelt sind, kann er diese Angaben künftig nur auf vertraglicher Basis von dem Hersteller bzw. Lieferanten einfordern. Dieser kann derartige Angaben auf „freiwilliger“ Basis machen. Ein System von Anforderungsdokumenten soll diese Aufgabe für die Praxis künftig wesentlich erleichtern.

1 Einleitung

Der EuGH hat durch Urteil vom 16.10.2014 – RS C 100/13 festgestellt, dass Deutschland gegen die EU-Bauproduktenrichtlinie (BPR) verstößen hat, weil es in drei Fällen zusätzliche nationale Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte gestellt hat. Bauprodukte unterfallen seit 2013 der Bauproduktenverordnung. [1] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates, ABl. L 88 vom 4.4.2011, S. 5 - Bauproduktenverordnung. Das EuGH Urteil ist nach überwiegender Meinung unverändert auch auf die Auslegung der BauPVO zu übertragen. Was bedeutet das Urteil daher für nationale Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte?

Zunächst sei klargestellt, dass das EuGH Urteil nur sog. „harmonisierte Bauprodukte“ betrifft, also Bauprodukte, für die eine EN-Norm im Europäischen Amtsblatt veröffentlicht wurde und bei der die Übergangsfristen für die nationale Umsetzung (Einführung) abgelaufen sind. Halten diese Bauprodukte die Anforderungen der harmonisierten Norm ein, so erhalten sie eine CE-Kennzeichnung und eine Leistungserklärung. Für die Bauprodukte, die nicht harmonisierten Normen unterfallen, verbleibt es bei der bisherigen nationalen Rechtslage.

Nach den bauordnungsrechtlichen Regelungen der Länder gilt für alle Bauprodukte, dass diese für die Errichtung, Änderung und Instandhaltung baulicher Anlagen grundsätzlich nur verwendet werden dürfen, wenn sie den für diesen Verwendungszweck bekannt gemachten technischen Regeln entsprechen. Diese Regeln werden vom DIBt in den Bauregellisten aufgelistet und von dem jeweiligen Land in Bezug genommen. Existiert keine technische Regel (z. B. eine DIN-Norm) oder weicht das Bauprodukt davon erheblich ab, kann der Hersteller eine bauaufsichtliche Zulassung oder auch ein Prüfzeugnis für das Produkt beantragen. Entspricht das Bauprodukt der technischen Regel oder der bauaufsichtlichen Zulassung wird es mit einem Überzeichen versehen. Daran erkennt der Verwender, dass er das Bauprodukt für den angegebenen Verwendungszweck einsetzen darf.

Die harmonisierten Normen sind in der Bauregelliste B Teil 1 aufgeführt.

Harmonisierte Normen stellen an Bauprodukte aber nicht immer die Anforderungen, die sich die EU-Mitgliedstaaten im Hinblick auf die Bauwerkssicherheit wünschen. Die Frage ist daher, ob die Mitgliedstaaten die angestrebte Bauwerkssicherheit durch zusätzliche nationale Anforderungen an Bauprodukte sicherstellen dürfen, wenn es für diese Bauprodukte bereits eine harmonisierte technische Spezifikation gibt.

Diese Bauprodukte würden dann eine CE-Kennzeichnung für die Erfüllung der Anforderungen der harmonisierten Norm und (in Deutschland) ein zusätzliches Ü-Zeichen erhalten, welches signalisiert, dass das Bauprodukt auch den zusätzlichen nationalen Anforderungen genügt, die bisher in der Regel in einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung festgelegt wurden. Das Bauprodukt wäre dann „sicher“ verwendbar.

2 Nationale Anforderungen an Bauwerke sind möglich

Ungeachtet der Vorschriften für Bauprodukte dürfen die Mitgliedstaaten nämlich nationale Anforderungen an die Sicherheit von Bauwerken (Standsicherheit, Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz) stellen. Diese Anforderungen sind schon wegen der klimatischen Bedingungen in den Mitgliedstaaten unterschiedlich. [1] Siehe Erwägungsgründe 3, 4, 13 und 47 zur BauPVO.

Fest steht auch, dass Sicherheit bei Bauwerken letztlich nur erreicht werden kann, wenn die Bauprodukte, aus denen die Bauwerke bestehen, dauerhaft eine ausreichende Qualität haben. Man muss aber zur Kenntnis nehmen, dass in Bezug auf die Sicherheit i. S. einer Verlässlichkeit von Bauprodukten unterschiedliche Ansätze denkbar sind.

Deutschland aber auch andere Mitgliedstaaten haben seit jeher (Mindest-) Anforderungen nicht nur an Bauwerke, sondern auch an die Bauprodukte selbst gestellt. Daher setzt der Einsatz sicherheitsrelevanter Bauprodukte oft auch nationale Verwendbarkeitsnachweise voraus. Welche Anforderungen Bauprodukte zu erfüllen haben, damit die nationalen bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllt werden, ist mit hin öffentlich-rechtlich geregelt.

Der alternative Ansatz ist ein zivilrechtlicher. Er geht davon aus, dass die Vertragsparteien, also der Bauherr oder das Bauunternehmen, die nationalen (Sicherheits-) Anforderungen an das Bauwerk kennen und daher Bauprodukte auswählen, mit denen sie diese Sicherheitsanforderungen erfüllen können. Da sie die Eigenschaften eines Produkts ohne aufwändige Prüfungen nicht feststellen können, fordern sie die erforderlichen Angaben und Nachweise vom Hersteller. Nur wenn sich dieser ausreichend erklärt und Kaufvertragsrechtlich Gewähr für sein Produkt übernimmt, wird es verwendet. Dieser Ansatz gewährleistet einen breiten Wettbewerb. Denn dieses System versetzt den Kunden in die Lage, auch Produkte zu wählen, die weniger leistungsfähig sind. Er kann z. B. einen Dämmstoff mit einem schlechten „Dämmwert“ (Lambdawert) wählen, dafür aber mehr Dämmstoff einsetzen und damit auf „andere technische Weise“ die gesetzlich festgelegten Energiebedarfswerte für ein Gebäude erreichen.

M. Halstenberg, Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt?
- Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis

Diese Überlegung stimmt weitgehend mit dem Konzept der EU-Kommission überein. Danach soll der Verwender im Interesse des Wettbewerbs selbst entscheiden, auf welche Weise und mit welchen Bauprodukten er die nationalen Sicherheitsanforderungen an Bauwerke erreichen will. Der nationale Gesetzgeber soll nur das Schutzziel „Bauwerkssicherheit“ vorgeben. Als Ausgleich hat der Verwender die Möglichkeit, den Hersteller von mangelhaften Bauprodukten haftungsrechtlich in Regress zu nehmen.

Weil beide Ansätze auf die Erfüllung der Bauwerksanforderungen abzielen gäbe es prinzipiell gar kein Konfliktpotential, falls die im Interesse des Binnenmarktes erarbeiteten harmonisierten Normen (EN-Normen), tatsächlich alle Anforderungen an Bauprodukte erfassen würden, die im Hinblick auf die Erfüllung der Grundanforderungen an die Bauwerke gem. Anhang 1 zur BauPVO in allen Mitgliedsstaaten erforderlich sind. Denn die Grundanforderungen bilden nichts Anderes ab als die Sicherheitsanforderungen der Mitgliedstaaten.

Das ist eigentlich auch Ziel der Bauproduktenverordnung. Daher sollen die „Wesentlichen Merkmale von Bauprodukten in harmonisierten technischen Spezifikationen in Bezug auf die Grundanforderungen an Bauwerke festgelegt werden“ (Art. 3 Abs. 2 BauPVO). Die BauPVO zielt folglich darauf ab, nur Bauprodukte auf dem Binnenmarkt bereitzustellen, bei deren Verwendung alle Grundanforderungen in den einzelnen Mitgliedstaaten jeweils erfüllt werden können.

Gleichwohl darf man nicht erkennen, dass die BauPVO ebenso wie die vorherige BPR gar keine Sicherheitsanforderungen formuliert. Es handelt sich vielmehr um Gesetzgebung zur Förderung des Binnenmarktes, d. h. „Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten“. Die Förderung des Binnenhandels ist mit der Bauwerkssicherheit in den Mitgliedstaaten allerdings nur bedingt kompatibel. Denn sonstige (Verbraucher-) Produkte haben normalerweise – unabhängig von dem Einsatzort – den gleichen Einsatzzweck. Ihre Eignung ist daher absolut messbar. Das ist bei Bauprodukten anders. Denn die Sicherheitsstandards sind bei Bauwerken unterschiedlich. Daher können Bauprodukte in den Mitgliedstaaten völlig unterschiedlichen Anforderungen unterliegen. Es gibt also unterschiedliche und auch unverträgliche nationale Bestimmungen. Was in dem einen Land aus gutem Grund unabdingbar ist, ist in dem anderen Land aus guten Gründen verboten.

Derartige Probleme ließen sich zumindest begrenzen, wenn man sehr hohe Anforderungen an Bauprodukte stellen würde. Je höher allerdings die Anforderungen sind, desto geringer werden das Angebot, die Zahl der Hersteller und damit der Wettbewerb. Die EU-Kommission wollte daher unter dem Aspekt des Binnenmarktes auch kein zu hohes technisches Anforderungsniveau an Bauprodukte schaffen.

Um gleichwohl den Interessen aller Mitgliedstaaten zu genügen, sollten in den Normen vielmehr Stufen und (Leistungs-) Klassen festgelegt werden, so dass es unterschiedliche Qualitäten / Leistungen von Bauprodukten gegeben hätte und der Wettbewerb nicht beeinträchtigt worden wäre (vgl. Art. 6, Abs. 3 d, 26 Abs. 2, 27 BauP-VO, Erwägungsgrund 13 zur BauPVO).

Das Problem ist: Es gibt bis heute keine Normen, die solche Stufen und Klassen ausweisen. Auch sind viele der ab 2000 erstellten und veröffentlichten Normen nicht ausreichend, um sicherzustellen, dass bei ihrer Verwendung die Grundanforderungen an Gebäude in Deutschland (und anderen Mitgliedstaaten) erfüllt werden. Demzufolge sind die Schaffung des Binnenmarktes für Bauprodukte und die nationalen Anforderungen an die Bauwerkssicherheit tatsächlich in Konflikt geraten.

3 Nationale Ergänzungen in Deutschland

Deutschland hatte ausweislich der einheitlichen Regelungen in den Landesbauordnungen immer die Zuversicht, die EU-Kommission würde (nur) Normen zur Verfügung stellen, die nicht nur sämtliche erforderlichen Angaben/Eigenschaften, Schwellenwerte und Berechnungsverfahren, sondern auch die erforderlichen Stufen und (Leistungs-) Klassen beinhalten würden. Die Mitgliedstaaten hätten dann die Möglichkeit gehabt, national zu bestimmen, welche der Stufen und Klassen und damit Leistung/Qualität die Bauprodukte sodann für welchen Verwendungszweck zu erfüllen gehabt hätten. Auf diese Weise hätte das nationale Bauordnungsrecht harmonisierte Bauprodukte ohne weiteres in die nationalen Anforderungsprofile an Bauwerke implementieren können.

Nachdem die harmonisierten Normen, die bis 2013 noch unter Geltung der Bauproduktenrichtlinie (BPR) erstellt wurden, aber erhebliche Unzulänglichkeiten aufwiesen, stand man vor dem Problem, wie man die Bauwerkssicherheit gleichwohl gewährleisten konnte. Die erste Überlegung bestand darin, die Normen in einem förmlichen Verfahren, das die Bauproduktenrichtlinie vorsah (Art. 5 Abs. 2 BPR), zu beanstanden. Die Folgen wären aber unkalkulierbar gewesen. So hätte eine Vielzahl von Verfahren lange Zeit gedauert. Ein Zurückziehen der Norm hätte die Grundlage für die CE-Kennzeichnung rückwirkend vernichtet. Die infolge der Harmonisierung zurückgezogenen nationalen Normen hätten auch nicht mehr zur Verfügung gestanden. Außerdem hätte ein solches Vorgehen die Umsetzung der gesetzgeberisch angestrebten Ziele eines einheitlichen Binnenmarktes für Bauprodukte schwer beschädigt.

Deutschland hat sich daher in einem transparenten Verfahren dazu bekannt, die Mängel der Normen durch zusätzliche nationale Normen und auch Zulassungsverfahren auszugleichen. Diese sollten zurückgezogen werden, sobald die jeweiligen harmoni-

M. Halstenberg, Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt? - Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis

sierten Normen die Anforderungen der BPR erfüllten. Auf diese Weise sollte die Umsetzung der BPR gefördert und nicht etwa behindert werden.

4 Das Urteil des EuGH

Die EU-Kommission hat diesen Weg der „nationalen Nachbesserung“ aber nicht akzeptiert und Deutschland verklagt.

Mit Urteil vom 16.10.2014 hat der EuGH entschieden, dass die deutsche Praxis gegen EU-Recht in Form der Bauproduktenrichtlinie verstoßen hat, wonach durch Bestimmungen des Bauordnungsrechts der Länder (Bauregelliste B) zusätzliche nationale Anforderungen an sogenannte harmonisierte Bauprodukte festgelegt wurden. Diese Verfahrensweise führt dazu, dass rechtmäßig mit dem CE-Kennzeichen versehene Bauprodukte ohne die Erfüllung weiterer nationaler Anforderungen jedenfalls nicht generell verwendet werden könnten. Es sei den Mitgliedstaaten aber nicht gestattet, von ihnen erkannte inhaltliche Mängel einer harmonisierten technischen Spezifikation auf nationaler Ebene zu schließen und zwar selbst dann nicht, wenn die betreffende Norm keine ausreichende Sicherheit gewährleiste. Vielmehr seien in diesen Fällen die in der Bauproduktenrichtlinie geregelten Verfahren einzuleiten, die auf eine Streichung der Norm abzielen.

Die schlichte Erkenntnis aus dieser Rechtsprechung lautet wie folgt: wenn der Wille des Europäischen Gesetzgebers, in absehbarer Zeit einen einheitlichen Binnenmarkt zu schaffen, nicht durch die Mitgliedstaaten konterkariert werden soll, kann es nicht zulässig sein, dass jeder Mitgliedstaat mit dem Argument, die Sicherheit und Ordnung wahren zu müssen, zusätzliche Anforderungen für Produkte schafft. Das gilt auch, wenn es sich um Verwendungsregelungen handelt, die letztlich auf Produkteigenschaften abzielen. Denn Produkte die nicht verwendet werden können, können letztlich auch nicht vermarktet werden. Im Ergebnis werden damit die Sicherheitsanforderungen an das Bauprodukt allein durch die EN-Norm bestimmt.

Damit nimmt der EuGH – genau wie die Kommission – allerdings in Kauf, dass unzureichende harmonisierte Bauproduktionsnormen das nationale Sicherheitsniveau in den Mitgliedstaaten konkret beeinträchtigen.

5 Auswirkungen des Urteils

Deutschland hat angekündigt, seine bisherige Rechtslage an die Erfordernisse des Urteils anzupassen, d. h. nationale Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte ersatzlos zu streichen.

Aber auch die EU-Kommission hat sich durch das Verfahren auch selbst unter Druck gesetzt. Die Mitgliedstaaten haben die Kommission nunmehr verstärkt auf konkrete Versäumnisse hingewiesen. Bereits die 2014 durchgeführte Umfrage der EU-Kommission über die Umsetzung der BauPVO hatte zu einer Vielzahl von Hinweisen geführt, dass die von der Kommission über lange Jahre tolerierte Normungspraxis zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen geführt hat. Nicht ohne Grund hat die Kommission CEN unmittelbar nach dem Urteil aufgefordert, in Rede stehende Normen unverzüglich nachzubessern. Das gilt z. B. auch für die Dämmstoffnorm EN 13162, die Gegenstand des Klageverfahrens war. Damit muss die EU-Kommission letztlich auch eingestehen, dass die betroffenen bisherigen harmonisierten Normen bislang nicht den gesetzlichen Anforderungen genügen. Sie können daher auch Anlass für ein repressives Einschreiten der Mitgliedstaaten sein. Die Konsequenzen aus dem Urteil treffen die Kommission damit in weit größeren Umfang als die betroffenen Mitgliedstaaten. Denn die Umfrage dokumentiert auch, dass die Wirtschaft, einschließlich der KMU und des Handels, mittlerweile mit einem enormen Aufwand belastet wird, der in keinem akzeptablen Verhältnis zur Vorteil der CE-Kennzeichnung in der gegenwärtigen Form steht. Faktisch wird die erforderliche Überarbeitung der Normen aber Jahre wenn nicht Jahrzehnte dauern.

6 Neue gesetzliche Regelungen

Unmittelbare produktbezogene zusätzliche nationale Anforderungen und verpflichtende nationale Zulassungen soll es gleichwohl künftig nicht mehr geben können.

Die Gremien der Bauministerkonferenz haben daher für den Bereich der Verwendung von Bauprodukten neue Regelwerke entworfen, die momentan bereits zur sog. Notifizierung, einer Art Freigabeverfahren, der EU-Kommission vorliegen.

Kernstück ist die Änderung der Musterbauordnung (MBO), deren neue Regelungen die Länder anschließend in ihre jeweilige Landesbauordnung übernehmen sollen.

Danach dürfen Bauprodukte, die eine CE-Kennzeichnung tragen, verwendet werden, wenn die (in der Leistungserklärung) angegebenen Leistungen den Leistungen entsprechen, die Deutschland bauordnungsrechtlich festgelegt hat. Ist für die Verwendung eines Bauprodukts für einen bestimmten Zweck (z. B. konstruktiver Mauerwerksbau) eine bestimmte Druckfestigkeit erforderlich, so kann das Bauprodukt in Deutschland nur verwendet werden, wenn der von dem Hersteller in der Leistungserklärung angegebene Druckfestigkeitswert mindestens so hoch ist, wie in Deutschland geforderte. Der Verwender muss also die beiden Anforderungen miteinander vergleichen.

M. Halstenberg, Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt? - Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis

Die erforderlichen Angaben für Bauprodukte findet man künftig nicht mehr in den Bauregellisten oder in der Liste der eingeführten technischen Baubestimmungen, sondern in einer Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV-TB), die bereits im Entwurf vorliegt. Damit werden zum einen die generellen Anforderungen gem. §§ 3 ff. MBO konkretisiert. Zum anderen werden auch die erforderlichen Anforderungen an nicht harmonisierte Bauprodukte geregelt, die erfüllt sein müssen, damit bei deren Verwendung eine bauliche Anlage entsteht, die den Grundanforderungen entspricht. Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte soll die VV TB nicht mehr enthalten.

7 Ungeklärte Fragen und Probleme

Es gibt momentan keine „Navigationshilfe“ durch die neuen Regelungen. Die neuen Regelwerke der MBO und der VV TB sind aber nicht selbsterklärend. Gerade viele kleinere Planungsbüros und Baubetriebe werden mit der „kommentarlosen“ Einführung der neuen Regelwerke überfordert sein. Diesen wird oft nicht klar sein, dass es gerade für harmonisierte Bauprodukte – im Hinblick auf die bautechnischen Nachweise – letztlich Produktanforderungen geben kann, die sich nicht aus der VV TB ergeben.

Viele Regelungen der VV-TB beinhalten de facto noch Anforderungen an harmonisierte Bauprodukte, obwohl dies nicht zulässig ist. Insoweit bedarf es noch einer Überarbeitung. Der Anhang "ABG" regelt z. B. die Anforderungen an "Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz" und bezieht sich auf § 3 und § 13 MBO. Dieser betrifft "baulichen Anlagen". Tatsächlich beziehen sich aber nur die ersten drei Absätze der ABG auf bauliche Anlagen. Beginnend mit Absatz 4 werden de facto ausschließlich Anforderungen an Bauprodukte gestellt. Denn auch Bauteile, Bausätze und Baustoffe sind Bauprodukte i. S. d. BauPVO. Das ist rechtlich unzulässig. Weil aber die meisten harmonisierten Normen gar keine ausreichenden Regelungen in Bezug auf Inhaltsstoffe u. ä. enthalten, hat auch das Umweltbundesamt bereits vor einer erheblichen Regelungslücke in Bezug auf derartige Anforderungen gewarnt.

Offen ist vor allem die Frage, wie mit Bauprodukten zu verfahren ist, die harmonisiert (CE-gekennzeichnet) sind, und deren Leistungserklärung nicht alle Angaben enthält, die erforderlich sind, um die bautechnischen Nachweise ausreichend zu unterlegen.

Oftmals beruhen die bautechnischen Nachweise für die bauliche Anlage nämlich auf Produktangaben. Dabei kann der Fall eintreten, dass der Nachweis auf Grund der Bauwerksanforderungen (Brandschutz, Statik, Qualität der Innenraumluft) auf Produktangaben zurückgreift bzw. zurückgreifen muss, die von der EN-Norm und damit

**M. Halstenberg, Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt?
- Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis**

auch nicht von der Leistungserklärung erfasst sind (z. B. Druckfestigkeit bei einem statischen Nachweis).

In diesem Fall kann die Bauaufsichtsbehörde zwar keinen (zusätzlichen) Nachweis in Bezug auf ein Bauprodukt, aber in Bezug auf einen Bauwerksnachweis fordern (Beispiel: „Herkunft“ des in dem Standsicherheitsnachweis eingesetzten Wertes des Bauprodukts in Bezug auf die Lastannahme = Druckfestigkeit). Denn sonst ist der Standsicherheitsnachweis für die notwendige Nachweisführung in Bezug auf die Standfestigkeit des Bauwerks nicht ausreichend.

Der Bauherr muss dazu letztlich auf Angaben der Planer/Bauunternehmen und damit de facto auf Herstellererklärungen in Bezug auf die Bauprodukte zurückgreifen bzw. zurückgreifen können.

Um die notwendige Zuverlässigkeit dieser Angaben zu gewährleisten, kann es insbesondere eine Rolle spielen, ob diese „freiwilligen“ Angaben durch eine unabhängige Qualitätssicherung durch Dritte abgesichert sind. Die Zuverlässigkeit der Angaben kann vor allem dadurch gesteigert werden, dass die Herstellerangaben durch bewährte, möglichst zertifizierte oder sogar von der DAkkS akkreditierte Unternehmen geprüft bzw. kontrolliert werden.

Die Industrieverbände haben daher vor allem einen Konzept-Vorschlag „Anforderungsdokument & Herstellererklärung“ erarbeitet. Dabei sollen sog. Anwendungsdokumente künftig alle Anforderungen enthalten, deren Einhaltung der Verwender voraussetzen können muss, um die erforderlichen Bauwerksnachweise führen zu können. Auf der Grundlage des jeweiligen Anforderungsdokuments sollen die Hersteller ihre Produkte auf dem Markt bereitstellen.

Es wäre daher erstrebenswert, dass die Hersteller diese Produkteigenschaften (über die Leistungserklärung hinausgehend) auch künftig freiwillig erklären und deren Einhaltung – wie bisher – durch externe notifizierte oder auch akkreditierte Zertifizierungsstellen nachweisen. Mit dieser Regelung könnte wohl auch die Bauaufsicht leben.

Die Qualität eines solches Systems würde sich von dem bisherigen System nämlich nicht wesentlich unterscheiden. Denn auch die Prüfungen im Auftrag bzw. auf Veranlassung des DIBt sind von den betreffenden Prüfstellen schon bisher durchgeführt worden. Vor allem eine Akkreditierung könnte die Unabhängigkeit dieser Stellen weiterhin sicherstellen.

Im Ergebnis könnte der Bauherr verpflichtet somit sein, die Bauwerksnachweise auch künftig in einer „verlässlichen“ Form vorzulegen, denn es geht immerhin um „Si-

M. Halstenberg, Was kommt nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt?
- Das EuGH-Urteil und seine Konsequenzen für die Baupraxis

cherheitsnachweise“ vor allem zur Standsicherheit und zum Brandschutz. Dazu zählt bei sicherheitsrelevanten Fragen ggf. auch eine unabhängige Prüfung der vom Hersteller erklärten technischen Werte.

Aus Sicht des Bauherrn und auch der Ausführenden bestünde damit eine Notwendigkeit, künftig entsprechende zuverlässige Nachweise vom Hersteller zu verlangen. Die Bauproduktenverordnung verbietet es den Marktteilnehmern jedenfalls nicht, als Marktteilnehmer selbst Forderungen bzgl. der Bauprodukte zu stellen und / oder entsprechende Kaufvertragliche Vereinbarungen zu treffen, zumal es den Herstellern möglich ist, entsprechende Zertifikate von unabhängigen (Zertifizierungs-) Stellen zu erwerben. Damit käme es zu einem mehr vertraglich, d. h. zivilrechtlich geprägten System.

Der entsprechende Vertrag unter Einbeziehung eines Anwendungsdokuments würde den Hersteller bzw. Lieferanten jedenfalls verpflichten, ein Produkt zu liefern, bei dessen Verwendung der Verwender davon ausgehen darf, dass das Bauprodukt (in der geprüften Form) den öffentlich-rechtlichen Anforderungen an Bauprodukte (nicht an das Bauwerk) entspricht. Das ist inhaltlich kein großer Unterschied zur bisherigen Praxis. Denn es sollte nicht verkannt werden, dass auch das Ü-Zeichen kein Garant für sicheres Bauen ist bzw. war. Denn es gibt keine staatliche Kontrolle darüber, ob die „Serienfertigung“ der Bauprodukte tatsächlich mit dem geprüften Gegenstand übereinstimmt. Auch die Systeme zur Überprüfung und Überwachung der Leistungsbeständigkeit nach der Bauproduktenverordnung stellen im Wesentlichen auf Prüfungen der Hersteller und externer notifizierter Produktzertifizierungsstellen ab. Daher hängt die Zuverlässigkeit von Bauprodukten schon bisher von der Qualität der Herstellerangaben und der Qualität externer, z. T. zertifizierter Prüfinstitute ab.

Produkthaftung des Handwerkes für Fehler der Baustoffindustrie

U. Meiendresch
Aachen

Zusammenfassung

Der Handwerker ist nicht nur bei Ausführungsmängeln, sondern auch dann erheblichen Haftungsrisiken ausgesetzt, wenn ihm fehlerhafte Baustoffe, ungeeignete Baumaterialien oder auch ein falsches Bauteil geliefert werden. Für den damit regelmäßig einhergehenden Sachmangel haftet im Verhältnis zum Bauherrn das bauausführende Unternehmen, während diesem gegen den Lieferanten nach kaufrechtlichem Gewährleistungsrecht die Nachlieferung etwa des mangelfreien Bauteils bzw. der Baumaterialien zusteht. Nach geltender Rechtslage haften aber Baustoffhändler und Hersteller nur dann für die Kosten des Aus- und Einbaus sowie der Entsorgung des Baustoffs, wenn ein Verbraucher selber Vertragspartner war oder der Baustoffindustrie ein Verschulden nachgewiesen werden kann. Ein geplantes Gesetz könnte die Regressmöglichkeiten der bauausführenden Unternehmer erweitern und diese aufgeführte Hafungslücke schließen. Daneben drohen vielen Handwerkern Rechtsverluste aus §§ 377, 378 HGB.

1 Bauwirtschaftliche Situation

Handwerker stehen meist in unmittelbarer Vertragsbeziehung zum Bauherrn. Kommt es zu Bauschäden oder Sachmängeln am Bauwerk, so sind für eintretende Schwierigkeiten oder Konflikte Handwerker oder andere bauausführende Unternehmer vor Ort meist die ersten Ansprechpersonen. Handwerker geraten dann fast zwangsläufig in das Visier einer zivilrechtlichen Haftung des Bauherrn, selbst wenn aus bautechnischer Sicht nicht ein bloßer Ausführungsmangel, sondern eher der Fehler bei der Baustoffindustrie zu diskutieren ist. Damit sind Umstände gemeint, in denen etwa ein falsches Bauteil geliefert wird, das gelieferte Bauteil technisch fehlerhaft ist oder eine falsche Beratung oder Einbauanleitung durch Lieferant oder Hersteller erfolgt. Rechtstechnisch wird zunächst zu untersuchen sein, ob der Handwerker bzw. das bauausführende Unternehmen vor Ort haftet. Im zweiten Schritt soll überlegt werden, in welchen Fällen der haftende Unternehmer Rückgriff bei Unternehmen der Baustoffindustrie nehmen kann, also etwa dem Hersteller und dem Lieferanten. Interessant kann auch der Umfang des Regresses sein oder ob die Firmen Einfluss nehmen können auf die Haftung.

2 Haftung des bauausführenden Handwerkers

Die privatrechtliche Haftung des Handwerkers dem Bauherrn gegenüber richtet sich regelmäßig nach § 633 BGB oder § 13 VOB/B. Danach stellen die allgemein anerkannten Regeln der Technik die Grundlage für die Beurteilung der Werkleistung dar. Unterschreitet die Bauleistung diesen Maßstab kann der Bauherr regelmäßig mit großer Erfolgsaussicht Sachmängelrechte geltend machen, in der Regel Nachbesserung des Werkes oder Minderung des Werklohnes, häufig aber auch Schadenersatz oder Rückabwicklung des Vertrages, § 634 BGB. Eine technische Regel ist dann allgemein anerkannt, wenn sie aus Sicht der technischen Fachleute wissenschaftlich anerkannt, in der Praxis erprobt und bewährt ist [1] Werner/Pastor, Der Bauprozess, 15. Aufl., Rd. 1964; OLG Hamm, BauR 1997, 309 ff.. Am sichersten lässt sich eine Konkretisierung für das praktische Baugeschehen dadurch erreichen, dass man auf technische Regelwerke abstellt, die für das jeweils betroffene Gewerk Anforderungen an die Bauleistung enthalten. Solche Angaben finden sich in vielen technischen Regelwerken. Es stellt sich im Einzelfall aber immer die Frage, in welcher Beziehung solche Regelwerke zu den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ stehen. Insofern wird vielfach darauf hingewiesen, dass die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ alle überbetrieblichen technischen Normen umfassen. Als Konkretisierungsmöglichkeit kommen DIN-Normen (Deutsches Institut für Normung e.V.), ETB (Einheitliche Technische Baubestimmungen des Instituts für Bautechnik), VDI-Richtlinien (Verein Deutscher Ingenieure), VDE-Vorschriften (Verband Deutscher Elektrotechniker), etwa auch die Flachdachrichtlinie, mündlich überlieferte techni-

sche Regeln oder Herstellervorschriften/-richtlinien in Betracht, wenn diese eben unter den Fachleuten als anerkannt gelten [2] vgl. Kniffka/Koeble, Kompendium des Baurechts, 4. Aufl. Teil 6, Rd. 32.

Bauteile, Baustoffe und Baumaterialien, die ihre Funktion am Bauwerk nicht erfüllen, dürfen regelmäßig einen Sachmangel und damit eine Haftung des ausführenden Unternehmens begründen, wobei es auf ein Verschulden des Handwerkers regelmäßig nicht ankommen dürfte. Ob alleine eine fehlende Zulassung des Bauteils schon eine Haftung begründet, ist in Rechtsprechung und Schrifttum umstritten, wobei es sicher auch auf die genauen Umstände ankommt.

3 Rückgriff beim Baustofflieferanten

Im Falle der Haftung wird sich der Handwerker bzw. das bauausführende Unternehmen fragen, ob Rückgriffsansprüche gegen den Baustofflieferanten, der auch der Hersteller selber sein kann, vorliegen. Regelmäßig besteht eine kaufrechtliche Beziehung zwischen Bauhandwerker und Baustofflieferant, so dass Ansprüche aus dem bürgerlichen Kaufrecht in Frage kommen, §§ 433, 437 BGB. Fehlerhafte Bauteile oder von der Bestellung des Handwerkers abweichende Fehllieferungen werden häufig auch kaufrechtliche Sachmängel begründen. Anders als im Werkvertragsrecht hat der Käufer einer Sache nur einen Nacherfüllungsanspruch. Schadensersatz kann der Käufer des fehlerhaften Bauteils in Grundsatz nur beanspruchen, wenn dem Lieferanten ein Verschulden im Sinne der §§ 280, 276 BGB nachzuweisen ist. Bei der folgenden Betrachtung der problematischen Fälle ist der Regress des Unternehmers mit und ohne Verschulden des Baustoffhändlers zu untersuchen wie auch Ansprüche des Verbrauchers selber.

3.1 Rückgriff des Bauunternehmers bei fehlendem Verschulden des Lieferanten

Im Fall des BGH, Urteil vom 17.10.2012, VII ZR 226/11 [3] BauR 2013, 239, kaufte ein im Sportplatzbau tätiger Unternehmer U bei einem Baustoffhändler Granulat eines Herstellers zur Fertigung von Kunstrasenplätzen. Nach dem Einbau stellte sich die Mängelhaftigkeit des Granulats heraus. Die Lieferantin L stellte kostenlos Ersatzgranulat zur Verfügung, lehnte es aber ab, das mangelhafte Material aus- und das Ersatzgranulat einzubauen. U veranlasste daher den Einbau durch ein anderes Unternehmen und verlangte von L Ersatz der Aus- und Einbaukosten.

Der BGH verneint einen Schadensersatzanspruch aus §§ 280, 281 BGB, weil L als Zwischenhändlerin die Mängelhaftigkeit des Granulats nicht habe erkennen können. Ein Verschulden des Herstellers habe L nicht zu vertreten, weil dieser nicht ihr Erfüllungsgehilfe im Sinne des § 278 BGB sei. Eine darüberhinausgehende Verpflichtung der L zum Ausbau des mangelhaften Granulats und zum Einbau des Ersatzgranulats verneint der BGH. Diese Leistungen seien vom Nacherfüllungsanspruch auf Lief-

rung einer mangelfreien Sache nach § 439 Abs. 1 Alt. 2 BGB nicht umfasst, da es sich bei dem Vertrag nicht um einen Verbrauchsgüterkauf im Sinne des § 474 Abs. 1 BGB handle. Zur Begründung verweist der BGH darauf, dass § 439 Abs. 1 BGB der Umsetzung von Art. 3 Richtlinie 1999/44/EG diene. Die europäische Richtlinie beschränke sie sich auf ihren Anwendungsbereich somit den Kauf eines Verbrauchers und sei daher für gewerbliche Unternehmen nicht anzuwenden.

Mit diesem Urteil wird die Unterscheidung zwischen Verbrauchsgüterkaufverträgen und Kaufverträgen zwischen Unternehmern bzw. zwischen Verbrauchern deutlich. Der Baustoffe und Baumaterialien einkaufende Unternehmer hat nach § 439 Abs. 1 Alt. 2 BGB keinen Anspruch auf den Ausbau der mangelhaften Sache und den Wiedereinbau der mangelfreien Sache bzw. auf Erstattung der hierdurch verursachten Kosten. Der Handwerker kommt in der Tat in eine schwierige Situation, da er seinen Händler regelmäßig für die Ein- und Ausbaukosten nicht belangen kann, so dass diese Kosten bei dem Handwerker als wirtschaftlicher Schaden seiner Tätigkeit verbleiben.

3.2 Ansprüche eines Verbrauchers

Anders ist es im Fall des BGH, Urteil vom 21.12.2011, VIII ZR 70/08 [4] ZfBR 2013, 341. Dort kaufte ein Bauherr als nicht gewerblich tätiger Verbraucher direkt bei einem Baustoffhändler Bodenfliesen, die ein Handwerker aufgrund Werkvertrages einbaute. Erst nach der Verlegung fiel bei flächiger Sonneneinwirkung ein Polierfehler der Fliesen auf.

Der BGH spricht in dieser Konstellation dem Verbraucher die Ausbaukosten dem Grunde nach zu. Eine verschuldensunabhängige Haftung des Baustoffhändlers für die Ausbaukosten entspricht dem Urteil des EuGH vom 16.06.2011 [5] Ibr 2011, 400. Der Nacherfüllungsanspruch des Verbrauchers war zwar wegen der Besonderheiten des Einzelfalles auf eine Kostenerstattung in Höhe eines angemessenen Betrags beschränkt, weil nur ein optischer Mangel vorlag. In 2008 hatte der BGH, [6] Ibr 2008, 505, noch entschieden, dass der Verkäufer mangelhafter Parkettstäbe im Zuge der Nacherfüllung durch Ersatzlieferung mangelfreier Stäbe auch dann nicht verpflichtet ist, diese zu verlegen, wenn der Käufer die mangelhaften Stäbe bereits verlegt hatte. Der EuGH stellt entscheidend darauf ab, dass die Unentgeltlichkeit der Herstellung des vertragsgemäßen Zustands des Verbrauchsguts durch den Verkäufer ein wesentlicher Bestandteil des durch die Richtlinie gewährleisteten Verbraucherschutzes ist. Wenn im Falle der Ersatzlieferung der Verkäufer die Aus- und Einbaukosten nicht übernehmen müsste, würde der Verbraucher mit zusätzlichen Kosten belastet, die er bei ordnungsgemäßer Erfüllung durch den Verkäufer nicht hätte tragen müssen. Die Ersatzlieferung würde dann entgegen Art. 3 Abs. 2, 3 Verbrauchsgüterkaufrichtlinie 99/44/EG weder unentgeltlich noch "ohne erhebliche Unannehmlichkeiten für den Verbraucher" erfolgen. Die Übernahme der Kosten durch den Verkäufer entspricht dem Zweck der Richtlinie, ein hohes Verbraucherschutzniveau zu gewährleisten. Sie

führt auch nicht zu einem ungerechten Ergebnis. Vielmehr muss der Verkäufer die Folgen seiner Schlechterfüllung tragen.

Die Haftung der Baustoffindustrie geht also dem Verbraucher gegenüber weiter als gegenüber dem Bauunternehmer, weil Baustoffhändler bzw. Baustoffhersteller auch die Aus- und Einbaukosten tragen, wenn ein mangelhaftes Bauprodukt geliefert wird.

3.3 Regress des Handwerkers bei falschem Verarbeitungshinweis

Im Fall des BGH, Urteil vom 20.02.2013, VIII ZR 339/11 [7] BauR 2013, 1131, beauftragt der Auftraggeber (AG) den Auftragnehmer (AN) mit der Erstellung eines Fliesenbodens, dessen Fugen elektrisch ableitfähig sein sollen. Der AN beauftragt einen Nachunternehmer (NU) mit den Verlegearbeiten. Das Material für die Fugen kauft der AN selbst und stellt es dem NU zur Verfügung. Der Verkäufer (V) des Fugenmaterials weist den NU auf der Baustelle bei der Verarbeitung des Fugenmaterials an. Die Fugen sind mangelhaft, weshalb der AN Schadensersatz von V verlangt. Zum einen, weil V falsche Hinweise für die Verarbeitung gegeben habe. Zum anderen seien die Fliesen aber bereits mit zahlreichen Hohlstellen verlegt worden, weshalb eine Erneuerung des Fliesenbodens auch unabhängig von der Verfugung erforderlich sei. Der BGH sieht eine Haftung des V für den Schaden, der durch das fehlerhafte Fugenmaterial entstanden ist. Nach § 434 Abs. 2 Satz 2 BGB liegt bei einer zur Montage bestimmten Sache auch dann ein Mangel vor, wenn die Montageanleitung mangelhaft ist, es sei denn, die Sache ist fehlerfrei montiert worden. Der BGH stellt den mündlichen Verarbeitungshinweis des Verkäufers einer schriftlichen Montageanleitung gleich und bejaht daher einen Sachmangel, für den der Lieferant haftet. Die beiden Fehler wirkten sich im fertig gestellten Boden nebeneinander aus. Daher kommt es nicht darauf an, in welchem der beiden Arbeitsvorgänge zuerst ein Fehler unterlaufen sei. Der AN könne jedoch nicht in voller Höhe Ersatz von V verlangen, § 254 Abs. 1 BGB. Bei einem Verarbeiterhinweis haftet der Baustoffhändler mithin gegenüber dem bauausführenden Handwerker.

4 Gesetzgebungsvorhaben

Im Rahmen der anstehenden Baurechtsnovelle, dem sog. „Regierungsentwurf eines Gesetzes zur Reform des Bauvertragsrecht und zur Änderung der kaufrechtlichen Mängelhaftung vom 2.3.2016, BT-Drs. 18/8486“, ist eine Anpassung des Kaufvertragsrechts an die Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs geplant. Dabei geht es um die dargestellte Haftung, wenn mangelhaftes Material verbaut worden ist. In diesem Fall ist der ausführende Handwerker nach geltender Rechtslage verpflichtet, das mangelhafte Material wieder auszubauen und durch fehlerfreies zu ersetzen. Der Handwerker kann aber gegenüber dem Händler, von dem er das mangelhafte Material bezogen hat, nur dessen Ersatz verlangen und bleibt auf den Kosten für den Aus- und

Wiedereinbau sitzen. Dies soll mit dem Gesetzentwurf zugunsten des Handwerkers geändert werden.

Der Gesetzentwurf sieht vor, dass in § 439 BGB ein neuer Absatz 3 eingefügt wird, an den sich die bisherigen Absätze 3 und 4 als neue Absätze 4 und 5 anschließen. Der neue Absatz 3 soll lauten:

„(3) Satz 1: Hat der Käufer die mangelhafte Sache gemäß ihrer Art und ihrem Verwendungszweck in eine andere Sache eingebaut, ist der Verkäufer im Rahmen der Nacherfüllung verpflichtet, nach seiner Wahl entweder selbst den erforderlichen Ausbau der mangelhaften und den Einbau der nachgebesserten oder gelieferten mangelfreien Sache vorzunehmen oder dem Käufer die hierfür erforderlichen Aufwendungen zu ersetzen. Satz 2: Der Verkäufer ist auf den Aufwendungsersatz beschränkt, wenn

1. dem Ausbau der mangelhaften und dem Einbau der nachgebesserten oder gelieferten mangelfreien Sache durch den Verkäufer ein berechtigtes Interesse des Käufers entgegensteht oder
2. der Verkäufer nicht innerhalb einer vom Käufer bestimmten angemessenen Frist erklärt hat, dass er den Aus- und Einbau selbst vornehmen werde.“

Nicht nur Verbrauchern, sondern auch Unternehmern soll nach dem Gesetzgebungs-entwurf ein verschuldensunabhängiger Anspruch gegen den Lieferanten der mangelhaften Sache auf Ersatz der Ein- und Ausbaukosten zustehen. Der Anspruch beschränkt sich auf Fälle, in denen die Sache gemäß ihrer Art und ihres Verwendungszwecks eingebaut wurde, also etwa auf Baustoffe, Baumaterialien und Bauteile. Allerdings ist der Anspruch nach § 439 Abs. 3 Satz 3 BGB in Verbindung mit § 442 BGB ausgeschlossen, wenn der Käufer beim Einbau der Sache Kenntnis vom Mangel hat.

Auch der Baustoffhändler könnte sich nach der neuen Rechtslage bei seinem Lieferanten, also etwa dem Hersteller nach § 445 a BGB schadlos halten.

„§ 445 a. Rückgriff des Käufers. (1) Der Verkäufer kann beim Verkauf einer neu hergestellten Sache von dem Verkäufer, der ihm die Sache verkauft hatte (Lieferant), Ersatz der Aufwendungen verlangen, die er im Verhältnis zum Käufer nach zu tragen hatte, wenn der vom Käufer geltend gemachte Mangel bereits beim Übergang der Gefahr auf den Verkäufer vorhanden war.

(2) Für die in § 437 BGB bezeichneten Rechte des Verkäufers gegen seinen Lieferanten bedarf es wegen des vom Käufer geltend gemachten Mangels der sonst erforderlichen Fristsetzung nicht, wenn der Verkäufer die verkauft neu hergestellte Sache als Folge ihrer Mangelhaftigkeit zurücknehmen musste oder der Käufer den Kaufpreis gemindert hat.

(3) Die Absätze 1 und 2 finden auf die Ansprüche des Lieferanten und der übrigen Käufer in der Lieferkette gegen die jeweiligen Verkäufer entsprechende Anwendung, wenn die Schuldner Unternehmer sind.

(4) § 377 des Handelsgesetzbuchs bleibt unberührt.“

Eine wichtige Folgeänderungen enthält § 309 Nr. 8 b, cc) BGB des Entwurfes, der die Möglichkeit einschränken will, per Formularvertrag durch sog. Allgemeine Geschäftsbedingungen die gesetzliche Pflicht des Käufers, die für die Nacherfüllung erforderlichen Aufwendungen nach § 439 Abs. 2 und 3 BGB zu tragen oder zu ersetzen, auszuschließen. Andernfalls könnte sich der Baustoffhändler etwa im Rahmenvertrag mit den Handwerkern, die er beliefert, von seinen Pflichten wieder frei zeichnen. Diese Regelung gehört zu den großen Streitpunkten im Gesetzgebungsverfahren mit im Zeitpunkt der Abfassung dieses Aufsatzes (Ende Juli 2016) ungewissem Ausgang.

5 Genehmigungsfiktion §§ 377, 378 HGB

Eine ganz andere, offenbar nicht vom Gesetzgebungsvorhaben umfasste Haftungsfalle für bauausführende Unternehmen, also etwa auch Handwerker, betrifft §§ 377, 378 Handelsgesetzbuch (HGB). Nach diesen Vorschriften gilt eine gelieferte Ware als genehmigt, wenn der Handwerksbetrieb Kaufmann ist und die ihm zufallende Rügeobligieheit aus § 377 Abs. 1 HGB nicht erfüllt.

Kaufmann im Sinne der §§ 1 f. HGB sind kaufmännisch tätigen Parteien, wobei es nach § 6 HGB, § 13 Abs. 3 GmbHG ausreicht, wenn der Handwerksbetrieb in der rechtlichen Form einer GmbH geführt wird. Selbst die bei kleineren Bauunternehmern so beliebte Unternehmergegesellschaft (haftungsbeschränkt) gilt als Kaufmann [8] Roth/Altmeppen, GmbHG, 8. Aufl. § 5 a GmbHG Rd. 5. Ein gewerblicher Unternehmer ist also Kaufmann, wenn sein Betrieb eine bestimmte Größe hat, oder wenn er als Kaufmann oder als GmbH bzw. UG (haftungsreduziert) im Handelsregister eingetragen ist. Sodann unterliegt er der Untersuchungs- und Rügeobligieheit nach §§ 377 f. HGB.

Wird aufgrund eines Kaufvertrages Baustoff/Baumaterialien/Bauteile geliefert, gilt nach § 377 Abs. 2 HGB als genehmigt, wenn der bauausführende Unternehmer es unterlassen hat, zur Beurteilung, ob die von ihr erworbene Ware mangelhaft war, eine über die Sichtprüfung hinausgehende Untersuchung der Kaufsache vorzunehmen. Eine Untersuchung im Sinne von § 377 Abs. 1 HGB hat zu erfolgen, soweit sie nach einem ordnungsgemäßen Geschäftsgang tunlich, das heißt aufgrund der Umstände des konkreten Einzelfalles dem Käufer zumutbar ist. Was tunlich ist, bestimmt sich objektiv unter Berücksichtigung von Branche, Groß- bzw. Kleinbetrieb, Fachbetrieb bzw. Nichtfachbetrieb. Was die Art und Weise der Untersuchung von Bauteilen/Baustoffen anbetrifft, ergeben sich keine großen Unterschiede zu anderen Kaufgegenständen. Auch Bauteile bzw. Baustoffe gehören im Regelfall zu den Massenprodukten, bei denen eine gewisse Fehlerhäufigkeit nahezu unvermeidlich ist. Ferner

können mangelhafte Bauteile und Baustoffe große Bauschäden verursachen. Beides spricht dafür, dass Bauteile und Baustoffe besonders sorgfältig zu untersuchen sind. Notfalls muss ein Sachverständiger oder eine fachkundige Person mit der Prüfung der Bauteile bzw. Baustoffe beauftragt werden [9] vgl. BGH, WM 1975, 562.

Die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Untersuchung dürfen im Rahmen der notwendigen Interessenabwägung einerseits nicht überspannt werden; andererseits entbinden auch Schwierigkeiten der Entdeckung eines Mangels nicht von der Untersuchungspflicht [10] vgl. OLG Düsseldorf, Beschluss vom 20.04.2015 – I-22 U 11/15, 22 U 11/15 – m.w.N.. Zu beachtende Umstände des Einzelfalls sind insbesondere die Kosten, der technische bzw. organisatorische Zeitaufwand, eine etwaige Beschädigung der Sache, das Erfordernis technischer Kenntnisse, besonderer Vorkehrungen oder der Hinzuziehung eines Sachverständigen, die Gefährlichkeit der Untersuchung bzw. hohe Schäden bei bestimmungsgemäßer Verwendung, insbesondere für Leib und Leben [11] vgl. OLG Düsseldorf, Beschluss vom 20. April 2015 – I-22 U 11/15, 22 U 11/15.

So hat die Rechtsprechung etwa einen Bauunternehmer verpflichtet, die Abriebfestigkeiten eines Türlackes zu prüfen [12] OLG Nürnberg, 11.01.2005, 9 U 804/05, das Zement-Sand-Gemisch auf sog. Zementlinsen zu untersuchen [13] LG Aachen, Urt. vom 21.01.2016, 12 O 219/15, etwaige Fußabdrücke auf Multiplex-Verlegeplatten zu erkennen [14] OLG München, Urt. vom 25.07.2011, aber auch Heizmatten auf Hitzebeständigkeit zu testen [15] OLG Düsseldorf, NJW-RR 1997, 1344 ff..

Die lebendige Fassade

Th. Warscheid
Wiefelstede

Zusammenfassung

Angesichts des sich andeutenden Klimawandels und der vermeintlichen Rolle atmosphärischen Kohlendioxids bei dieser Entwicklung stellt sich die Frage, ob im Sinne des Klimaschutzes ausschließlich die Reduktion von Kohlendioxidemissionen einen sinnvollen Weg darstellen. In der biologischen Sichtweise der globalen Stoffkreisläufe stellt das Kohlendioxid mitnichten ein “Klimagift” dar, sondern ist als natürlicher Bestandteil der belebten Natur anzusehen. Durch den Prozess der Photosynthese von höheren Pflanzen und Algen wird Kohlendioxid in Biomasse gebunden, die in verschiedenster Hinsicht anderen Organismen als neue Energie- und Nährstoffgrundlage dient. In dem hier vorliegenden Beitrag sollen daher auf Grundlage der komplexen Zusammenhänge, Gedanken angeregt werden, ob die photosynthetischen Prozesse verstärkt im menschlichen Lebensraum genutzt werden können, um eine maßgebliche Reduktion von Kohlendioxidemissionen auf natürlichem Wege herbeizuführen.

Fassaden von Häusern und Gebäuden stellen im Normalfall einen regelrechten "Totraum" dar, der nach Möglichkeit aus ästhetischen Gründen keinen biogenen Be- wuchs aufweisen soll. Es bleibt allerdings kritisch zu hinterfragen, warum die sich hier bietenden Fassadenoberflächen, ähnlich wie die Dächer für Solaranlagen, nicht stärker für den gezielten und kontrollierten Aufwuchs von kohlendioxidbindenden Pflanzen und Algen genutzt werden können bzw. sollen.

Insbesondere an historischen Gebäuden kann die jahrhundertealte Verschmelzung von Mikroorganismen und Natursteinoberflächen beobachtet werden. Ob in moderaten Klimazonen, ariden und semiariden Klimaten oder unter feuchttropischen Bedingungen ermöglichen photosynthetisch-aktive Mikroorganismen je nach Art und Struktur der vorliegenden Baustoffe durch die von ihnen gebildete Biomasse den nachfolgenden Aufwuchs komplexer und stabiler Lebensgemeinschaften, die abhängig von den gegebenen Expositionsbedingungen intensive Stoffumwandlungen mit der Umgebung be- wirken [1].

Das ungewollte und unkontrollierte Wachstum von Algen und Pilzen auf Fassaden pro- faner Gebäude ergibt sich aus der natürlicherweise gegebenen Anpassungsfähigkeit der betreffenden Mikroorganismen in diesem eher unwirtlichen, trockenen und nährstoff- armen Umfeld zu leben. Durch die Eutrophierung der Atmosphäre mit stickstoffhaltigen Verbindungen sowie natürlichen wie anthropogenen Kohlenwasserstoffen, die Veränderungen des Makroklimas sowie bauphysikalische Veränderungen der Fassa- denoberflächen im Zuge der Energieeinsparung wird der Aufwuchs der unerwünschten Mikroorganismen bereits von außen gefördert; darüber hinaus verstärken organische bzw. polymerbasierte Baustoffe und Beschichtungen ohne ausreichenden bioziden Filmschutz, ein häufig konstruktionsbedingt mangelhafter Feuchteschutz wie auch die unzureichende Pflege und Erhaltung die biogenen Schadensprozesse an Fassaden.

Die photosynthetisch-aktiven Mikroorganismen an Fassaden lassen sich im Wesentli- chen in zwei große Gruppen unterscheiden, die "Grünalgen" und die "Cyanobakte- rien". Während die erste Gruppe vergleichsweise hohe Feuchtigkeitsansprüche besitzt und nahezu ausschließlich von der Energiegewinnung und Nährstoffbildung aus der Photosynthese abhängig ist, weisen die erdgeschichtlich älteren Cyanobakterien eine höhere Toleranz gegenüber Umweltschwankungen auf, die sie vor allen Dingen über variable Wachstumsformen und variantenreiche Stoffwechselumsetzungen erreichen. Mit der photosynthetisch angereicherten Biomasse gelangen auch Pilze auf die betref- fenden Baustoffoberflächen und können durch biooxidative und biokorrosive Scha- densprozesse Einfluss auf die Struktur der vorhandenen Werkstoffe nehmen. Im Zuge einer längeren ungestörten Exposition kann die Symbiose zwischen Algen und Pilzen im Weiteren zur Bildung von Flechten führen. In diesem Klimaxstadium mikrobieller

Lebengemeinschaften auf Fassadenoberflächen kommt es je nach Art der unterliegenden Baustoffe in der Regel zu einer Verlangsamung der biogenen Schadensprozesse, zumal die hydrophoben Flechtenhalli einen effektiven Regenschutz darstellen können.

Der aktuellen Problematik von unkontrollierten, biogenen Schadensprozessen und deren Vermeidung an Fassaden soll im Folgenden nunmehr eine gegensätzliche Sichtweise zum Ausdruck kommen, die den ungeahnten Nutzen eines kontrollierten Aufwuchses von photosynthetischen aktiven Mikroorganismen herausstellt.

Für den nun folgenden Gedankengang soll zunächst auf die Wissenschaft der Bionik verwiesen werden, die Anregungen aus der Natur über Analogieforschung und Ähnlichkeitsgesetze auf ihre Übertragbarkeit in die Technik prüft. Dabei gilt es nicht bloße Kopien oder "Blaupausen" der Naturphänomene herzustellen, sondern aus deren Prinzipien zu lernen. Urvater der Bionik war Leonardo da Vinci, der auf diesem Wege bereits vor 500 Jahren theoretische Modelle entwickelt hat, die erst in jüngerer Zeit technisch umgesetzt werden konnten.

Die Grundprinzipien natürlicher Systeme sind nach dem Verständnis der Bionik [2]:

- Integrierte Systeme statt additiver Konstruktionen
- Optimierung des Ganzen statt Maximierung eines Einzelelements
- Multifunktionalität statt Monofunktionalität
- Feinabstimmung gegenüber der Umwelt
- Energieeinsparung statt Energieverschleuderung
- Direkte und indirekte Nutzung der Sonnenenergie
- Zeitliche Limitierung statt unnötiger Haltbarkeit
- Totale Rezyklierung statt Abfallanhäufung
- Molekulare Selbstorganisation und Autoreparabilität
- Vernetzung statt Linearität
- Entwicklung im Versuchs-Irrtums-Prozess

Die technische Biologie unterteilt sich im wesentlichen in die Gebiete der Konstruktionsbionik, Verfahrensbionik und Informationsbionik. Allgemein bekannte, aber in der Regel nicht immer der Bionik zugeordnete Phänomene und technische Umsetzungen stellen, neben von den Insekten abgeschauten Systemen (Reiß- und Klettverschluss), die Schuppenfunktion von Kriechtieren (Langlaufski), die raue Haifischhaut (widerstandarme Beschichtungen) die detailliert Struktur des Vogelflügels (abgewinkelter Flugzeugflügel), die Delphinhaut (flexible Schiffsbeschichtungen), die Wabenstrukturen von Muscheln und Diatomeen (Leichtbau), filigrane Spinnennetze (hängende Dachkonstruktionen), leichtgewichtige Grashalme (Statik von Turmbauten), klimatisierte Termitenbauten (konvektive Luftbewegung) und das multifunktionale Fell des Polarbären (transparente Wärmedämmung) dar [3].

Im Falle des berühmten "Lotuseffekt" von Fassadenfarben (Lotusblume) oder "Chitosan" in Antifoulingbeschichtungen (Schalentiere, Korallen)) muss man allerdings eher von einer missverständlichen Ableitung der Naturphänomene im Sinne der Bionik sprechen. Während hier jeweils dynamische Schutzsysteme der Natur als Vorlage dienen, werden diese in der technischen Umsetzung in statische Systeme umgewandelt, die auf längere Sicht, mangels natürlicher Erneuerung, nur bedingt einen nachhaltig zufriedenstellenden Effekt zeigen können.

Mit dem Verstehen der Grundprinzipien natürlicher Systeme können also effektive Umsetzungen technischer Art bewerkstelligt werden; um dies für die Idee der lebendigen Fassade im Sinne der Natur umzusetzen, soll aber noch weiter ausgeholt werden.

Die Begründer der GAIA-Theorie begreifen die Erde als ein dynamisches Lebewesen. In der Biosphäre findet ein Kreislauf von Stoffen, Energie und Individuen statt, der von allen lebenden Organismen der Biosphäre gemeinsam getragen und stabilisiert wird und hierdurch die Fortdauer des Lebens auf der Erde garantiert. Mit anderen Worten: das Leben ist auf Planetariumsniveau organisiert. Alle Lebewesen sind Teil eines Ganzen und die Gesamtsumme der Lebewesen eine lebende Schicht der Erde [4].

Bis zum heutigen Zeitpunkt wurde kein Planet in unserem Sonnensystem und darüber hinaus gefunden, der eine tolerable Atmosphäre für die Entwicklung von Organismen bietet, wie wir sie kennen. Betrachtet man die Entwicklung der Erdatmosphäre seit der Entstehung der Erde, so wird deutlich, dass nicht immer diese lebensfreundlichen Verhältnisse vorgeherrscht haben und vor allem Mikroorganismen durch außergewöhnliche Stoffumsetzungen dafür gesorgt haben die heutigen Lebensbedingungen zu ermöglichen. Dazu gehören unter anderem der mikrobielle Abbau von Wasserstoff, Methan und Kohlendioxid sowie die Photosynthese, die nicht zuletzt für die Bildung von lebenswichtigen Sauerstoff unabdingbar notwendig war [5].

Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang den Cyanobakterien zu, die als erste Lebewesen auf dieser Erde bereits vor 3,5 Milliarden Jahre relevante Stoffumsetzungen in der Erdkruste vollzogen haben, die für die Entwicklung des Lebens, aber auch für den Aufbau von Lagerstätten für Rohstoffe und Energieträger von grundlegender Bedeutung waren.

Aus den Studien der Geophysiology wissen wir heute, dass die Erde ohne diese mikrobiellen Aktivitäten, d.h. allein auf Basis physikalischer und chemischer Prozesse, sich niemals zu dem lebenden Planeten entwickelt hätte, wie wir ihn heute vorfinden. Die Betrachtung geht sogar noch weiter: die chemische Zusammensetzung und das mechanische Verhalten der Landmassen, die Bewegung der Kontinente sowie die vertikalen und horizontalen Formationen, Deformationen und Bewegungen der Erdkruste sind Phänomene deren Ursache unmittelbar an Lebensprozesse gebunden sind. Die eingefangene und transformierte Sonnenenergie erzeugt chemische Ungleichgewichte innerhalb des äußeren Erdmantels; etwa 10 % der Erdmasse befindet sich damit unter der Kontrolle der Biosphäre, die den Austausch von Atomen und Molekülen mit dem inerten unbelebten Teil des Planeten aufrechterhält [6].

Betrachtet man die Gesamtheit der atmosphärischen Gase, die einen vermeintlichen Beitrag zur Klimaerwärmung leisten, so trägt Kohlendioxid vor allem aufgrund seiner absoluten Menge schätzungsweise gut zur Hälfte dazu bei. Während Methan, Fluor-chlorkohlenwasserstoffe und Stickdioxide zu weiten Teilen auf die anthropogene Industrialisierung und intensive Landwirtschaft zurückgehen und damit unmittelbar in der Hand der Menschheit liegen, bietet Kohlendioxid aufgrund seiner zentralen Rolle im weltweiten Kohlenstoffkreislauf die Möglichkeit, durch Intensivierung natürlicher Prozesse, abgebaut zu werden.

In diesem Zusammenhang bedarf es keiner besonderen technischen Innovationen, sondern lediglich im Sinne der Bionik, die gezielte Nutzung der Photosynthese in allen denkbaren Anwendungsbereichen zu verstärken und zu optimieren. Die Natur selbst hat diesbezüglich bereits auf die vermeintliche Erhöhung der Temperatur und Kohlen-dioxidkonzentrationen reagiert, sodass bis zum heutigen Zeitpunkt ein wesentlich höherer Flächenanteil auf der Erde von photosynthetischen aktiven Pflanzen erobert wurde.

In der Architektur und Stadtplanung werden Gebäudefassaden im Wesentlichen im Sinne der Ästhetik und weniger im Sinne einer möglichen Funktion betrachtet, wenn man von der verstärkten Nutzung der Photovoltaik einmal absieht, Fassadenoberflächen stellen im wesentlichen ungenutzten Totraum dar, sofern man ihn nicht mit klassischer Fassadenbegrünung zu verschönern sucht.

Die Vorteile der pflanzlichen Fassadenbegründungen liegen bei näherer Betrachtung auf der Hand. Durch die Photosynthese der Pflanzen wird Kohlendioxid abgebaut, aber auch Staub und Luftschadstoffe gebunden und gefiltert. Die Rankpflanzen gewährleisten eine effektive Schallabsorption und einen zusätzlichen Witterungsschutz, wobei durch Minderung von Temperaturschwankungen auch ein sommerlicher Wärmeschutz geboten wird [7].

Jedoch setzt die Nutzung von Fassadenbegründungen eine regelmäßige Pflege und kostenintensive Instandhaltung voraus, um etwaige Schäden durch überwuchernde Pflanzen und zerstörendes Wurzelwerk zu vermeiden. In diesem Sinne sind jüngst Systeme moderner Fassadenbegrünungen in der Entwicklung und Anwendung, die durch modulare Systeme und ausgewählte Pflanzen den Pflegeaufwand wesentlich erleichtern helfen.

In der Gesamtbetrachtung muss jedoch dennoch festgestellt werden, dass neben dem Verlust an solaren Gewinnen durch Verschattung der Aufwuchs von photosynthetisch aktiven Pflanzen die Fassadenbegrünung eine manuelle Rezyklierung und Kompostierung notwendig macht und darüber hinaus durch Pollen und Sporen sowie die Ansiedlung von Vögeln und Insekten ein mögliches allergenes Potential gegeben ist. Aber auch aufgrund der vergleichsweise geringeren Photosyntheseleistung bezogen auf die Fläche, scheint es daher interessant, den Gedanken auf die kontrollierte Nutzung von effizienten und optimierten Algenbioreaktoren zu lenken.

Die Algenbiotechnologie spielt weltweit bereits seit Jahren eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Futtermitteln, Nahrungsergänzungsmitteln, Pharmazeutika und Biokraftstoffen. Neben der Aufzucht und Gewinnung in flächigen Wasserbecken, sog. Ponds, hat in den letzten Jahren die Entwicklung von verschiedenen, raumsparenden Algenbioreaktoren rasant zugenommen. Die Anwendung entsprechender Systeme an Gebäudefassaden für den Abbau von Heizungsabgasen und die unmittelbare Umwandlung in Bioenergie ist ebenfalls bereits versucht worden. Dabei leiden jedoch die bislang eingesetzten Algenbioreaktoren noch an mangelnder Effizienz, da die Algen nur planktonisch in einer wässrigen Lösung aufgezogen werden und die Vorteile einer vergrößerten Ansiedlungs- und Wachstumsoberfläche, unter anderem durch mineralische Oberflächen noch verkannt werden.

In der Natur wachsen Algen vornehmlich in Form von Biofilmen auf entsprechenden Oberflächen und können so weitaus geschützter und effizienter ihre photosynthetischen Stoffumsetzungen bewerkstelligen und gebundene Biomasse aufbauen [8]. Mikrobielle Biofilme sind sessile Gemeinschaften mikrobieller Zellen, die irreversibel an ein Substrat anhaften und in eine Matrix von extrazellulären polymeren Substanzen (EPS) eingebettet sind. In Biofilmen zeigen mikrobielle Zellen im Vergleich zu plato-

nischen Zellen charakteristische, Phänotypveränderungen in Hinblick auf Wachstumsraten und Genexpression; entsprechend natürliche Biofilmen wurden bereits auf den zuvor angesprochenen historischen Gebäuden erwähnt.

Die Idee der lebendigen Fassade basiert nunmehr auf der gezielten Nutzung von mineralisch-bestückten Algenfestbettreaktoren, die der Photovoltaik gleich, dezentral am Gebäude direkt zum Abbau von Abgasen und zur Reinigung von häuslichen Abwässern eingesetzt werden können. Durch minimale Regelungstechnik und Pflege sowie geringem Energie- und Ressourcenaufwand kann so vermeintlich klimaschädliches Kohlendioxid in nutzbringende Biomasse umgewandelt und weiter sinnvoll genutzt werden [9]. Verbunden mit dem Gedanken des “Urban Gardening” kann die mikrobielle Biomasse zur Förderung des Pflanzenanbaus wie auch zur Fischzucht im Sinne des “Aquaponic” unmittelbar und dezentral genutzt werden.

Der hier dargelegte Beitrag soll demonstrieren, dass Nachhaltigkeit sowie Energie- und Ressourcenschonung nur im biologischen Zusammenhang und unter intelligenter Nutzung natürlicher Prozesse sinnvoll möglich ist. Politische Floskeln wie “Foot-Print”, “2 Grad Ziel” oder “Decarbonisierung” helfen wenig und unterstreichen (un)bewusst ein mangelhaftes Verständnis der globalen Zusammenhänge. Technikgläubigkeit mit dem Ruf nach “energy-performance” und “smart materials” greift dabei auf dem lebenden Planeten Erde zu kurz.

Natur weicht vor den Problemen von natürlichen Veränderungen und Wandlungen nicht zurück, sondern sucht Lösungen und Möglichkeiten in einer besseren Anpassung. In diesem Sinne soll mit diesem Beitrag für eine Vision geworben werden, bei der Hausfassaden nicht als funktionaler Totraum, sondern qualitativer aufwertbarer Lebensraum zu verstehen sind.

Die Vision lebendiger Fassaden ist bereits von vielen Architekten und Planern aufgenommen worden und es gibt weltweit die ersten Anwendungen. Es gilt nun diesen Visionen technische Systeme auf Basis natürlicher biologischer Prinzipien an die Hand zu geben, die nach Möglichkeit ohne großen technischen und logistischen Aufwand zur Lösung von wachsenden Problemen in Hinblick auf die klimatischen und ökologischen Veränderungen auf dem Planeten Erde in natürlicher Weise beitragen können.

Literatur:

- [1] Warscheid, Th. and Braams, J. (2000) Biodeterioration of Stones - a review. International Biodeterioration and Biodegradation 46, 343 - 368.
- [2] Nachtigall, W. (1997) Vorbild Natur, Springer-Verlag.
- [3] WWF - World-Wildlife-Fund (1991) Bionik - Patente der Natur, Pro-Futura-Verlag.
- [4] Lovelock, J. (1992) GAIA - Die Erde ist ein Lebewesen, Scherz- Verlag.
- [5] Negendank, F.W. (2001) Klima im Wandel - Die Geschichte des Klimas aus geobiowissenschaftlichen Archiven (in: Klima im Wandel, UWV/BTU Cottbus, Eigenverlag, S. 32-38)
- [6] Krumbein, W.E.: Geomikrobiologie, Vorlesungen und Schriften, Carl-v. Ossietzky-Universität Oldenburg
- [7] Pfoser, N. (2015) Fassadenbegrünung, Dissertation HS Nürtingen-Geislingen
- [8] Flemming, H.C.: Mikrobielle Biofilme, Vorlesungen und Schriften, IWW - GH Duisburg
- [9] Warscheid, Th. (2014) Verfahren und Vorrichtung zur Kultivierung von phototrophen Organismen (Europäisches Patent EP 2584030 A1)

WDVS - Untergründe und Systeme

A. Holm
München

Zusammenfassung

Die meisten der 18,8 Millionen Gebäude in Deutschland können durch effiziente Gebäudehülle und -technik so saniert werden, dass der Verbrauch um mehr als 2/3 verringert wird. Die Methoden dafür sind langjährig erprobt und haben sich bewährt. „Problemfälle“ unter den Wohngebäuden sind die Baujahre bis 1978, also die Gebäude, die vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (WSchV) errichtet wurden. Zahlenmäßig sind das in etwa 75% [Statistisches Bundesamt 2008]. Sie weisen somit, falls bisher an diesen Gebäuden keine Modernisierungsmaßnahmen vorgenommen worden sind, einen aus energetischer Sicht schlechten Standard auf. So sind beispielsweise nur 36 Prozent aller Außenwände gedämmte, 20% sind energetisch gesehen in einem schlechten Zustand.

Die gesamte Fassadenfläche, die in Deutschland theoretisch noch zu dämmen ist, liegt etwa bei 1,8 Mrd. m². Vier Fünftel davon können auf der Außenseite energetisch optimiert und mit einem Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) versehen werden. WDVS haben sich nun seit über fünf Jahrzehnten für die Wärmedämmung von Außenwänden bereits bewährt. In Deutschland wurde allein im Jahr 2011 eine Fassadenfläche von ca. 42,5 Mio. m² mit WDVS verlegt. Beim Neubau wie bei der Sanierung - besonders im Wohngebäudebereich - stellen Wärmedämmverbundsysteme die mit Abstand am häufigsten verwendete Form der Fassadendämmung dar [Schild et al. 2010].

1 Historie

1957 Uhr in Berlin wurde zum ersten Mal der Vorläufer eines heutigen Wärmedämmverbundsystems eingesetzt. Damals wurden die ersten Styroporplatten an die Außenwand geklebt und mit einem Putz versehen. Die damals eher intuitiv gefundene Lösung ist heute, 55 Jahre später, nicht mehr aus dem Fassadenbereich wegzudenken. Die inzwischen mehr als 800.000.000 m² verbauten WDVS haben eine einmalige Entwicklung hinter sich. Nach primären Anwendungen im Industriebereich kam der erste richtige Wachstumsschub im Wohnungsbau mit der ersten Energiekrise 1973/74 und mit der daraufhin verabschiedeten ersten Wärmeschutzverordnung. Die durchschnittliche Dämmstoffdicke der von Mitte der 70er Jahre bis Anfang der 90er Jahre verlegten WDVS der ersten Generation betrug nur 5,0 – 6,0 cm. Wohingegen heute statistisch bereits eine durchschnittliche Dämmstoffdicke von ca. 12 cm erreicht ist. (Alle Dämmstoffqualitäten, alle Anwendungen Fassade). Die Technologie hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich und praxisorientiert weiterentwickelt. In den ersten drei Jahrzehnten waren es vor allem EPS Hartschaumplatten und die Mineralwolle-Platten, die Anwendung und den Markt bestimmten. In den neunziger Jahren kam die Steinwolle-Lamelle dazu. Steinlamelle besteht aus den gleichen Grundsubstanzen wie Mineralwolle, der eigentliche Unterschied besteht in der Faserausrichtung der fertigen Dämmplatten. Bei herkömmlichen Mineralwolleplatten liegen die Fasern im montierten Zustand an der Fassade parallel zur Fassadenwand. Bei der Lamelle steht die Faserausrichtung der fertigen Platte senkrecht zu Fassade. Dadurch erhalten die Platten im montierten Zustand eine hohe Festigkeit - sowohl im inneren Gefüge als auch gegen Druck/Stoß von der fertigen Fassadenseite.

2 Flexibilität im System

Wärmedämmverbundsysteme zur außenseitigen Dämmung von Wänden und Decken bestehen aus speziell aufeinander abgestimmten Komponenten aus Kleber, ggf. Befestiger, Dämmstoff und Putzsystem (Unterputz, Armierung, Oberputz). Sie dürfen nur als Komplettsystem verwendet werden. Der Markt bietet hier ausreichend erprobte und geprüfte Produkte und Systeme an. Die Systemvielfalt ergibt sich aus der Verwendung unterschiedlicher Dämmstoffe und aus der Kombinationsmöglichkeit von Befestigung, Armierung und Oberflächengestaltungen (Tabelle 1). Als Wärmedämmstoffe im Wärmedämmverbundsystem dürfen nur Produkte aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum, Mineralwolle sowie andere, speziell für diesen Verwendungszweck genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe eingesetzt werden.

Tabelle 1: Systemvielfalt

Systemkomponente	Materialien
Dämmstoff	Die Marktanteile der Dämmstoffe für WDVS sehen wie folgt aus: Blockgeschäumtes Polystyrol und Perimeter erreichten eine durchschnittliche Verbreitung von 78%, Mineralwolle-Platten kommen auf 12% Marktanteil, Steinwolle-Lamellen auf 6,3%, andere Stoffe wie Mineralschaum, Polyurethan oder Holzfaser kommen zusammen auf etwa 1,7%.
Armierungsschicht (Grundputz)	dispersionsgebunden, Dünnenschicht zementgebunden, Normalschicht zementgebunden, Dickschicht Sonderausführungen
Schlussbeschichtung	Kunstharzputz, pastös Siliconputz, pastös Silikatputz, pastös Silikatleichtputz, Trockenmittel Mineralputz, Trockenmörtel Mineral-Leichtputz, Trockenmörtel Edelkratzputz, Trockenmörtel Flachverblender Keramische Bekleidungen

Um wegen dieser Kombinationsvielfalt den Planer und Handwerker die nötige Systemsicherheit zu geben, benötigen die WDVS eine gültige Zulassung in Form einer allgemein bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) durch das Deutsche Institut für Bau-technik (DIBt) Berlin oder eine europäische technische Zulassung (ETA) mit deut-schem Anwendungsdokument. Zu beachten ist auch, dass alle das WDVS betreffenden Komponenten von einem Systemlieferer geliefert werden.

3 Dauerhaftigkeit

Die Langzeitbewährung von WDVS wurde in Studien des Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen belegt [Künzel 2005, Künzel 2015]. Demnach ist die Lebenserwartung WDVS gedämmte Fassaden mindestens vergleichbar mit der Lebenserwartung herkömmlich verputzt Fassaden. Die Rissanfälligkeit des Außenputzes ist bei WDVS wegen der Entkopplungswirkung der Dämmschicht sogar geringer als bei unmittelbar verputzten Mauerwerk. Bei Beachtung von Details in der Planung, bei der Ausführung und Materialauswahl sowie in der Nutzungsphase kann das Risiko

von Algen und Pilzbefall deutlich reduziert werden. Ein großer Teil der Verunreinigung an Fassaden resultiert dabei nicht aus der Tatsache, dass ein WDVS angebracht ist. Vielmehr gelangen Algen und Pilze durch konstruktive Schwachstellen (z.B. durch benetzen mit ablaufenden Wasser) und externe Einwirkung auf die Fassade breiten sich dort weiter aus.

4 Vorhandene WDVS effektiv sanieren oder modernisieren

Auf Grundlage von Expertenschätzungen und Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (IBP) ist die Standzeit von Wärmedämm-Verbundsystemen bis zu deren Überarbeitung auf ca. 25 bis 30 Jahre anzunehmen. Begründet ist dies in der natürlichen mechanischen und chemischen Alterung von Bauteiloberflächen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen ist von einem bestehenden und weiterwachsenden Modernisierungspotential bei Wärmedämm-Verbundsystemen der ersten Generation auszugehen.

Die Aufdopplung von WDVS-Altsystemen stellt im Rahmen der Modernisierung der Gebäudehülle eine Alternative zum arbeitsintensiven und kostspieligen Weg des Abrisses von Altsystemen dar. Ein aufwendiger Abtrag, eine entsprechende Entsorgung und ein anschließender kompletter Neuaufbau sind bei diesem Verfahren nicht notwendig. Zur Anpassung des Gesamtsystems an die heutigen Anforderungen in Bezug auf den Feuchte-, Brand-, Schall- und Wärmeschutz, stellt die Aufdopplung eine Verbesserung des ursprünglichen Soll-Zustandes durch die Integration des Altsystems in das Neusystem dar. Das Altsystem kann ohne große Veränderung in seiner Wirkungsweise zusätzlich genutzt werden. Im Gegensatz zu anderen Modernisierungsverfahren ist dies somit deutlich einfacher und preiswerter.

Für die Aufdopplung mit bauaufsichtlich zugelassenen Wärmedämm-Verbundsystemen kommen grundsätzlich alle Gebäude mit vorhandenem WDVS an der Fassade für eine zusätzliche Aufdopplung in Frage. Baurechtlich geeignet sind jedoch nur diejenigen, deren bauseits vorhandenes WDV-Altsystem in sich stand sicher ist und mit Dämmstoffplatten aus Polystyrol-Hartschaum (EPS), Mineralwolle (MW) oder Mineralwolle-Lamellen (MW-L) und Putzbeschichtung bestehen.

Diese müssen ihrerseits auf Mauerwerk oder Beton mit oder ohne Putz, als geklebt oder geklebt und gedübeltes System, seinerzeit appliziert worden sein. Eine Aufdopplung von vorhandenen Systemen mit mechanischer Befestigung (Schienensystem) oder mit anderen Dämmstoffarten sind mit bauaufsichtlich zugelassenen WDVS des Zulassungsgegenstandes „Aufdopplung“ nicht möglich.

Die zulässige Dämmstoffdicke (Tabelle 2) des Gesamtsystems (alt und neu) darf dabei 200 mm nicht überschreiten, ausgenommen sind davon Gesamtsysteme auf Basis EPS oder EPS aufgedoppelt auf HWL-Platten, für welche eine Gesamtdämmstoffdicke von 400 mm zulässig ist.

Tabelle 2: Zulässige Gesamtdämmstoffdicke in Kombination der möglichen Systeme

Dämmstoff des Neusystems	Dämmstoff des Altsystems		
	EPS-Platten	MW-Platten, MW-Lamelle	HWL-Platten
EPS-Platten	≤ 400 mm	≤ 200 mm	≤ 400 mm
MW-Platten, MW-Lamelle	≤ 200 mm	≤ 200 mm	≤ 200 mm

5 Ist-Zustand Analyse

Die Planung von Maßnahmen zur Überarbeitung von WDVS-Altsystemen sollte auf einer gründlichen Analyse des Ist-Zustands von Wandaufbau und Altsystem aufbauen. Für die Aufdopplung geeignet sind Untergründe und Altsysteme deren Standsicherheit sowie Tragfähigkeit für eine WDVS-Aufdopplung durch partielle Sondierungs- bzw. Bauteilöffnungen und entsprechende Beurteilung eines Sachkundigen nachgewiesen wurden. Notwendig ist dies, da das Altsystem den Abtrag der Schubkräfte unter Berücksichtigung der zusätzlichen Eigenlasten gewährleisten muss. Gängige Praxis ist dabei das Alt-WDVS mit fünf repräsentativen Stellen mit jeweils etwa 0,5 m² großen „Beurteilungsfenstern“ zu versehen. Im Rahmen der Ist-Zustand Analyse sind zusätzlich das Eigengewicht des Altsystems, insbesondere des Putzsystems, sowie die vorhandene Dämmstoffdicke bzw. HWL-Plattendicke zu ermitteln. Das max. Gesamtgewicht (trocken) des Alt- und Neuputzsystems darf ca. 30 kg/m² nicht überschreiten. Zusätzlich ist bei Gesamtdämmstoffdicken > 200 mm das Putzgewicht (nass) des Neusystems auf 22 kg/m² beschränkt. Bei vorhandenen, sichtbaren Schäden, wie z. B. Rissen oder Abplatzungen ist eine wesentliche Aufgabe der Zustandsanalyse die Ermittlung der Ursachen für das Schadensbild. Neben der Aufnahme systemtechnischer Aspekte sollte die Ist-Zustand Analyse die Erfassung aller evtl. schadensauslösenden Faktoren baulicher Art, wie z. B. mangelhafte Wasserführung, undichte Anschlüsse oder unzureichende Dachüberstände umfassen.

6 Planung WDVS-Aufdopplung

Aufbauend auf der Beurteilung der Ist-Zustand Analyse muss entschieden werden, ob das WDVS-Altsystem für eine direkte Aufdopplung geeignet ist oder Zusatzmaßnahmen zur Ertüchtigung des WDVS-Altsystems zu planen sind. Beispielhafte Zusatzmaßnahmen zur Ertüchtigung ist die zusätzliche Dübelung der ersten Dämmplattenlage, das Entfernen des Altplatzsystems oder der Austausch von schadhaften Dämmplatten.

7 Feuchteschutz

Vor der Aufdopplungsmaßnahme ist sinnvollerweise eine bauphysikalische Beurteilung des vorhandenen Wandaufbaus vorzunehmen. Der Nachweis des klimabedingten Feuchteschutzes hat nach DIN 4108-3 zu erfolgen. In der Regel, werden bei einem Nachweis keine nachteiligen Eigenschaften auftreten, denn sowohl wärme- als auch feuchteschutztechnisch wird der Bestand aufgewertet, d. h. die Ausgangssituation wird immer besser.

Durch hygrothermische Berechnungen mit dem Programm WUFI wird im Folgenden der Einfluss einer derartigen nachträglichen Dämmmaßnahme auf den Feuchtehaushalt ermittelt. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten für die Kombination von Mauerwerk, Altbestands-WDVS und zur Aufdoppelung einsetzbarem neuem WDVS, die mit sinnvollem Aufwand nicht alle berechnet werden können. Aus diesem Grund werden Varianten ausgewählt, die zum einen das zu erwartende Spektrum an Kombinationen abdecken, aber die aus feuchtetechnischer Sicht jeweils möglichst ungünstigsten aber noch realistischen Varianten darstellen. Falls die rechnerischen Untersuchungen keine feuchtetechnischen Probleme ergeben, kann somit davon ausgegangen werden, dass alle anderen Kombinationen ebenfalls unbedenklich sind.

Bei den Berechnungen wird als Ausgangsvariante ein 24 cm dickes Mauerwerk zugrunde gelegt. Als Innenoberfläche dient ein Gipsputz. Die zugrunde gelegten Varianten von Altbestands-WDVS und zur Aufdoppelung einsetzbaren neuen WDVS sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Alle notwendigen Materialkennwerte werden, sofern nicht nachfolgend angegeben, der WUFI®-Materialdatenbank entnommen.

Tabelle 3: Varianten von Altbestands-WDVS und zur Aufdoppelung einsetzbaren neuen WDVS

Var.	U-Wert [W/m ² K]	Bestehendes System			Aufgedoppeltes System		
		Dämmstoff	Dicke [mm]	Putzsystem	Dämmstoff	Dicke [mm]	Putzsystem
1	0,14	MW	80	mineralisch	MW	120	mineralisch
2	0,14	MW	80	mineralisch	MW	120	Kunstharz
3	0,18	MW	80	mineralisch	MW	60	Kunstharz
4	0,14	MW	80	mineralisch	EPS	120	mineralisch
5	0,14	MW	80	mineralisch	EPS	120	Kunstharz
6	0,14	MW	40	mineralisch	EPS	160	mineralisch
7	0,11	EPS	40	mineralisch	EPS	260	mineralisch
8	0,14	EPS	40	mineralisch	EPS	160	Kunstharz
9	0,14	EPS	40	mineralisch	MW	160	mineralisch
10	0,14	EPS	40	mineralisch	MW	160	Kunstharz
11	0,14	EPS	40	Kunstharz	MW	160	Kunstharz

Es wird überprüft, ob es infolge der Aufdoppelung der WDVS-Systeme langfristig zu partiellen Feuchteanreicherungen kommen kann. Die Wassergehaltsverteilung in den einzelnen Materialschichten, vorrangig in den WDVS und den Außenputzen, wird jeweils für das 5. Jahr nach der Aufdoppelung grafisch dargestellt und dem Verlauf der Materialien vor der Aufdoppelung gegenübergestellt.

8 Feuchtehaushalt des bestehenden Systems vor und nach der Aufdoppelung

Der Feuchtehaushalt der einzelnen Materialien des bestehenden Systems, speziell des Mauerwerks, der Dämmung und des Außenputzes, vor und nach der Aufdoppelung wird miteinander verglichen. Dargestellt wird jeweils das 5. Jahr des bestehenden Systems vor der Aufdoppelung und das 5. Jahr nach der Aufdoppelung. Der Feuchtehaushalt des Innenputzes wird maßgeblich vom Innenklima bestimmt und ist hier nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Der Wassergehalt des Mauerwerks vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 1 bis 3 ist in Abbildung 1 und für die Varianten 4 und 5 in Abbildung 2 dargestellt. Infolge der Aufdoppelung nimmt der Wassergehalt im Mauerwerk nur unwesentlich zu.

Es ergeben sich typische jahreszeitliche Schwankungen des Wassergehaltes von 0,5 Vol.-% bis maximal 1,3 Vol.-%. Bei Verwendung von Polystyrol im aufgedoppelten WDVS-System (Varianten 4 und 5) ist der Wassergehalt im Mauerwerk im Frühjahr geringfügig höher als bei Verwendung von Mineralwolle (Varianten 1 bis 3).

Bimsbeton vor und nach der Aufdoppelung im 5. Jahr

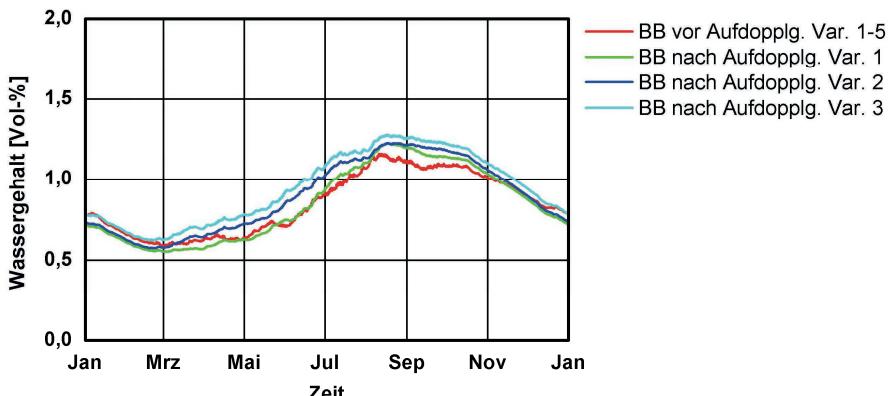


Abbildung 1: Verlauf des Wassergehaltes des Mauerwerks (BB) vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 1 bis 3

Bimsbeton vor und nach der Aufdoppelung im 5. Jahr

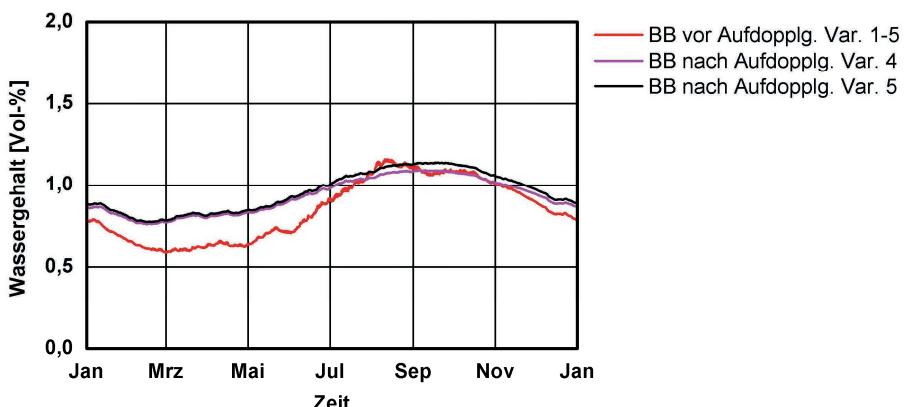


Abbildung 2: Verlauf des Wassergehaltes des Mauerwerks (BB) vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 4 bis 5

Dämmung des bestehenden Systems (Mineralwolle)

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen den zeitlichen Verlauf des Wassergehaltes der Mineralwolle des bestehenden Systems für die Varianten 1 bis 3 bzw. 4 bis 5 vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung. Nach der Aufdoppelung ergibt sich ein sehr geringer Wassergehalt von unter 0,15 Vol.-% mit deutlich geringeren zeitlichen Schwankungen.

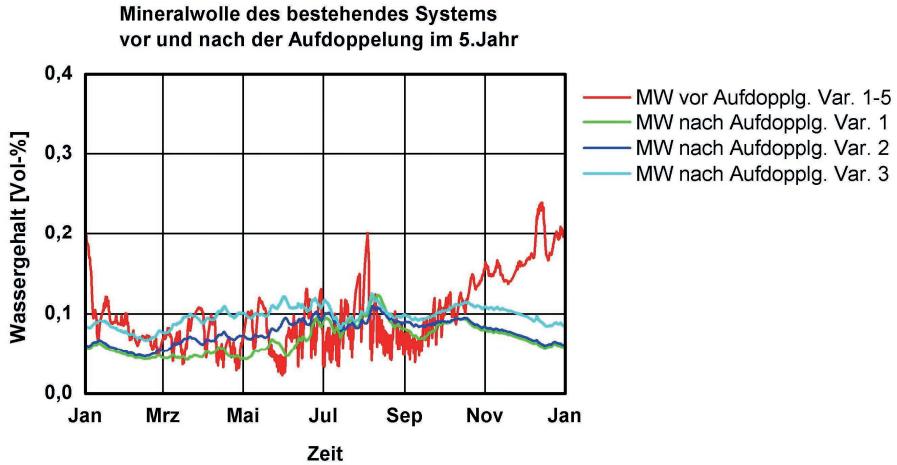


Abbildung 3: Verlauf des Wassergehaltes der Mineralwolle (MW) des bestehenden Systems vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 1 bis 3

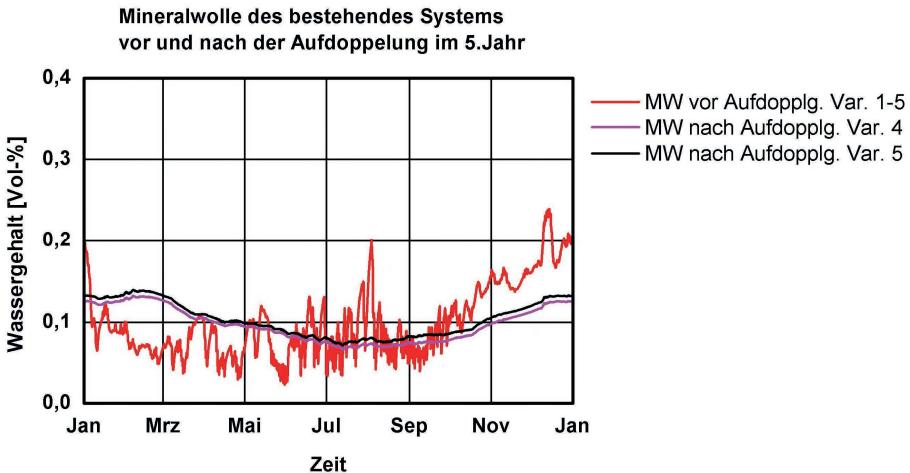


Abbildung 4: Verlauf des Wassergehaltes der Mineralwolle (MW) des bestehenden Systems vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 4 bis 5

Die Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen den zeitlichen Verlauf des Wassergehaltes des Polystyrols des bestehenden Systems für die Varianten 6 bis 8 bzw. 9 bis 11 vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung. Nach der Aufdoppelung ergibt sich ein sehr geringer Wassergehalt von maximal 0,1 Vol.-%.

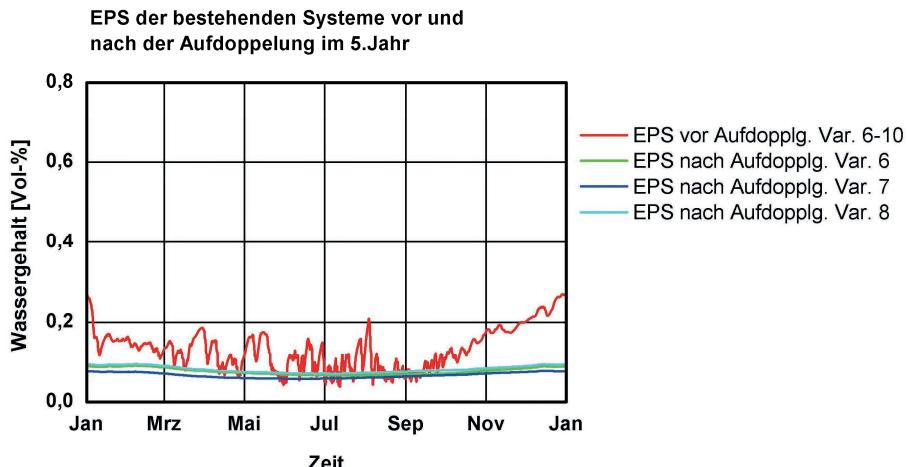


Abbildung 5: Verlauf des Wassergehaltes des Polystyrols (EPS) des bestehenden Systems vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 6 bis 8

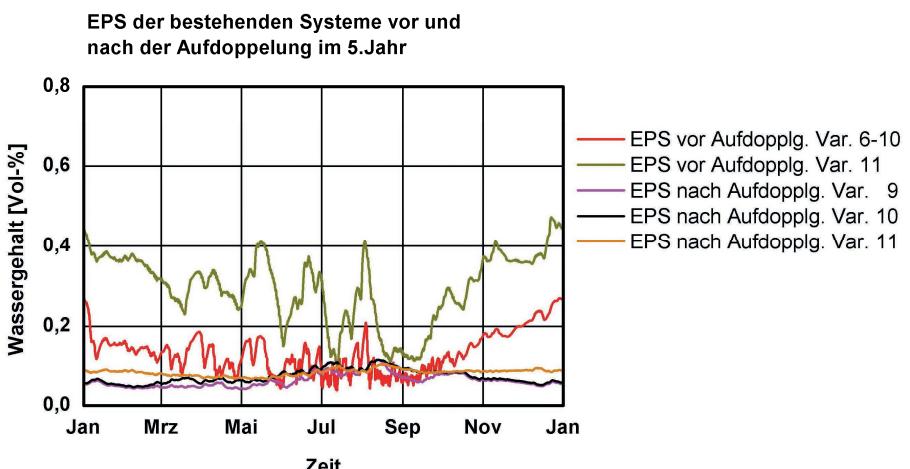


Abbildung 6: Verlauf des Wassergehaltes des Polystyrols (EPS) des bestehenden Systems vor und im 5. Jahr nach der Aufdoppelung für die Varianten 9 bis 11

9 Beurteilung der Ergebnisse

11 Bauteilvarianten mit aufgedoppeltem WDVS werden mit Hilfe eindimensionaler Berechnungen in Bezug auf das feuchtetechnische Verhalten beurteilt. Die Berechnungen zeigen, dass sich in den einzelnen Materialschichten, bis auf die Außenputze (witterungsbedingt), aller Varianten relativ geringe mittlere Wassergehalte ergeben. Die Wassergehalte in den Dämmsschichten liegen weit unter 2 Vol.-% und damit bei einem Niveau, bei dem noch keine Absenkung der Dämmwirkung zu erwarten ist. Bis auf die Varianten 2 und 3 sowie 10 und 11 sind bei keinem der untersuchten Systeme feuchtetechnische Probleme zu erwarten. Diese Varianten sind dadurch gekennzeichnet, dass hierbei auf eine Mineralwollädämmung mit einem Kunstharzputz außen eine relativ diffusionsdichte Beschichtung aufgebracht ist. Dies führt dazu, dass sich vor allem im Winter an der Grenzfläche zwischen Mineralwollädämmung und Außenputz zeitweise hohe Feuchtegehalte ergeben und der Außenputz Wassergehalte erreichen kann, die oberhalb der freien Wassersättigung liegen. In diesem Übergangsbereich kann es langfristig zu einer Schwächung des Verbundes zwischen Putz und Dämmstoff und damit zu entsprechenden Schadensbildern kommen.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Wohnsituation 2008. und Gebäude und Wohnungen Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden, Abgang von Wohnungen und Wohngebäuden, Lange Reihen ab 1969 - 2008'. Stand 10.6.2008
- [2] Schild, K., Weyers, M., Willems, W. M.: Handbuch Fassadendämmssysteme - Grundlagen, Produkte, Details. 2. überarbeitete Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2010.
- [3] DIN EN 13501-1: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten. Januar 2010.
- [4] Künzel, H.; Künzel, H.M.: Besser als ihr Ruf - Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen; Malerblatt, Vol.76 (2005), No.11, pp.24-27
- [5] König, H., Kohler, N., Kreißig, J., Lützkendorf, T.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung – Grundlagen, Berechnung, Planungswerzeuge. Detail Green Books, Institut für internationale Architekturdokumentation GmbH & Co. KG, München, 2009.

(Leerseite)

WDVS-Algenwachstum

J. von Werder
Wismar

Zusammenfassung

Studiert man Algenbewüchse auf Fassaden, so zeigt sich deutlich, dass die Algen stets an Oberflächen auftreten, die sich durch ein erhöhtes Feuchtigkeitsangebot auszeichnen. Im Zusammenhang mit der starken Verbreitung von Wärmedämmverbundssystemen kam es ab Mitte der 90er Jahre zu einem sprunghaften Anstieg von flächigen Bewüchsen. Ursache ist, dass sich auf den nach der Dämmung kalten Wetterschutzschichten die Trocknungsbedingungen nach Schlagregen oder der Bildung von Kondenswasser deutlich verschlechterten.

Seit vielen Jahren wird dem Problem mit thermischen, hygrischen und chemischen Anti-Algen-Strategien versucht, zu begegnen. Die langfristige Wirksamkeit der unterschiedlichen Ansätze kann dabei nur durch Freibewitterungsversuche und in begrenztem Umfang durch numerische Simulation des instationären gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports überprüft werden.

Für die objektive Auswertung des Algenbewuchses auf Prüfkörpern erweist sich die Messung der Chlorophyllfluoreszenz als sehr gut geeignet. Aufgrund der beobachteten Wachstumskinetik kann die erforderliche Versuchsdauer jedoch nur unwesentlich verkürzt werden.

Sollen thermische oder hygrische Anti-Algen-Strategien mit einem Simulationstool wie WUFI® evaluiert werden, so sollte direkt die Verfügbarkeit von freiem Wasser auf der Fassadenoberfläche und nicht die Dauer der Taupunktunterschreitung als Bewertungsmaßstab herangezogen werden. Eigene Simulationen in Kombination mit Freibewitterungsversuchen zeigen, dass bei einer primären Belastung der Fassadenoberflächen durch Tauwasser saugfähigere Putzsysteme überlegen sind.

1 Einführung

Durch Algenwachstum hervorgerufene grün-schwarze Verfärbungen treten grundsätzlich auf allen Oberflächen auf, die sich durch eine hohe Beaufschlagung mit flüssigem Wasser in Form von Schlagregen und Tauwasser auszeichnen. Da gut gedämmte Fassaden geringe Oberflächentemperaturen aufweisen und so der Trocknungsprozess nach Befeuchtung verlangsamt wird, kam es im Zuge der großflächigen energetischen Sanierung zu einem sprunghaften Anstieg von Schadensfällen. Aufgrund der hohen Verbreitung der Wärmedämmverbundsysteme und der guten Sichtbarkeit der Bewüchse auf den in der Mehrzahl hellen, sehr homogenen Putzoberflächen wird Algenwachstum heute hauptsächlich im Kontext von WDVS-Fassaden diskutiert. Die sich abzeichnenden Dübelköpfe zur Befestigung der Dämmpfatten zeigen, dass bereits geringfügig höhere Oberflächentemperaturen ausreichen, um Algenwachstum lokal zu verhindern (Bild 1).

Im folgenden Beitrag werden die hygrischen Belastungen der Fassade erläutert und verschiedene Anti-Algen-Strategien diskutiert. Dabei wird insbesondere auch darauf eingegangen wie die Ansätze zur Vermeidung von Algenwachstum evaluiert und validiert werden können.



Bild 1: WDVS-Fassade mit Algenbewuchs und sich abzeichnenden Dübelköpfen

2 Hygrische Belastungen der Fassade

Wasser in flüssiger Form gelangt durch Schlagregen, Nebel und Kondensation auf die Fassade. Die Schlagregenmenge ist abhängig von einer Vielzahl von Faktoren wie geographische Lage, Geometrie des Gebäudes, Topologie der Umgebung, Position auf der Fassade, Windgeschwindigkeit und -richtung, Regenintensität und -dauer sowie

Tropfengrößenverteilung. Mit dem Wind an die Fassade getragene Regentropfen haben eine Größe von 0,5 – 6,4 mm [1].

Tauwasser entsteht vorwiegend in klaren Nächten. Im Gegensatz zu Wolken sind die Atmosphärengase weniger effiziente langwellige Strahler und können die Bauteilabstrahlung in den Nachthimmel nicht kompensieren. Dadurch entsteht im atmosphärischen Gesichtsfeld ein Strahlungsdefizit und die Oberflächentemperatur fällt gegebenenfalls unter die Taupunkttemperatur. Die Tauwassermenge hängt ab von der Differenz zwischen Oberflächen- und Taupunkttemperatur, vom Temperaturniveau und von der Windgeschwindigkeit an der Fassade. Die Größe der Tautropfen reicht von 1,5 bis 100 µm. Sie sind damit mindestens um den Faktor 5 kleiner als Tautropfen. Durch Vordächer kann das atmosphärische Gesichtsfeld und damit die langwellige Strahlung von der Fassade in Richtung Atmosphäre reduziert oder gänzlich verhindert werden (Strahlungsschatten).

Bei Nebel handelt es sich um in der bodennahen Luftsicht kondensierten Wasserdampf. Die Tropfengrößen sind abhängig von der Nebelart und reichen von 10 bis 100 µm.

3 Anti-Algen Strategien

Die Strategien zur Vermeidung von Algenbewuchs lassen sich in thermische, hygrische und chemische Ansätze unterteilen.

Die thermische Strategie setzt auf eine Reduzierung der Kondensatbildung durch Erhöhung der Oberflächentemperatur. Getestet wurden infrarotreflektierende bzw. niedrigemittierende Anstriche, Dickschichtsysteme und die Zugabe von Phase Change **Materials** (PCMs) in die Putzschicht. Während sich die infrarotreflektierenden Anstriche als nicht witterungsstabil erwiesen haben [2], liegt das Problem bei den PCMs bei der Wahl des richtigen Schmelzpunktes. Die Schwankungen in den klimatischen Randbedingungen verhindern, dass Kondenswasser kontinuierlich verhindert werden kann. Die Oberflächentemperatur von Dickputzen fällt nach einem sonnigen Tag zwar abends später unter die Taupunkttemperatur. In den Morgenstunden tritt dann jedoch der gegenteilige Effekt auf: Jetzt braucht die Oberfläche im Vergleich zu einem Dünnputz länger, um die Taupunkttemperatur wieder zu überschreiten [2].

Ziel der hygrischen Strategie ist es, das Kondensat schnell von der Oberfläche abzuführen. Dazu werden Dickputze mit einer vergleichsweise hohen Saugfähigkeit und einem gewissen Puffervolumen eingesetzt sowie der Natur nachempfundene mikrostrukturierte Oberflächen. Die Übertragung des Lotus-Effekts auf eine Fassadenfarbe führt durch Minimierung der Kontaktfläche (Bild 2) zu Superhydrophobie und damit einem Abperlen von Regentropfen. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass Tautropfen aufgrund ihrer geringen Größe in die Zwischenräume des „Nagelbetts“ fallen und dadurch besonders lange auf den Fassadenoberflächen verweilen [3]. Neuste Entwicklungen kombinieren nach dem Vorbild des Nebeltrinker-Käfers hydrophile und

hydrophobe Bereiche auf den Fassaden mit dem Ziel der Verflüssigung von Tautropfen und anschließender zügiger Wasserableitung [4].

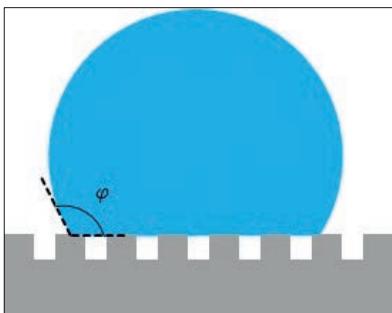


Bild 2: Cassie-Baxter-Modell zur Erklärung der Superhydrophobie © Vladsinger [Wikipedia, CC BY-SA 3.0]

Die chemische Strategie versucht, die Algen auf der Oberfläche abzutöten oder in ihrem Wachstum zu hemmen. Dazu kommen Biozide zum Einsatz, die für eine längere Wirkdauer verkapselt werden. Ziel der photokatalytischen Oberflächen ist die Zerstörung organischer Materialien auf der Oberfläche durch Bestrahlung mit Sonnenlicht. Das Problem der photokatalytischen Selbstreinigung ist wie bei den mikrostrukturierten Oberflächen sowie den infrarotreflektierenden Farben die unvermeidliche Abwitterung der Wetterschutzschicht und die Bildung von Separierungsschichten durch die Ablagerung von Schmutzpartikeln [5,2].

4 Direkte Bewertung der Besiedlungsneigung

In Freibewitterungsversuchen kann die Besiedlungsneigung verschiedener Putz- und Beschichtungssysteme vergleichend analysiert werden. Die Subjektivität einer rein visuellen Begutachtung der Prüfkörper kann durch eine Farbmessung objektiviert werden. Noch empfindlicher und genauer, da nur die Algen über die Fluoreszenzausbeute des Chlorophylls erfassend, ist das regelmäßige Scannen der Oberfläche mit einem Fluoreszenzmikroskop oder einem Puls-Amplituden-Modulierten (PAM) Fluorometer (Bilder 3 und 4). Langzeituntersuchungen haben jedoch gezeigt, dass selbst nicht biozid ausgerüstete Oberflächen, die vertikal bewittert werden, frühestens nach 1,5 Jahren Algenbesiedlungen aufweisen, die sich zu einem sichtbaren Bewuchs entwickeln. Eine systematische PAM-Untersuchung einer ausreichend hohen Anzahl von Messfeldern erlaubt eine Quantifizierung des Bewuchses über die Zeit anhand von Zahlenwerten. Die für eine Bewertung der Besiedlungsneigung erforderliche Freibewitterungsdauer kann jedoch aufgrund der spezifischen Wachstumskinetik, die sich durch eine lange Anlaufphase mit punktuell, jedoch stark fluktuerendem Bewuchs unterhalb der

Sichtbarkeitsgrenze und einen darauf folgenden, exponentiellen Anstieg der Biomasse auszeichnet (Bild 5), nicht wesentlich verkürzt werden.

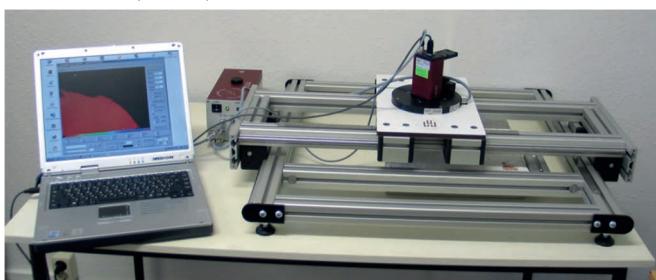


Bild 3: PAM-Gerät auf Scanner zur Untersuchung von freibewitterten Prüfkörpern

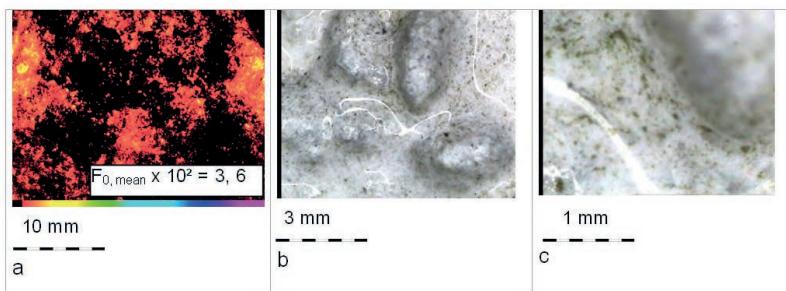


Bild 4: Fluoreszenzaufnahme einer Putzoberfläche der Abmessung 2,5 x 1,8 cm und lichtmikroskopische Nachuntersuchung bei 10- und 50-facher Vergrößerung

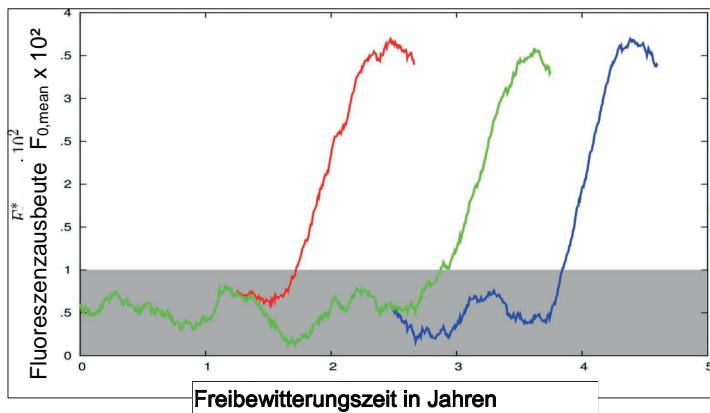


Bild 5: Besiedlungskinetik einer Oberfläche mit einer geringen (rot), einer mittleren (grün) und höheren (blau) Algenresistenz, Sichtbarkeitsgrenze bei $F_0, \text{mean} \times 10^2$

5 Indirekte Bewertung der Besiedlungsneigung durch numerische Simulation

Ausschließlich Anti-Algen-Strategie, die auf eine Modifikation des hygrothermischen Verhaltens der Wetterschutzschicht abzielen, können mit Hilfe von Programmen zur instationären Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchttetransports wie zum Beispiel WUFI® bewertet werden. Zur Bewertung kann dabei zum Beispiel die jährliche Anzahl von Stunden herangezogen werden, in denen die Oberflächentemperatur unter die Taupunkttemperatur fällt (Betauungsdauer [6]), oder aber der Zeitraum, in dem die Feuchte an der Oberfläche über einem bestimmten Grenzwert liegt (hygrisches Kriterium [7]). Eigene Berechnungen, in denen ein Standardputz auf einem WDVS-System mit zunehmender Dämmstoffstärke betrachtet wurde, verdeutlichen, dass die hygrische Betrachtung zu plausibleren Ergebnissen führt. Bei der thermischen Analyse nimmt die Betauungsdauer umgekehrt proportional zur Reduzierung des Wärmestroms durch die Innenwandoberfläche zu. Der größte Anstieg in der Betauungsdauer ist bei Applikation einer 2 cm dicken Polystyroldämmung (WLG 030) auf das ungedämmte Ziegelmauerwerk zu verzeichnen (Bild 6). Die Berechnung der über das Jahr auftretenden frostfreien Stunden, in denen die relative Luftfeuchte an der Baustoffoberfläche größer 99% beträgt, zeigt dagegen keinen proportionalen Verlauf zur Reduktion des Wärmestroms mit zunehmender Dämmstoffstärke. Hier ist der größte Anstieg erst bei einer Erhöhung der Dämmstoffstärke von 10 cm auf 15 cm zu verzeichnen, was mit der Einführung der 3. Wärmeschutzverordnung 1995 und der ersten Wahrnehmung des Bauschadensproblems Ende der 1990er korreliert (Bild 7).

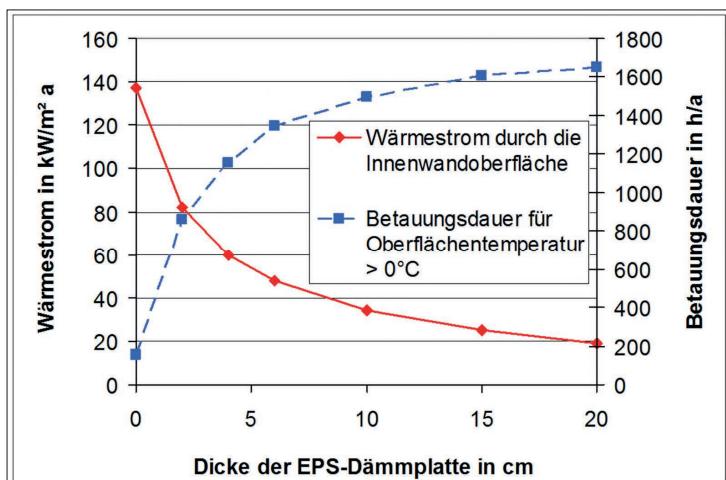


Bild 6: Wärmestrom durch die Innenwandoberfläche und Betauungsdauer einer 36 cm starken, massiven Mauerwerkswand mit einem WDVS-System unterschiedlicher Dämmstoffstärke

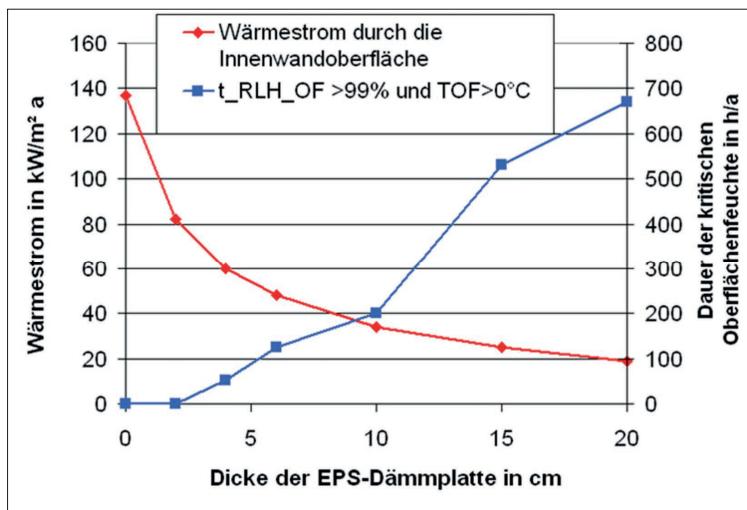


Bild 7: Wärmestrom durch die Innenwandoberfläche und kritische Oberflächenfeuchte einer 36 cm starken massiven Mauerwerkswand mit einem WDV-System unterschiedlicher Dämmstoffstärke

Ursache für den nicht proportionalen Verlauf zwischen Wärmestrom und Dauer der kritischen Oberflächenfeuchte ist die Speicherkapazität der Putzschicht. Für den betrachteten Wandaufbau unter den angesetzten Klimarandbedingungen kann bei 2 cm Dämmstoffstärke noch die gesamte anfallende Tauwassermenge bis zum Auftreten von Verdunstungsbedingungen zwischengespeichert werden. Bei einer Dämmstoffstärke von größer 10 cm ist die Speicherkapazität jedoch dann weitgehend erschöpft und die Putzoberfläche bietet über viele Stunden optimale Wachstumsbedingungen.

6 Hydrophil oder Hydrophob

Stellt man die in einer WUFI[®]-Berechnung ermittelten Zeiträume für die kritische Oberflächenfeuchte eines 1 cm dicken, wasserabweisenden Putzsystems, charakterisiert durch einen geringen Kapillartransportkoeffizienten für Saugen und Weiterleitung ("hydrophob") und eines 2 cm dicken, stärker saugenden Putzsystems mit entsprechend höheren Kapillartransportkoeffizienten ("hydrophil") gegenüber, ist wiederum sehr deutlich der Einfluss der Speicherkapazität zu erkennen. Während das wasserabweisende Putzsystem über das gesamte Jahr stundenweise Wachstumsbedingungen aufweist, sind diese für das saugfähige System nur in den Herbst- und Wintermonaten gegeben.

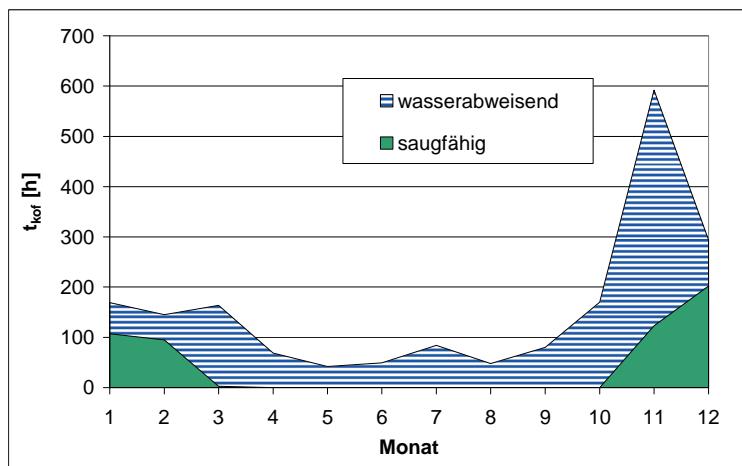


Bild 8: Dauer der kritischen Oberflächenfeuchte T_{KOF} in Stunden / Jahr für eine 36 cm starke Mauerwerkswand mit einem WDV-System bestehend aus einer 15 cm dicken Polystyrolplatte und einem wasserabweisenden bzw. saugfähigen mineralischem Putzsystem

Der Einfluss der Saugfähigkeit des Putzsystems auf die Besiedlungsneigung konnte auch in einem über 8 Jahre an der Hochschule Wismar durchgeführten Freibewitterungsversuch nachgewiesen werden. Die 9 in die Untersuchung einbezogenen mineralischen Putz-(Anstrich)-Systeme weisen mit wenigen Ausnahmen die größten Wasseraufnahmekoeffizienten auf. Nur 2 der 9 mineralischen Systeme weisen nach 8 Jahren visuell sichtbare Algenbewüchse auf. Kleine Wasseraufnahmekoeffizienten korrelieren dagegen mit flächigen Bewüchsen und sind durch eine hohe Fluoreszenzquantenausbeute charakterisiert. Aus der Gruppe der Kunststoffgebundenen Systeme weist nur der mit einem geringen Kunstharzanteil versetzte Silikatputz keinen visuell sichtbaren Bewuchs auf (Bild 9). Da die Prüfkörper nach Nord-Osten ausgerichtet waren, wurden die Prüfkörper primär durch Tauwasser und Nebel und nur zu einem sehr geringen Teil durch Schlagregen befeuchtet. Mit WUFI® durchgeführte Parameterstudien zeigen, dass bei einer starken Belastung der WDVS-Fassaden durch Schlagregen auch die Pufferkapazität der saugfähigen Systeme nicht ausreichend ist, um die Bildung von Feuchtigkeitsfilmen auf den Oberflächen zu vermeiden. Mit hydrophilen Systemen ist das Problem der Algenbesiedlung somit auch nur partiell gelöst. Inwieweit die neuen kombiniert hydrophil-hydrophoben Oberflächen nach dem Vorbild des Nebeltrinker-Käfers eine wirksame und dauerhafte Strategie darstellen, kann nur durch Praxistests oder sehr komplexe

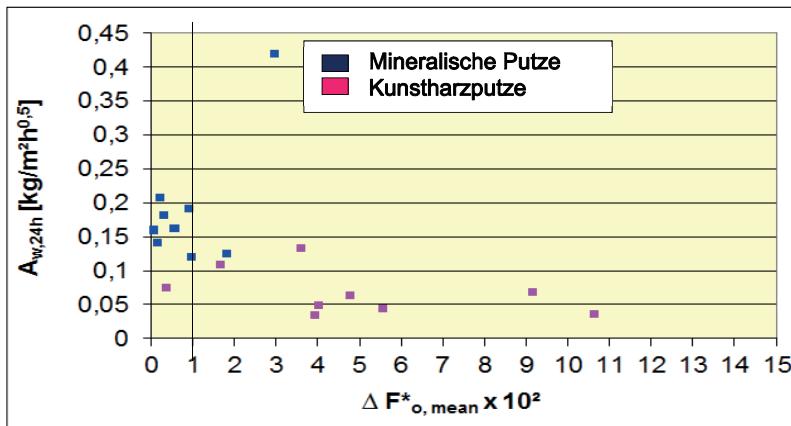


Bild 9: Zusammenhang zwischen dem Wasseraufnahmekoeffizienten $A_{W,24h}$ [$\text{kg}/\text{m}^2 \text{h}^{0.5}$] von Prüfkörpern (Ausgangszustand) und der nach 8 Jahren Freibewitterung über die Fluoreszenzquantenausbeute $\Delta F_{o,\text{mean}} \times 10^2$ erfassten Algenbesiedlung

Literatur

- [1] Blocken, B., Roels, S., Carmeliet, J. (2006) A combined CFD-HAM approach for wind driven rain on building facades. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, 585-607
- [2] Krus M., Fitz, C., Sedlbauer, K. (2008) Latentwärmespeicherzusätze und IR-Anstriche zur Reduktion des Bewuchsrisikos an Außenfassaden. Altbausanierung 2 (Herausgeber H. Venzmer), Beuth Verlag GmbH, Berlin, 91-101
- [3] Cerman, Z. (2007) Superhydrophobie und Selbstreinigung: Wirkungsweise, Effizienz und Grenzen bei der Abwehr von Mikroorganismen. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- [4] <http://www.stocolordryonic.de>
- [5] Krcmar, W. (2008) Möglichkeiten und Grenzen des photokatalytischen Selbstreinigungseffektes auf Dachziegeln. Biofilme und funktionale Baustoffoberflächen (Herausgeber H. Venzmer), Beuth Verlag GmbH, Berlin, 81-91
- [6] Krus, M., Sedlbauer K., Lenz, K. (2003). Einfluss unterschiedlicher Maßnahmen auf die Taupunktunterschreitungen an Außenoberflächen. Altbauinstandsetzung 5/6 (Herausgeber: H. Venzmer), HUSS-Medien GmbH, Verlag Bauwesen, Berlin, 83-94
- [7] Stopp, H., Häupl, P., Strangfeld, P. (2000) The influence of modern, low emissive coating on the coupled heat and mass transfer of envelope parts of building. Proceedings of the 14th Symposium on Termophysical Properties, Boulder Colorado, USA

(Leerseite)

WDVS - Brandschutz

N. A. Fouad/T. Merkewitsch
Hannover

Zusammenfassung

Das Brandverhalten von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) hängt von der Art der Brandbeanspruchung, von den verwendeten Baustoffen und vom Zusammenwirken des Gesamtsystems im Bausatz ab. Weiteren Einfluss auf das Brandverhalten von z. B. WDVS mit EPS haben brandschutztechnische Maßnahmen wie umlaufende Brandriegel oder Sturzschutz. Die Anforderungen an schwerentflammbarer WDVS mit EPS haben sich aufgrund von Brandereignissen im Sockelbereich seit dem 01.01.2016 verschärft. Dabei werden zusätzliche brandschutztechnische Maßnahmen bis zum 3.OG sowie ein zusätzlicher Brandriegel unterhalb von brennbaren Dächern gefordert. Des Weiteren wird das bauaufsichtliche Konzept, aufgrund des Urteils des Europäischen Gerichtshofes (EuGH) vom 16. Oktober 2014, mit der Bekanntgabe der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) und der Novellierung der MBO auch im Zusammenhang mit WDVS Änderungen in der bisherigen Handhabung mit sich führen. Somit wird u. a. die Bauregelliste B Teil 1 vollständig aufgehoben. Die weiteren Teile der Bauregelliste sowie die Liste der technischen Baubestimmungen werden größtenteils in die MVV TB überführt.

1 Einführung

Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS), international als External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) bezeichnet, bestehen im Allgemeinen aus einem vorgefertigten Dämmstoff, der auf eine Wand geklebt oder mithilfe von Dübeln, Profilen oder Spezialteilen mechanisch befestigt wird. Alternativ kommen auch Kombinationen von Kleber und mechanischen Befestigungen zur Anwendung. Der Dämmstoff wird mit einem Putz versehen, der aus einer oder mehreren Schichten zusammengesetzt ist. Dabei wird der Unterputz, welcher auch als Armierungsschicht oder Armierungsputz bezeichnet wird, mit einem eingeschalteten Armierungsgewebe direkt auf den Dämmstoff ohne Luftzwischenraum oder Trennschicht aufgebracht. In Abhängigkeit von der Art der gewählten Baustoffe und den bei der Ausführung auf der Baustelle vorherrschenden Witterungsbedingungen ist unter Umständen eine Grundierung des Unterputzes notwendig. Als äußerer Abschluss wird ein Oberputz aufgetragen. Alternativ zum Oberputz werden zum Teil dekorative Oberflächen zur optischen Gestaltung wie Flachverblender oder keramische Beläge eingesetzt.

Durch das Zusammenfügen der einzelnen Baustoffkomponenten auf der Baustelle entsteht ein sogenannter Bausatz beziehungsweise eine sogenannte Bauart. Nach der Bauproduktivenverordnung (BauPVO) [12] Artikel 2 ist ein Bausatz wie folgt definiert: „Ein Bausatz ist ein Bauprodukt, das von einem einzigen Hersteller als Satz von mindestens zwei getrennten Komponenten, die zusammengefügt werden müssen, um ins Bauwerk eingefügt zu werden, in Verkehr gebracht wird.“ Der Begriff Bauart lässt sich aus den Landesbauordnungen (LBO) bzw. aus der Musterbauordnung (MBO) entnehmen und beschreibt diese als das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen.

Die einzelnen Baustoffe (Dämmstoff, Putz, Dübel, Profile oder Spezialteile etc.) müssen aufeinander abgestimmt sein. Aus diesem Grund dürfen nur jeweils komplett als Bausatz geprüfte Systeme verwendet werden. Entsprechend den Verwendbarkeitsnachweisen der einzelnen Wärmedämm-Verbundsysteme verliert ein System bei Austausch einzelner Baustoffe formell seine Gültigkeit.

Grundsätzlich werden Wärmedämm-Verbundsysteme hinsichtlich ihrer bauordnungsrechtlichen Anforderungen in drei Baustoffklassen unterteilt. Dabei unterscheidet man zwischen nichtbrennbaren, schwer- und normalentflammablen Systemen. Die Einstufung des Brandverhaltens des WDVS nach MBO [16] hängt nicht nur ausschließlich von der Klassifizierung der einzelnen Baustoffe des Bausatzes ab, sondern vielmehr von dem Zusammenwirken aller verwendeten Komponenten im zu betrachtenden Gesamtsystem.

2 Thermische Beanspruchungen von WDVS und Brandschadenstatistiken

2.1 Brandszenarien

Die Ausbreitung eines Brandes auf die Fassade eines Gebäudes wird im Wesentlichen durch die Art und Intensität sowie den Ort des Entstehungsbrandes beeinflusst. Die Oberfläche der Fassade eines Gebäudes kann durch drei hauptsächlich auftretende Brandszenarien thermisch beansprucht werden. Die Abbildung 1 stellt die drei Brandszenarien gegenüber.

Grundsätzlich werden die drei folgenden Brandszenarien unterschieden:

- Brand in einem Nachbargebäude
- Brand von außen, angrenzend zur Fassade („Sockelbrand“)
- Brand in einem Gebäude („Raumbrand“)

Die auftretenden Brandszenarien unterscheiden sich unter anderem im Schadensrisiko und in der Häufigkeit.

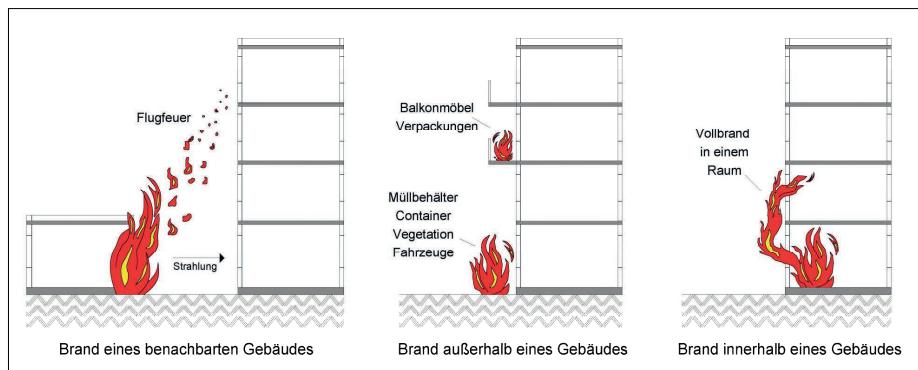


Abbildung 1: Brandbeanspruchung durch unterschiedliche Brandszenarien auf das Gebäude

2.2 Brandschadenstatistik mit Bränden von WDVS mit EPS

Brandschadensstatistiken in Deutschland sind bisher nur in geringem Umfang vorhanden und befinden sich in der Entwicklung. Die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb) befasst sich in enger Abstimmung mit den Feuerwehren intensiv mit der Erstellung einer bundesweiten Statistik mit dem Wirksamkeitsnachweis von verschiedenen Brandschutz- und Brandbekämpfungsmaßnahmen. Aufgrund der Brandereignisse von WDVS, insbesondere im Rhein-Main Gebiet hat die Feuerwehr Frankfurt mit der zentralen Erfassung von Bränden mit WDVS mit

EPS begonnen. Hierzu hat die Feuerwehr auf Ihrer Seite einen Erfassungsbogen bereitgestellt und alle Freiwilligen- und Berufsfeuerwehren bundesweit dazu aufgefordert, Brände der Branddirektion Frankfurt zu melden. Bei der Sammlung handelt es sich um Brände aus den vergangenen 15 Jahren, wobei der wesentliche Anteil der Brände mit Beteiligung von brennbaren WDVS in den letzten 6 Jahren erfasst worden ist. Die Gesamtzahl an Bränden mit Beteiligung von WDVS beträgt 91 [14]. Davon sind 73 Brände auf den Sockelbrand wie z. B. einen Müllcontainerbrand oder auch Baumaterialien zurückzuführen. Dies macht einen Gesamtanteil von ca. 80 % aus. Der Raumbrand wurde 13-mal erfasst und der Brand durch angrenzende Gebäude bzw. Gebäudeteile insgesamt 5-mal. Die Tabelle 1 stellt die Auswertung der Brände mit Beteiligung von WDVS zusammen. Bei ca. 190.000 Bränden [1] in Deutschland pro Jahr stellt der Anteil an Bränden, an denen WDVS am Brand beteiligt war, grundsätzlich einen sehr geringen Anteil dar.

Tabelle 1: Zusammenfassung der erfassten Brände der Feuerwehr Frankfurt mit Beteiligung von Wärmedämm-Verbundsystemen mit EPS im Zeitraum 2001 bis 2016 [14]

Benachbartes Gebäude	Sockelbrand	Raumbrand	Summe der Brandereignisse
5	73	13	91

3 Bauordnungsrechtliche Grundlagen

3.1 Anforderungen nach MBO und Muster-Verordnungen/Richtlinien

In Deutschland werden die bauordnungsrechtlichen Anforderungen für Außenwandbekleidungen und Oberflächen von Außenwandbekleidungen in den jeweiligen Landesbauordnungen bzw. den eingeführten Sonderbauvorschriften geregelt. Grundlage für die in der Gesetzgebungskompetenz der Länder liegenden Landesbauordnungen und Sonderbauvorschriften stellen die durch die Bauministerkonferenz (ARGEBAU) erarbeitete Musterbauordnung (MBO) sowie die Muster-Verordnungen/Richtlinien dar. Daraus resultieren in den einzelnen Bundesländern bei den Anforderungen an Außenwandbekleidungen und Oberflächen von Außenwandbekleidungen bundesweit weitestgehend einheitliche Anforderungen für WDVS. In Abhängigkeit der Größe und der Nutzung des Gebäudes werden unterschiedliche Anforderungen in der MBO sowie den einzelnen Muster-Verordnungen/Richtlinien deklariert. In der MBO werden die Anforderungen für Wohngebäude bzw. Büro- und Verwaltungsgebäude, die nicht als Sonderbau nach MBO gelten, festgelegt. Dabei spielt die Gebäudeklasse (GKL) die wesentliche Rolle zur Feststellung der notwendigen Anforderungen auf Bauwerksebene. Die GKL hängt nach MBO [16] zum einen von der Höhe des

höchstgelegenen Aufenthaltsraumes und zum anderen von der Größe und Anzahl der Nutzungseinheiten ab.

Auf Grundlage der entsprechenden Gebäudeklassen sind im § 28 MBO [16] die Anforderungen für Außenwandbekleidungen und Oberflächen von Außenwandbekleidungen geregelt.

Das grundsätzliche Schutzziel wird für Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen in § 28 (1) MBO [16] festgelegt, wonach es heißt:

„Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.“

Aus dem Schutzziel kann nach Stand der Technik abgeleitet werden, dass die Brandausbreitung an der Außenwand des Gebäudes, vor dem Löschangriff der Feuerwehr, nicht mehr als zwei Geschosse überschreiten darf. Die dabei zu gewährleistende „Schutzzzeit“ (die Zeit ab der Brandentstehung bis zum Beginn der Löscharbeiten durch die Feuerwehr) ist dabei mit maximal 25 Minuten vorauszusetzen. Die erforderlichen konstruktiven Maßnahmen für den Raumbrand (Sturzschutz/Brandriegel) für z. B. WDVS mit $\text{EPS} \geq 100 \text{ mm}$ Dicke lassen sich anhand des hier definierten Schutzzieles ebenfalls ableiten. Somit müssen auch die Oberflächen der Außenwände und somit die Außenwandbekleidungen einschließlich der Oberflächen so beschaffen sein, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Baustoffen ausreichend lang begrenzt ist.

Im Weiteren werden die Anforderungen an die Baustoffe von Oberflächen der Außenwände und Außenwandbekleidungen nach GKL 4 und 5 definiert. Die erhöhten Anforderungen nach §28 (3) MBO [16] gelten nicht für Gebäude der GKL 1 bis 3. Es gilt:

„Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein; Unterkonstruktionen aus normalentflammablen Baustoffen sind zulässig, wenn die Anforderungen nach Absatz 1 erfüllt sind. Baustoffe, die schwerentflammbar sein müssen, in Bauteilen nach Satz 1 Halbsatz 1 und Satz 2 dürfen nicht brennend abfallen oder abtropfen.“

Somit müssen nach §28 (3) MBO [16] bei Gebäude der GKL 4 und 5 WDVS mindestens schwerentflammbar sein (GKL 1-3 normalentflammbar). Des Weiteren dürfen die einzelnen Komponenten des WDVS nicht brennend abfallen oder abtropfen, wodurch ein Sekundärbrand am Boden ausgeschlossen werden soll. Dadurch wird eine Gefährdung von Flucht- und Rettungswegen aufgrund von abtropfender Schmelze oder herabfallenden brennenden Baustoffen vermieden und der Einsatz der Feuerwehr nicht zusätzlich gefährdet.

Weitere Anforderungen an Außenwandbekleidungen und Oberflächen von Außenwandbekleidungen werden im Bereich von Brand- und Brandersatzwänden sowie Gebäudeabschlusswänden nach §30 (7) MBO [16] gestellt. Es gilt:

„Bauteile mit brennbaren Baustoffen dürfen über Brandwände nicht hinweggeführt werden.“ und „Außenwandbekleidungen von Gebäudeabschlusswänden müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen nichtbrennbar sein.“

Grundsätzlich sollen die beschriebenen Anforderungen eine Brandweiterleitung auch bei Außenwandbekleidungen über Brand- und Brandersatzwänden sowie Gebäudeabschlusswänden unterbinden.

Ergänzend zu den Anforderungen aus der MBO sind in den Muster-Verordnungen/Richtlinien weitere z. T. verschärzte Anforderungen an Außenwandbekleidungen und Oberflächen von Außenwandbekleidungen gestellt. Der Einsatz von WDVS aus brennbaren Baustoffen ist bauordnungsrechtlich somit auch von der Nutzung des Gebäudes abhängig.

Eine zusammenfassende Übersicht zu den wesentlichen Gebäudearten und deren Anforderungen an WDVS ist in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Anforderungen an WDVS von Gebäuden nach MBO und einigen Muster-Verordnungen/Richtlinien

Musterbauordnung	Gebäudeklasse 1 bis 3	normalentflammable Baustoffe
	Gebäudeklasse 4 bis 5	schwerentflammable Baustoffe
Muster-Hochhaus-Richtlinie	Hochhäuser	nichtbrennbare Baustoffe
Muster-Versammlungsstättenverordnung	Versammlungsstätten	nichtbrennbare Dämmstoffe
Muster-Schulbaurichtlinie	Schulen (≤ 7 m)	wie GK 3: normalentflammable Baustoffe
	Schulen (> 7 m)	wie GK 5: schwerentflammable Baustoffe
Muster-Beherbergungsstättenverordnung	Beherbergungsstätten	wie GK1-GK5

3.2 Brandschutztechnische Klassifizierungen und Eigenschaften der Baustoffe

Das Brandverhalten einzelner Baustoffe, welche über harmonisierte europäische Normen (hEN) geregelt sind, wird auf Grundlage der DIN EN 13501-1 [8] geprüft. Für Baustoffe, bei denen keine hEN existiert, kann das Brandverhalten entweder nach DIN EN 13501-1 [8] oder der DIN 4102-1 [6] geprüft werden.

Die europäische Norm DIN EN 13501-1 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“ [8] beschreibt die Baustoffklassifizierungen und die dazugehörigen notwendigen Prüfverfahren. Daraus ergeben sich auf europäischer Ebene europaweit die gleichen Prüfverfahren, so dass bei Bauprodukten eine Grundlage für einheitliche Regelungen gegeben ist. In der Bauregelliste A Teil 1 [2] bzw. zukünftig in der „Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen“ kurz MVV TB [17] ist die Zuordnung der europäischen Klassifizierungen zu den bauaufsichtlichen Anforderungen erläutert.

Zusätzlich zum Brandverhalten werden auf europäischer Ebene nach DIN EN 13501-1 [8] die so genannten Brandparallelerscheinungen berücksichtigt. Hierbei werden jeweils 3 Klassen für die Rauchentwicklung (smoke: s1, s2, s3) und das brennende Abtropfen/Abfallen (droplets: d0, d1, d2) von Baustoffen definiert. Dabei bedeuten die aufsteigenden Ziffern jeweils eine Verschlechterung der jeweiligen brandschutztechnischen Eigenschaft.

Zur Verbesserung des Brandverhaltens von Dämmstoffen aus Kunststoffen werden Flammschutzmittel zugefügt. Polystyrol als Hauptbestandteil von EPS ist ohne zusätzliche Flammschutzmittel, nur als leicht entflammbar einzustufen [10]. Durch den Einsatz von Flammschutzmitteln erreicht der thermoplastische Kunststoff nach DIN 4102-1 [6] die Baustoffklasse B1 und nach DIN EN 13501-1 [8] mindestens die Baustoffklasse E.

Nach der europäischen Chemikalienverordnung REACH darf seit September 2015 das bisher verwendete Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan kurz HBCD nicht mehr verwendet werden. Als neues Flammschutzmittel wird hauptsächlich Polymer-FR verwendet. Dabei handelt es sich um ein bromiertes Polymer, welches bei der Fertigung hinzugefügt wird und ca. 1,0 % Massenanteil bei Dämmstoffen aus EPS ausmacht.

3.3 Nachweis der Verwendbarkeit des Bausatzes in Deutschland

In der Bauregelliste B Teil 1 wurden bisher die Zulassungsleitlinien für Bausätze (u. a. WDVS) festgelegt und gegebenenfalls zusätzliche nationale Anforderungen an die Bauprodukte geregelt. Da zusätzliche Anforderungen an Bauprodukte mit CE-Kennzeichnung laut dem EuGH Urteil vom 16. Oktober 2014 gegen europäisches Recht verstößen, werden Anforderungen zukünftig ausschließlich auf Bauwerksebene und nicht mehr auf Produkt ebene festgelegt. Somit wird die Bauregelliste B Teil 1

einschließlich der produktbezogenen Anlagen entfallen. Die wesentlichen Anforderungen an die Verwendbarkeit von WDVS werden zukünftig in der MVV TB geregelt. In der MVV TB werden auch die weiterführenden Anforderungen aus der Liste der technischen Baubestimmungen Teil II [4] für WDVS überführt bzw. ergänzt.

Für WDVS sind als Verwendbarkeitsnachweise grundsätzlich eine „europäische technische Zulassung“ (ETA), eine „allgemeine bauaufsichtliche Zulassung“ (abZ) oder eine „Zustimmung im Einzelfall“ (ZiE) möglich.

Nach MVV TB gilt für Außenwandbekleidungen und Oberflächen von Außenwandbekleidungen, die die Bauwerksanforderung schwerentflammbar haben, dass diese in ihren einzelnen Bestandteilen sowie im Bausatz geprüft schwerentflammbar sein müssen.

Für im Bausatz zu prüfende schwerentflammable WDVS stehen nach ETAG 004 [11] lediglich der Single Burning Item Test (SBI-Test) zur Verfügung. Dieser kann den Schichtaufbau im Verbund und somit als Bausatz nachbilden, jedoch entsprechen die Größe des Prüfstandes und die thermische Beanspruchung nicht einem Realbrand und sind somit insbesondere zur Einschätzung der Einhaltung der Schutzziele für das Bauwerk bei einem Brandereignis nicht übertragbar. Aus diesem Grund werden in der MVV TB für schwerentflammbare Außenwandbekleidungen die Ergebnisse bei Einwirkungen für einen repräsentativen „Raumbrand“ im Großbrandversuch gemäß E DIN 4102-20:2016-03 [9] zur Erlangung eines Verwendbarkeitsnachweises gefordert.

Für Außenwandbekleidungen in der Ausführung als Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit EPS-Dämmstoffen mit der Anforderung schwerentflammbar ist zusätzlich eine Brandeinwirkung von außen, die unmittelbar im unteren Bereich der Fassade einwirkt, zu berücksichtigen („Sockelbrand“). Dazu sind geeignete konstruktive Maßnahmen vorzusehen oder die technischen Regeln der MVV TB Abschnitt A 2.2.1.5 einzuhalten (sh. hierzu auch Kapitel 4.2.1). Diese Maßnahmen sind im Rahmen der Verwendbarkeit bei der Umsetzung einzuhalten.

4 **Brandschutzausführung von WDVS mit EPS**

4.1 Allgemein

Aufgrund des Beschlusses der Bauministerkonferenz zur Berücksichtigung des „Sockelbrandes“ im Jahr 2014 wurden zusätzliche Schutzmaßnahmen an Wärmedämm-Verbundsystemen mit EPS zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Brandeinwirkungen von außen bei Neubauten, Erneuerungen und der nachträglichen Dämmung bei Bestandsgebäuden beschlossen. Die zusätzlichen Schutzmaßnahmen sind in die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) übernommen worden und ergänzen die bisher festgelegten brandschutztechnischen Maßnahmen bis 3.OG wie

Sturzschutz über den Bauwerksöffnungen (Fenster/Türen) oder den alternativ ausführbaren Brandriegel in jedem zweiten Geschoss für eine Brandbeanspruchung vom Inneren des Gebäudes auf die Fassade. Die zusätzlichen brandschutztechnischen Maßnahmen bei WDVS für den Außenbrand sind auch für Dämmstoffdicken ≤ 100 mm erforderlich. Die bisherigen Anforderungen für WDVS mit EPS werden somit erhöht.

4.2 Ausführungsgrundsätze bei WDVS mit EPS

Die Ausführungsgrundsätze unter Berücksichtigung des „Raumbrandes“ für schwerentflammbare WDVS mit EPS sind ausführlich in den abZ beschrieben. Zusätzlich lassen sich detaillierte Ausführungsskizzen, z. B. aus der Technischen Systeminformation 6 [13] des Fachverbandes WDVS, entnehmen. Aufgrund der Änderungen der Brandschutzmaßnahmen von WDVS mit EPS zum 01.01.2016 in den abZ hinsichtlich der Berücksichtigung des „Sockelbrandes“ sind die bisherigen Brandschutzmaßnahmen für den Raumbrand erst ab dem 3.OG relevant.

Nachfolgend werden die Anforderungen an WDVS mit EPS für ein Gebäude der GKL 5 (repräsentativ auch für GKL 4) mit unterschiedlichen Dicken der Außenwandbekleidungen und der Bauarten der Außenwände vorgestellt. Die Angaben wurden aus dem Merkblatt des DIBt [5] übernommen und nachfolgend sinnvoll zusammengefasst. Ergänzend zu den beschriebenen Brandschutzmaßnahmen werden nachfolgend die Maßnahmen in den jeweils folgenden Abbildungen übersichtlich dargestellt.

4.2.1 Ausführung bis zum 3.OG für den Sockelbrand

In den Abbildungen 2 bis 5 sind die verschiedenen Anforderungen für unterschiedliche Dämmstoffdicken, Untergründe, Oberflächen und Befestigungsarten zusammengestellt. Für die auszuführenden Brandriegel bis zum 3.OG lassen sich die Anforderungen wie folgt zusammenstellen:

- Höhe ≥ 200 mm,
- nichtbrennbare Mineralwolle-Lamellenstreifen, Klassen A1, A2 nach DIN 4102-1 [6] oder A1, A2-s1,d0 nach DIN EN 13501-1 [8] nicht glimmend, aus Steinfasern mit einem Schmelzpunkt von mindestens 1000 °C geprüft nach DIN 4102-17 [7], mit einer Rohdichte zwischen 60 und 100 kg/m³,
- Mineralwolle-Platten (mit vorwiegend parallel zum Untergrund liegenden Fasern) Klassen A1, A2 nach DIN 4102-1 [6] oder A1, A2-s1,d0 nach DIN EN 13501-1 [8] nicht glimmend, aus Steinfasern mit einem Schmelzpunkt von mindestens 1000 °C geprüft nach DIN 4102-17 [7], mit einer Rohdichte ≥ 90

kg/m³, mit einer Querzugfestigkeit von ≥ 5 kPa als Mittelwert, Einzelwerte dürfen den Mittelwert um nicht mehr als 15 % unterschreiten,

Hinweis zu Mineralwolle-Platten: Ausführung als nicht wesentliche Abweichung zu den abZ [3] bzw. geregelt nach MVV TB für ETA [17]

- mit mineralischem Klebemörtel (Bindemittel: Kalk und/oder Zement) vollflächig angeklebt und zusätzlich mit WDVS-Dübeln angedübelt,
- Verdübelung mit zugelassenen WDVS-Dübeln bestehend aus Dübelsteller und Hülse aus Kunststoff sowie Spreizelement aus Stahl, Durchmesser des Dübelstellers ≥ 60 mm, Rand- und Zwischenabstände der Dübel: mindestens 10 cm nach oben und unten, maximal 15 cm zu den seitlichen Rändern eines Brandriegel-Streifenelements sowie maximal 45 cm zum benachbarten Dübel.

Das applizierte WDVS muss von der Unterkante des WDVS bis mindestens zur Höhe des Brandriegels bis zum 3.OG folgende Anforderungen erfüllen:

- Mindestdicke des Putzsystems (Oberputz + Unterputz) von 4 mm, bei Ausführung vorgefertigter, klinkerartiger Putzteile („Flachverblender“) Dicke des Unterputzes ≥ 4 mm,
- an Gebäudeinnenecken sind in den bewehrten Unterputz Eckwinkel aus Glasfasergewebe, Flächengewicht 280 g/m² und Reißfestigkeit $> 2,3$ kN/5 cm (im Anlieferungszustand) einzuarbeiten,
- Verwendung von EPS mit einer Rohdichte max. 25 kg/m³ und
- Verwendung eines Armierungsgewebes mit einem Flächengewicht von ≥ 150 g/m².

Zusatz: Bei WDVS mit schienenbefestigtem EPS-Dämmstoff mit Dämmstoffdicken bis maximal 200 mm auf massiv mineralischen Untergründen mit Putzschicht sind Durchdringungen der Brandriegel durch PVC-Profilen der Schienenbefestigung des EPS-Dämmstoffs nicht zulässig.

Weiterhin ist ein Brandriegel maximal 1,0 m unterhalb von angrenzenden brennbaren Bauprodukten (z. B. am oberen Abschluss des WDVS unterhalb eines Daches) in der Dämmebene des WDVS anzutragen. Dieser Brandriegel ist mit einem Klebemörtel vollflächig anzukleben; eine zusätzliche Verdübelung mit zugelassenen WDVS-Dübeln ist jedoch nur auszuführen, wenn sie zur Aufnahme der Lasten aus Winddruck (Windsog) benötigt wird.

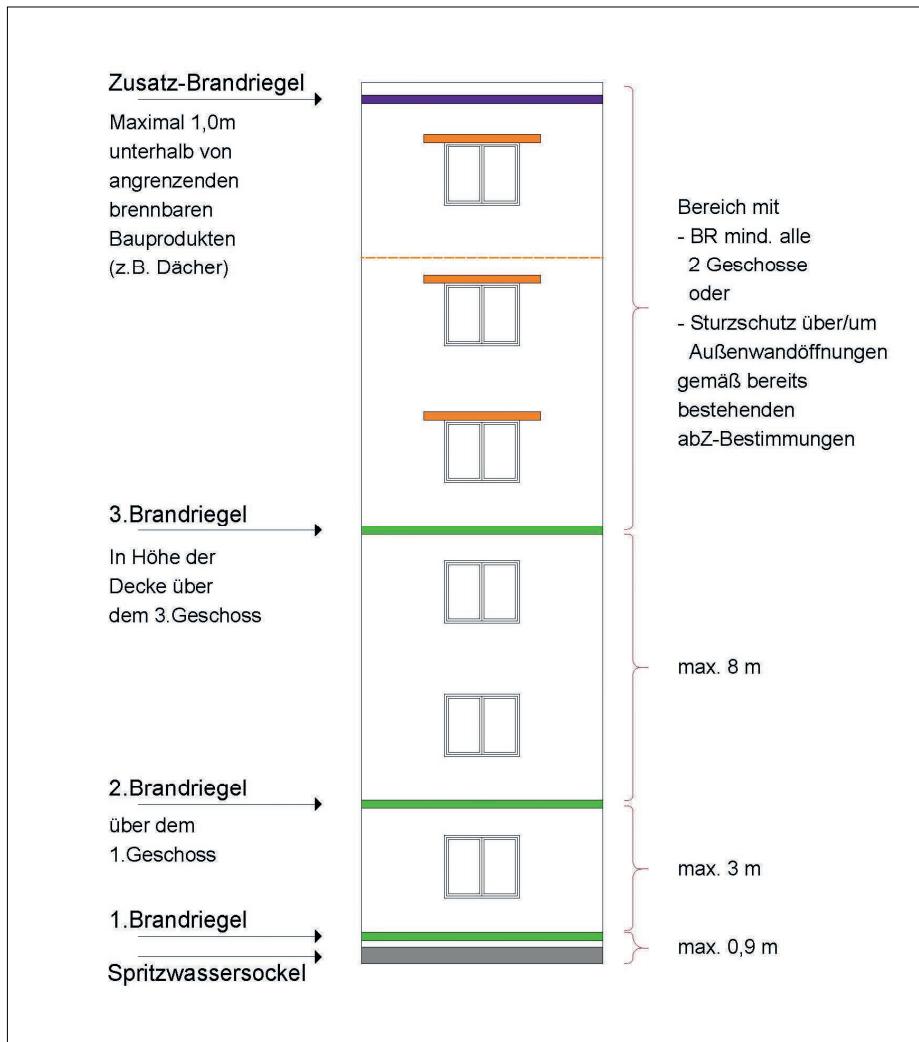


Abbildung 2: WDVS mit angeklebtem EPS oder angeklebtem und zusätzlich angedübeltem EPS mit Dicken bis 300 mm sowie WDVS mit schienenbefestigtem EPS mit Dämmstoffdicken bis maximal 200 mm auf massiv mineralischen Untergründen mit Putzschicht

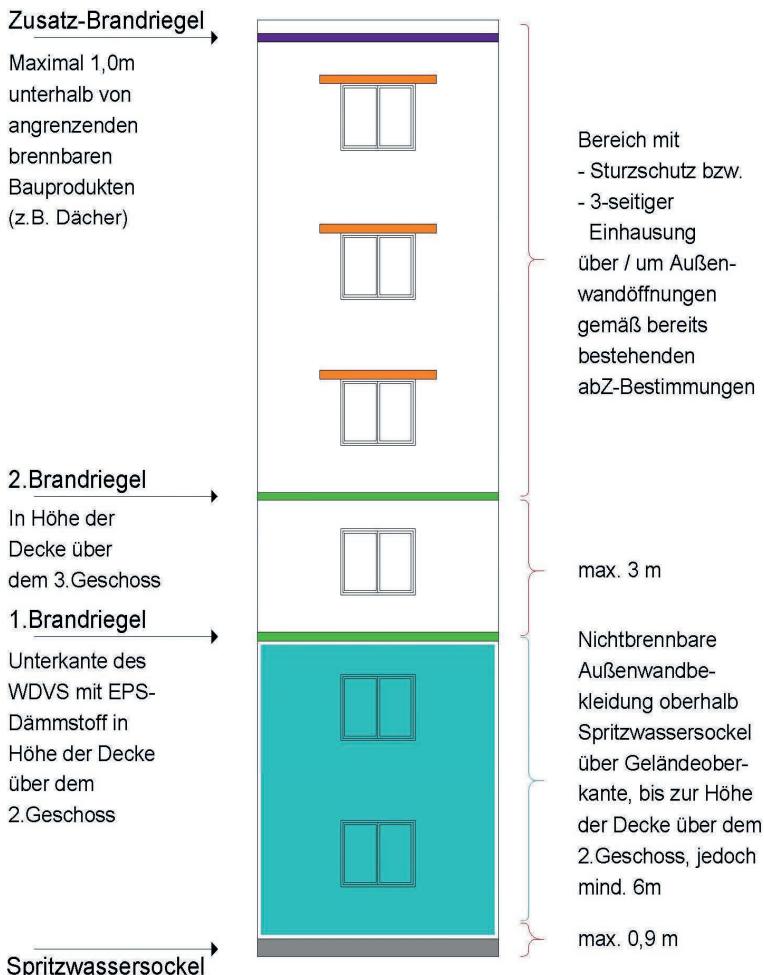


Abbildung 3: WDVS mit EPS-Dämmstoff mit Dicken über 300 mm bis maximal 400 mm

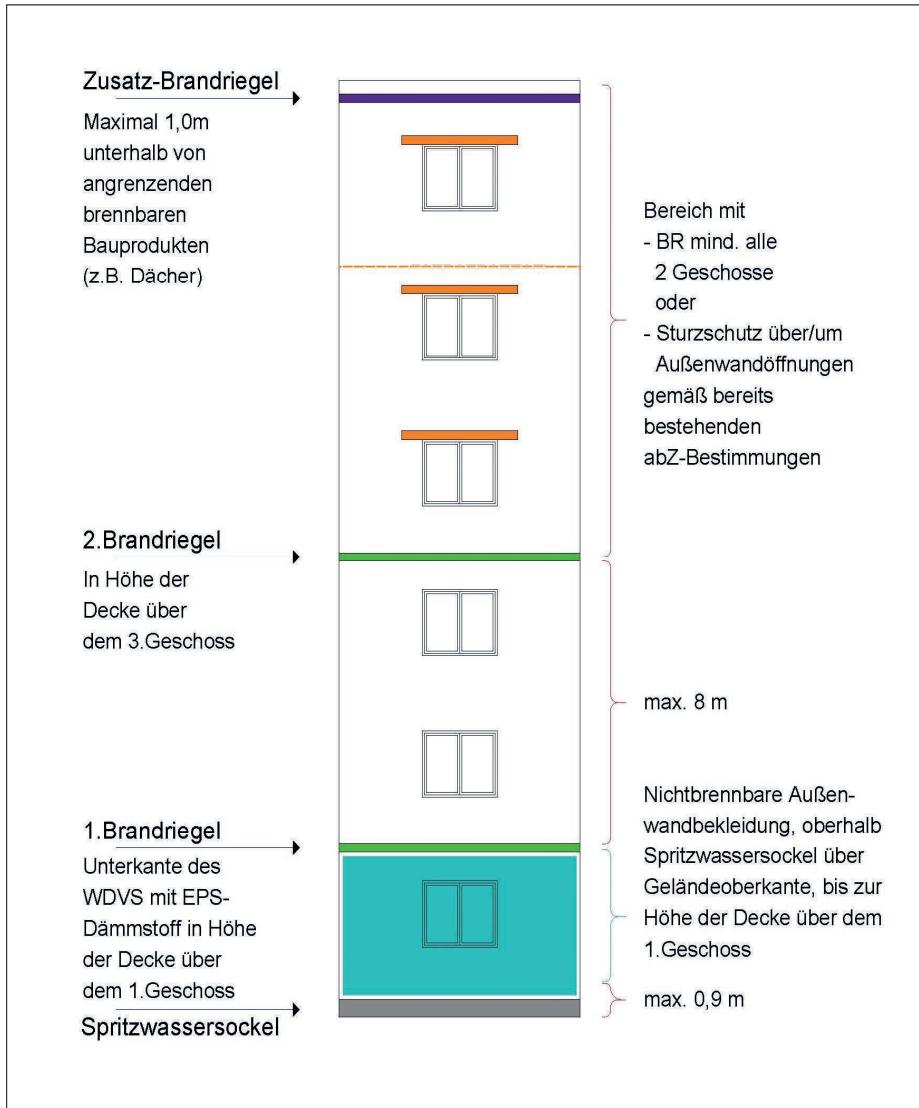


Abbildung 4: WDVS mit angeklebtem und zusätzlich angedübeltem EPS-Dämmstoff mit Dämmstoffdicke bis maximal 200 mm auf massiv mineralischen Untergründen mit angeklebter Keramik- oder Natursteinbekleidung

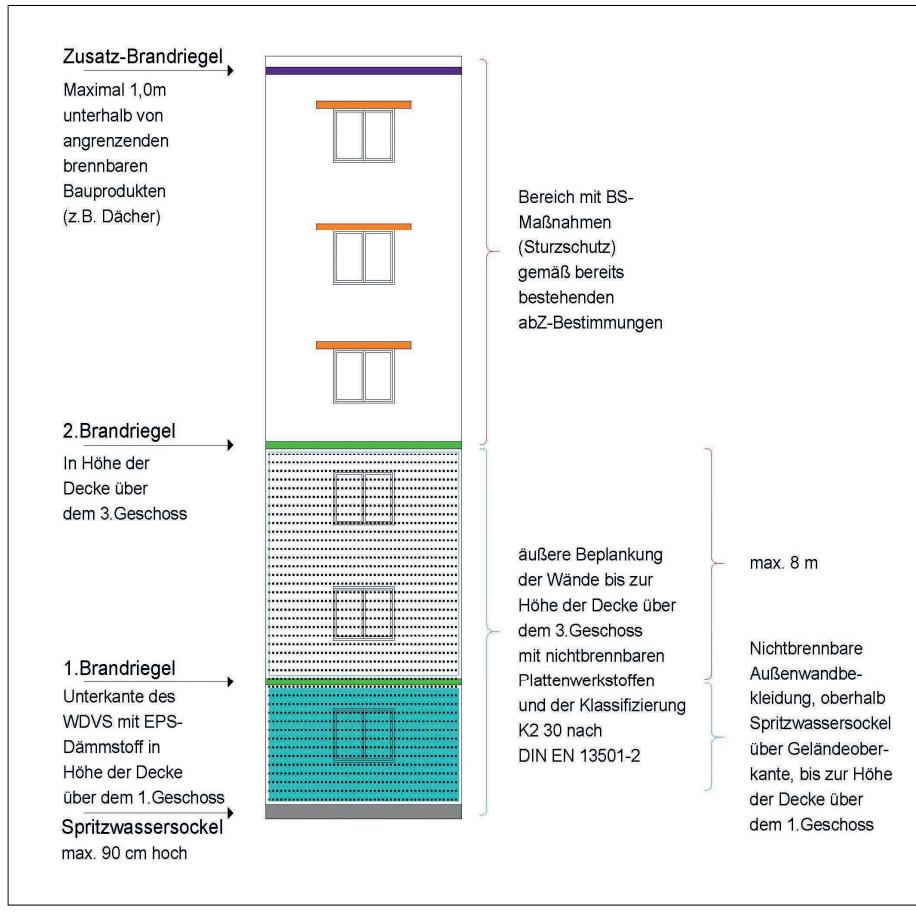


Abbildung 5: WDVS mit angeklebtem EPS-Dämmstoff mit Dämmstoffdicke bis maximal 200 mm auf Untergründen des Holztafelbaus mit Putzschicht

4.2.2 Ausführung ab dem 3.OG nach den Zulassungsgrundsätzen für den Raumbrand

Oberhalb des 3. Geschosses werden Brandschutzmaßnahmen für WDVS mit EPS mit der Anforderung schwerentflammbar und Dicken > 100 mm nach den bisherigen Zulassungsgrundsätzen durchgeführt. Diese sind zusammenfassend auch in den Abbildungen 2 bis 5 dargestellt. Somit wird in diesem Bereich als maßgebende Brandbeanspruchung weiterhin der Raumbrand mit einer Brandbeanspruchung über ein Fenster oder Tür in der Außenwand (Lochfassade) auf die Fassade bewertet. Dabei stehen in Abhängigkeit der Ausführung des WDVS als brandschutztechnische Maßnahmen

entweder der Brandriegel in jedem zweiten Geschoss oder alternativ der Sturzschutz über Öffnungen von Türen und Fenstern zur Verfügung. Hierbei sind zwingend die Anforderungen für das jeweilige System aus den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu beachten.

a) Sturzschutz

Der Sturzbereich über Fenstern und Türen unterliegt bei allen Gebäuden im Falle eines Raumbrands mit einem Flammenaustritt auf die Fassade besonders hohen Beanspruchungen. Die Ausbildung des Sturzschutzes ist mindestens 200 mm hoch und mindestens beidseitig 300 mm seitlich an der Bauwerksöffnung überstehend auszubilden.

Der Sturzschutz kann dabei wie folgt ausgebildet werden:

- vollflächig angeklebte nichtbrennbare Mineralwolle-Lamellendämmstreifen
- vollflächig angeklebte und zusätzlich angedübelte Mineralwolle-Dämmstreifen

Die Verklebung des Sturzschutzes erfolgt grundsätzlich mit mineralischen Mörteln oder dispersionsgebundenen Massen. Bei WDVS, die nach Zulassung geklebt und gedübelt oder schienenbefestigt werden müssen, ist zusätzlich zur vollflächigen Verklebung immer eine Verdübelung mit allgemein bauaufsichtlich zugelassenen WDVS-Dübeln des Sturzschutzes erforderlich.

b) Umlaufender Brandriegel

Das Schutzziel eines „Brandriegels“ besteht aus brandschutztechnischer Sicht in der Verhinderung einer fortschreitenden, geschossübergreifenden Brandweiterleitung in der Dämmebene von WDVS und soll somit die Anforderungen nach § 28 (1) MBO erfüllen. Bei Ausführung des Brandriegels muss dieser in mindestens jedem zweiten Geschoss durch vollständige, horizontal umlaufende Unterbrechung der Dämmung ausgeführt werden. Der Brandriegel findet bei WDVS mit EPS (B1 nach DIN 4102-1 [6]) mit der Anforderung schwerentflammbar und bei Dämmstoffdicken $d > 100 \text{ mm}$ bis $d \leq 300 \text{ mm}$ Anwendung. Der Brandriegel muss dabei folgenden Anforderungen genügen:

- $h \geq 200 \text{ mm}$,
- Schmelzpunkt $> 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Rohdichte $\geq 60 \text{ kg/m}^3$
- formstabil,
- nichtbrennbar.

Alternative Materialien und Lösungen bedürfen gesonderter Prüfungen und dazugehöriger Verwendbarkeitsnachweise für die Anwendung als Brandriegel im WDVS.

Bei der Anordnung des Brandriegels ist darauf zu achten, dass ein maximaler Abstand von 0,5 m zwischen Unterkante Sturz und Unterkante Brandriegel eingehalten wird. Dabei ist insbesondere auf Versprünge der Bauwerksöffnungen in der Außenwand in den einzelnen Geschossen zu achten.

Bauliche Unterbrechungen des WDVS aus nichtbrennbaren, hinreichend formbeständigen Konstruktionen oder Materialien, wie z. B. bei Gesimsen, Kragplatten von Balkonen, durchgängigen Fensterbändern oder rückspringenden Bebauungen wie Staffelgeschossen usw., können in die Ausbildung des Brandriegels mit einbezogen werden. Somit können die genannten Konstruktionen oder Materialien den Brandriegel teilweise oder sogar vollständig ersetzen. Der Brandriegel ist nur auf massiven mineralischen Untergründen zulässig und darf z. B. nicht auf Untergründen des Holztafelbaus verwendet werden. Ausgenommen sind Brandriegel nach den neuen Zulassungsgrundsätzen bis zum 3. Obergeschoss sowie dem Brandriegel unterhalb von brennbaren Dächern (vgl. hierzu Abbildung 5).

Im Bereich zwischen den Brandriegeln können beim Einbau von Verschattungseinrichtungen wie z. B. Rolladenkästen oder Jalousien im Bereich der Außenwandöffnungen oder bei „vorgesetzten“ Fenstern, die ganz oder teilweise in der Dämmebene liegen, weitere Brandschutzmaßnahmen entfallen. Bei WDVS mit angeklebtem EPS reicht eine Verklebung des Brandriegels, insofern dies nicht in den Zulassungsgrundsätzen anders geregelt ist, aus. Die Verklebung im Bereich des Brandriegels muss vollflächig mit mineralischem Mörtel oder dispersionsgebundenen Massen ausgeführt werden, so dass keine Fuge zwischen Brandriegel und Untergrund entstehen kann. Dadurch wird einem Durchbrennen entgegengewirkt. Der zu verwendende Klebemörtel ist in der Systemzulassung des WDVS genannt.

Bei WDVS mit angeklebtem und zusätzlich angedübeltem EPS mit Dicken bis 300 mm sowie WDVS mit schienenbefestigtem EPS muss der Brandriegel zusätzlich zu seiner vollflächigen Verklebung immer mit allgemein bauaufsichtlich zugelassenen WDVS-Dübeln befestigt werden.

Literatur

- [1] Center of Fire Statistics, CTIF Brandschadenstatistik: Die Feuerwehrstatistik der Welt, Bericht Nr. 17, Stand 2012
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt: Mitteilungen Bauregelliste A, B und Liste C Ausgabe 2015/2 vom 06.Oktober 2015
- [3] Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt: Mitteilungen Hinweis Alternative Brandschutzmaßnahme für Wärmedämmverbundsysteme mit EPS Dämmstoffen vom 28.Juni 2016
- [4] Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt: Mitteilungen Teil II der Liste

der technischen Baubestimmungen Ausgabe 4 vom 13.11.2014

- [5] Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt: Referat II1, WDVS mit EPS-Dämmstoff, Konstruktive Ausbildung von Maßnahmen zur Verbesserung des Brandverhaltens von als „schwerentflammbar einzustufenden Wärmedämm-Verbundsystemen mit EPS-Dämmstoff, Stand: 27.Mai 2015
- [6] DIN 4102-1:1998-05: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [7] DIN 4102-17:1990-12: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 17: Schmelzpunkt von Mineralfaser-Dämmstoffen; Begriffe, Anforderungen, Prüfung
- [8] DIN EN 13501-1:2010-01: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
- [9] Entwurf DIN 4102-20:2016-3 „Besonderer Nachweis für das Brandverhalten von Außenwandbekleidungen“
- [10] Elsner, P.; Eyerer, P.; Hirth, T.: Kunststoffe Eigenschaften und Anwendungen 8.Auflage S. 384; Stand 2012
- [11] ETAG 004: Guidline for European technical approval of external thermal insulation composite systems (ETICS) with rendering; Edition 2000 Amended February 2013
- [12] EU-Bauproduktenverordnung EU.BauPVO: VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011, konsolidierte Fassung vom 16.06.2014
- [13] Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e.V.: Technische Systeminformation 6, WDV-Systeme zum Thema Brandschutz; Ausgabe Vorabzug Ausgabe 2016
- [14] Feuerwehr Frankfurt am Main: Zusammenstellung von Brandereignissen in Verbindung mit WDVS im Auftrag von AGBF-Hessen, AGBF-Bund, Deutscher Feuerwehrverband e.V.; Stand Juni 2016
- [15] Musterbauordnung – MBO – Entwurfsfassung vom 31.03.2016 mit red. Korrekturen vom 21.04.2016
- [16] Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002 zuletzt geändert durch den Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21.09.2012
- [17] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) – Entwurfsfassung vom 20.07.2016

(Leerseite)

Schäden an WDVS

H. Oberhaus
Dortmund

Zusammenfassung

Grundlegende Planungsfehler sowie eine nicht fachgerechte Ausführung, aber auch unvorhersehbare Schadensereignisse führen immer wieder zu Rissen und anderen Beschädigungen an WDVS. Schäden im Sockelbereich, an Freitritten, an den Anputzleisten oder im Anschluss an Jalousieverwahrkästen sind genauso häufig wie Schäden im Anschluss an die Fensterbank. Ein besonderes Ereignis sind Hagelschäden, die das System großflächig erfassen. Lösungen für die technisch einwandfreie Überarbeitung von WDVS sind gefragt. Wichtig ist vor allem die Einzelfallbetrachtung bei der Überarbeitung wie zum Beispiel der Putzaufdopplung. Putztechnische Ertüchtigungsarbeiten stellen dabei keineswegs einen Widerspruch zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik dar. Mit korrekt geführten Nachweisen und allen eingehaltenen Anforderungen sind sie meist als Bauweise innerhalb der baurechtlich definierten Regeln anzusehen. Dabei ist es aber wichtig zu beachten, dass die Standsicherheit regelkonform bleibt und – soweit nötig – die Maßnahmen zu Wiederherstellung der gewöhnlichen Verwendungseignung ergriffen werden.

1 Grundlagen zu Anschlüssen im WDVS

1.1 Anschlüsse im WDVS mit Fugendichtbändern

Für zahlreiche Aufgaben verwendet man Fugendichtbänder, die man in der Ebene des Dämmstoffes mit der Stirnseite des Dichtbandes bündig mit der Dämmstoffoberfläche verlegt. Die Dichtbänder werden hierbei typischerweise auf die anzuschließenden Bauteile – z.B. Fensterrahmen oder Fensterbankbordprofil – aufgeklebt. Anschließend wird der Dämmstoff montiert und dabei neben/an das Dichtband gedrückt. Das Dichtband expandiert gegen den Dämmstoff und auf diese Weise ist der Anschluss vorbereitet. Dieser wird fertig gestellt, indem der Unterputz mit Bewehrungsgewebe aufgetragen wird und auf die Stirnseite des Dichtbandes aufgespachtelt wird. Um zu vermeiden, dass der Putzmörtel am anzuschließenden Bauteil anhaftet und einige Millimeter vom Bauteil entfernt ein Putzriss entsteht, sollte man stets einen Kellen- oder Cutterschnitt durchführen. Diese seit Jahrzehnten praktizierte Vorgehensweise sollte aufgrund der langjährigen Praxiserfahrung über jeden Zweifel erhaben sein. Das ist nicht der Fall. Anschlüsse in dieser Form habe ich als nicht regendicht vorgefunden, wodurch mitunter große Schäden im Wärmedämm-Verbundsystem entstanden sind. Daher ist sinnvoll, Überlegungen über die Wirkungsweise dieses Anschlusses anzustellen.

Die Dichtbandhersteller haben eine Grundauffassung von der Art der Verwendung ihrer Dichtbänder, die nach meiner Auffassung wie folgt beschrieben werden kann: Ein Dichtband kann als Ersatz für eine mit Fugendichtstoff gefüllte Fuge angesehen werden. Hierbei wird das Dichtband zwischen zwei planparallelen und wasserdichten Flanken eingebracht. Das Dichtband wird gegen eine der beiden Flanken geklebt und expandiert zur anderen Flanke hin und drückt sich gegen die zweite Flanke. Ein so in eine Fuge eingebrachtes Dichtband wird durch Regen von einer Stirnseite des Dichtbandes her belastet. Ein solches Dichtband ist solange dicht, bis Wasser durch den gesamten Dichtbandquerschnitt, das heißt durch die gesamte Dichtbandbreite durchgewandert ist. Dass dies für eine angepeilte Belastungsdauer durch Regen und Wind nicht erfolgt, weist der Dichtbandhersteller erfolgreich nach. Meinerseits wird daher in keiner Weise angezweifelt, dass Dichtbänder diese Funktion erfüllen können.

Worin liegt nun der Unterschied in der Verwendung des Dichtbandes in diesen beiden Beispielen: In meiner praktischen Erfahrung als Sachverständiger habe ich feststellen können, dass an Baustellen in aller Regel sehr kleine Dichtbandquerschnitte verwendet werden. Von Herstellern wird gelegentlich der Hinweis gegeben, dass beispielsweise die minimale Dichtbandgröße ein Dichtband für Fugenbreiten 5 bis 12 mm mit Fugendichtbandbreite 15 mm ist. Jedoch findet man typischerweise Dichtbandquerschnitte, die deutlich kleiner sind, vor. Es gibt Dichtbänder, die für Fugen der Breite 3 bis 6 mm geeignet sind. Wenn ein solches Dichtband beispielsweise mit einer Dichtbanddicke, das bedeutet einer Fugenbreite 4 mm eingebaut wird und gegen diese Stirnseite des

Dichtbandes der Unterputz aufgebracht und am Bauteilanschluss noch mit Kellenschnitt getrennt wird, dann verbindet sich der Unterputz auf einer Breite von angenommen 3 mm mit dem Dichtband. Wenn nun ein solcher Anschluss durch Schlagregen belastet wird, hat das Wasser ohne Weiteres die Möglichkeit bis zum Dichtbandquerschnitt zu gelangen und hat dann zwei mögliche Wege. Der eine Weg geht durch den Putz. Der andere Weg geht durch das Dichtband. Dringt Wasser in das Dichtband ein, so hat es wie im genannten Beispiel einen Weg von 3 mm durch das Dichtband hindurch überwinden, um bis zum Dämmstoff zu gelangen. Verwendet man hier einen Dämmstoff, der das Wasser ganz gern annimmt, so wandert das Wasser kontinuierlich durch das Dichtband in den Dämmstoff hindurch, um erst einmal das Wasser, das Dichtband in diesem Querschnitt durchnässt hat.

Auf diese Durchnässung des Dichtbandes wird später vertiefend eingegangen. Zunächst wird noch der zweite Weg betrachtet. Der Putz, der im Anschlussbereich des Kellenschnitt vom anzuschließenden Bauteil getrennt ist, wird durch Wasser auf seiner Oberfläche und im Querschnitt des Putzes belastet. Dies bedeutet, dass das Putzsystem von zwei Seiten, nämlich der Putzoberfläche sowie der Stirnseite Wasser aufnehmen kann. Wenn nun das Wasser von der Stirnseite aufgenommen wird und in den Querschnitt des Putzes eindringt, so hat es eine Dicke, die ebenfalls nur 3 mm lang ist, bis das Wasser dort eingelangt, wo es in den Dämmstoff übergehen kann. Insgesamt hat dieser Anschluss mit den Maßen dieses Beispiels den signifikanten Nachteil, dass der Weg des Wassers durch das Dichtband hindurch nur 3 mm hat, während bei der sollgerechten Verwendung eines Dichtbandes der Weg des Wassers der Dichtbandbreite von mindestens 10 oder 12 mm entspricht. Wenn also der Dichtbandhersteller nachweist, dass erst mit einer Dichtbandbreite von 10 oder 12 mm der Dichtbandquerschnitt schlagregendicht ist, müssen die Dichtbänder im WDVS stets mit solchen Querschnitten verwendet werden, die es ermöglichen, dass der Unterputz mindestens auf einer Breite von 10 oder 12 mm auf das Dichtband aufgespachtelt wird.

Alle Anschlusslösungen mit weniger Verbundfläche zwischen Unterputz und Dichtband müssen als nicht dicht angesehen werden. Wenn man diesen sehr einfachen Grundsatz der Dichtbandverwendung im WDVS zugrunde legt, dann führt das dazu, dass im Regelfall die Anschlüsse mit größerem Aufwand herzustellen sind, als das bislang meist üblich ist. Für das Unterbringen des Dichtbandes im Dämmstoffquerschnitt muss der Dämmstoff an der Kante so beschnitten werden, dass das Dichtband dort eine entsprechende Kammer hat und soweit aufgehen kann, dass der Unterputz auf einer Breite von mindestens 10 bis 12 mm auf das Dichtband aufbinden kann. Dies ist eine zusätzliche Arbeit, weil sie nicht ein maßgenaues Zuschneiden entlang der Dämmstoffkante erforderlich macht. Ferner wird ein größerer Dichtbandquerschnitt benötigt, als es bislang in vielen Fällen möglich ist.

Abb. 1 zeigt diese systematischen Schwachpunkte der zwei kurzen Wege des Wassers durch den Unterputz und durch das Fugendichtband.

1. Die systemtypische Ablösung des Putzsystems (kontrolliert oder unkontrolliert, oft mit Putzabplatzung kombiniert) vom Blech der Fensterbank erzeugt einen Kapillarspalt. Wasser wirkt auf die Vorderseite und die Stirnseite des Putzes ein, wird dort bis zur Sättigung des Putzes aufgenommen und kann nach einem kurzen Weg durch den Unterputz direkt in den Dämmstoff laufen.
2. Das Fugendichtband hat einseitig keine dichte Flanke; es wird nicht die ganze Fugendichtbandbreite aktiviert, sondern dem Wasser ein wenige Millimeter langer Weg durch das Dichtband zur Verfügung gestellt.
Es genügt eine Teildurchfeuchtung des Dichtbandes nahe der Verbundfuge zum Dämmstoff und Wasser fließt durch das Dichtband hindurch in die Dämmebene.

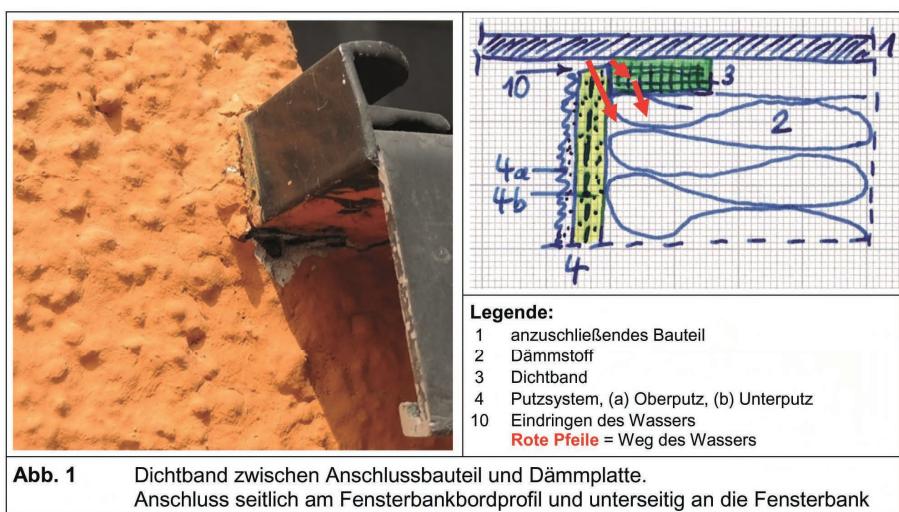


Abb. 1 Dichtband zwischen Anschlussbauteil und Dämmpfanne.
Anschluss seitlich am Fensterbankbordprofil und unterseitig an die Fensterbank

1.2 Anschlüsse mit Anschlussleisten:

Bei der Konzeption von An schlüssen an andere Bauteile hat man den Weg verfolgt, auf Fugendichtstoffe weitestgehend verzichten zu können. Ersatzweise hat man An schlussleisten konzipiert, die bereits eine komplexe Entwicklung hinter sich haben. Die einfachen im Wärmedämm-Verbundsystem verwendbaren Putzanschlussleisten sind sogenannte einteilige Leisten, die stets dadurch gekennzeichnet sind, dass an den Kunststoffquerschnitt eine Gewebefahne befestigt ist und mit dieser Gewebefahne die

Verbindung der Anschlussleiste zum Putzsystem insbesondere zum Unterputz sicher gestellt wird. Die einfachste Putzanschlussleiste ist nach diesem Grundsatz nicht eine Anschluss-, sondern eine Putzabschlussleiste, also ein Kunststoffwinkel, der in einem der beiden Winkel gelocht ist, um eine bessere Verbindung zum Putz zu erzielen, und an dem die Gewebefahne befestigt ist. Der zweite Schenkel erzeugt einen gradlinigen und festen Kantenabschluss des Putzsystems. Eine solche Putzabschlussleiste kann vielfach verwendet werden, soll aber hier nicht näher betrachtet werden.

Der nächste Schritt ist eine tatsächliche Putzanschlussleiste, mit der ein schlagregendichter Anschluss an andere Bauteile, wie Fensterrahmen oder Rolladenführungsleisten, hergestellt wird. Hierbei ist die einfachste Konstruktion eine einteilige Leiste: Diese besteht aus dem PVC-hart-Querschnitt, der beispielsweise einen angeformten Steg mit Löchern aufweist. Mit diesem Steg und den darin befindlichen Löchern erfolgt die Verbindung der Leiste an den Unterputz wobei zusätzlich an diesen Steg eine Gewebefahne befestigt ist, also damit auch eine zugfeste Verbindung hergestellt wird, die auch dann noch wirkt, wenn der unmittelbare Verbund des Putzes zu diesem gelochten Steg verloren gehen würde. Meist ist der Kunststoffquerschnitt an der Stelle, wo die Stirnseite des Putzsystems an den Querschnitt anbindet auch noch mit Längsrillen versehen. Die eigentliche Verbindung dieser Leiste zum anzuschließenden Bauteil erfolgt mit dem an den Kunststoffquerschnitt angeklebten PE-Weichschaumband. Mit diesem Weichschaumband, das selbstklebend ist und noch mit einer Schutzlasche versehen ist, wird die Anschlussleiste an den Fensterrahmen geklebt und dichtet zum Fensterrahmen durch den dauerhaften Verbund des Weichschaumbandes zum Fensterrahmen ab.

Für die Funktionstüchtigkeit dieser Anschlussleiste ist es daher von Bedeutung, dass die Verklebung des PE-Weichschaumbandes dauerhaft erhalten bleibt und die Verbindung des Putzsystems zum PVC-Querschnitt ebenso. Diese Anschlussleiste kann gegenseitige Verformungen der Bauteile, also des Putzsystems, und des anzuschließenden Bauteils lediglich dadurch aufnehmen, dass das PE-Weichschaumband gestaucht, gedehnt und/oder schubverzerrt wird. Typischerweise werden Weichschaumbänder der Dicke 3 oder 4 mm verwendet. Ein solches Weichschaumband kann maximale Verformungen des Putzsystems in Höhe von ca. +/- 0,5 mm aufnehmen. Bei einer großen Zugkraft reist entweder die Leiste vom Fensterrahmen ab, oder das Putzsystem von der Leiste. Bei zu großer Druckkraft des Putzes zur Leiste hin versagt die Verbindung des Unterputzes zum Kunststoffsteg. Alle drei Versagensarten müssen unbedingt vermieden werden.

Die Entwicklung der Wärmedämm-Verbundsysteme ist im Zuge der Verschärfungen der Energieeinsparverordnung zu immer größeren Dämmstoffdicken hingegangen, wobei Fensteranlagen häufig auch in die Dämmebene verlegt werden. Dies bringt es mit sich, dass zum einen die elastische Bettung des Putzsystems kleiner wird und die Randverformungen der Putzscheiben größer werden und dass die Verklebung des

Dämmstoffes entlang des Fensters recht weit von dem eigentlichen Fensteranschluss entfernt liegen kann. Hinzu kommt noch der Einfluss der eigentlichen Fensteranlage. Je größer diese ist, desto größere Verformungen wird diese durch die Temperaturschwankungen ausüben, sodass in den Anschlüssen des Putzsystems zu den Fensteranlagen weit größere Verformungen aufzunehmen sind, als die vorgenannten +/- 0,5 mm.

Dies hat dazu geführt, dass die einteiligen Anschlussleisten für solche Anschlüsse nicht mehr geeignet sind.

Die Systemhersteller sind in den vergangenen Jahren dazu übergegangen, Anwendungsbedingungen für die unterschiedlichen Leistentypen zu formulieren, woraus hervorgeht, dass einteilige Anschlussleisten im Neubau ungeeignet sind. Im Altbau, wo eine dünne Dämmpfplatte im vorhandenen Wandanschlag untergebracht wird und dadurch zum Fenster eine sehr kleine Verformung auftreten wird, kann eine einteilige Leiste noch geeignet sein.

Mehrteilige Leisten gibt es zwischenzeitlich in zahlreichen Varianten. Eine grobe Unterteilung kann man vornehmen, indem man zum einen die Teleskopleisten und zum anderen die Leisten mit integrierten Kompribändern betrachtet. Eine Untergruppe wäre noch eine solche, bei der die zwei Kunststoffteile der zweiteiligen Leiste mit einer Weich-PVC-Schlaufe verbunden sind und auf diese die Schlagregendichtigkeit mit Aufnahme größerer Bewehrungen sichergestellt ist.

Bei den sogenannten Teleskopleisten sind zwei Kunststoffteile so geformt, dass sie sich gegenseitig bewegen können, gleichzeitig aber schlagregendicht bleiben. Bei den Leisten mit integriertem Fugendichtband gibt es den einen Kunststoffteil, der mit den PE-Weichschaumband an den Fensterrahmen geklebt wird und den weiteren Kunststoffteil, der mit der Anschlussfahne und dem Anschlusssteg an den Unterputz gekoppelt wird. Zwischen diesen beiden Kunststoffteilen befindet sich das expandierende Fugendichtband und sonst keine Verbindung.

Damit bei diesen zwei- oder mehrteiligen Leisten eine einfache Montage möglich ist, werden die Leisten werkseitig so produziert, dass die Teile zunächst ein zusammenhängendes Teil sind und somit die Leiste wie eine einteilige Leiste verarbeitet werden kann also wie gewohnt beispielsweise an den Fensterrahmen geklebt wird. Die Entkopplung der zwei Kunststoffteile erfolgt in der Regel dadurch, dass eine angeformte Lasche am Ende der Arbeiten entfernt wird. Diese Lasche dient im Bauzustand dem Anschluss einer Fensterschutzfolie an diese Leiste, wodurch ein sicherer Schutz der Fensteranlage sichergestellt ist. Während der Systemherstellung sind damit mehrteilige Leisten wie einteilige Leisten vergleichsweise starre Leisten.

Es ist daher häufig das Problem entstanden, dass während der beispielsweise sechswöchigen Bauzeit Schwindverformungen des Unterputzes bzw. Putzsystems eingesetzt und eine Zwängungsbeanspruchung in die Leiste eingeleitet haben, wodurch sich diese durch die noch mechanische Koppelung der Teile miteinander vom Fensterrahmen gelöst haben. Die Ablösung vom Fensterrahmen hat man erst dann gemerkt, wenn man die Verbindungslasche zum Schluss abnimmt.

Möglicherweise ist jedoch auch das PE-Weichschaumband zur Verklebung der Leiste am Fensterrahmen so verdeckt, dass man die Ablösung gar nicht entdeckt hat. Auf diese Weise entstehen Anschlüsse, die zwar mit einer hochwertigeren Leiste konzipiert wurden aber am Ende dennoch nicht dicht sind. In diesem Zusammenhang habe ich auch erlebt, dass sich die 2 Teile der Teleskopleisten so ineinander verkeilen, dass sie sich gar nicht plangerecht verformen können und damit die gegenseitigen Verformungen aufnehmen.

Dies hat in einem Beispiel dazu geführt, dass trotz Verwendung einer mehrteiligen Leiste 30 Prozent aller Anschlüsse an einem Gebäude nicht schlagregendicht sind. Denn in dem Moment in dem sich das selbstklebende Weichschaumband vom Fensterrahmen ablöst, ist eine derartige Leiste nicht mehr schlagregendicht und kann die zugesetzte Funktion nicht mehr erfüllen. Eine jüngere Entwicklung dieses Leistentyps mit integriertem Fugendichtband ist dahingehend betrieben worden, dass die Verklebung der Leiste mit dem Weichschaumband auf dem Fensterrahmen nicht mehr für die Schlagregendichtigkeit verantwortlich ist. Dies ist dadurch gelungen, dass diese Leiste etwas breiter ist und dadurch das selbstklebende Weichschaumband und das integrierte Fugendichtband nicht übereinander, sondern nebeneinanderliegt. Diese Leiste wird montiert wie die anderen Leisten auch. Erst zum Schluss der Arbeiten wird eine Lasche aus dieser Leiste herausgezogen, wodurch das Fugendichtband freigegeben wird und gegen den Fensterrahmen expandiert. Da das Dichtband neben der selbstklebenden Weichschaumwand liegt, expandiert das Fugendichtband unmittelbar gegen den Fensterrahmen, wodurch die Schlagregendichtigkeit erzielt wird.

2 Die Architekturentwicklung

Wir sprechen heute nicht mehr von Fenstern, sondern von Fensteranlagen, die häufig durch weitere Bauteile, nämlich Jalousien, oder Rollläden und deren Führungsleisten oder sogar außen vorgestellte umlaufende Metall-Zargenkonstruktionen, in die die Jalousie oder der Rollladen integriert ist, erweitert werden.

Dabei entstehen komplexerer Metallkonstruktionen, mit denen bereits die Leibungen vor den Fensteranlagen hergestellt werden. Das Putzsystem des WDVS wird in solchen Fällen nicht mit Kanten und Leibungen versehen, sondern wird in der eigentlichen Fas-

sadenfläche an diese Konstruktionen angeschlossen. Solche Anschlusslösungen machen besondere Detailausbildungen erforderlich, weil die vorstehend beschriebenen Anschlussleisten, die in diesem Fall auftretenden Gesamtbewegungen zum Fenster hin und vom Fenster weg nicht mehr aufnehmen können.

Es bedarf somit einer detaillierten Planung des Anschlusses des Putzsystems an solche Metall-Zargenkonstruktion. Für einen solchen Anschluss ist somit eine Konstruktion zu entwickeln, die es ermöglicht, dass die Anschlussfuge zwischen Metall und Putz enger und weiter wird. Dies kann vorteilhaft mit Fugendichtstoffen und Fugenbändern, die sichtbar bleiben bzw. dem Wetter ausgesetzt sind, erfüllt werden.

Nun muss putzseitig für ein Fugendichtband oder für einen Fugendichtstoff eine geeignete Flanke hergestellt werden. Eine geeignete Flanke erzielt man nicht mit einem einfachen Putzabschlussprofil, weil ein einfaches Putzabschlussprofil lediglich einen so breiten Schenkel hat, die der Putzdicke entspricht. Dies sind beispielsweise nur 6 mm, was für eine Fugendichtflanke zu wenig ist. Es ist daher vorteilhaft, ein Profil zu verwenden, das eine deutlich breitere Kunststofffläche, also einen breiten Flansch hat, gegen den der Dichtstoff oder das Fugendichtband abdichten kann.

Solche Querschnitte von Anschlussleisten werden mittlerweile von den Leistenherstellern angeboten und beispielsweise als "Tropfkantenprofil ohne Tropfkante" bezeichnet. Es können auch eigens hierfür entwickelte Kunststoffquerschnitte sein, die per se mit glattem Flansch ohne Tropfkante hergestellt werden.

Eine solche Konstruktion wird in den vertikalen Anschlässen an die Metallzargen und beispielsweise auch als unterseitigen Anschluss unter der Fensterbank verwendet. Für den Anschluss oben auf eine solche Metallzargenkonstruktion kann durchaus ein Tropfkantenprofil verwendet werden, da mit der Tropfkante ein möglicherweise dahinter befindliches Dichtband vor Regen- und Sonneneinwirkung geschützt ist. Mit diesen Leistenkonstruktionen kann man ordentlich aussehende Anschlüsse zu Metallzargenkonstruktionen oder ähnlichen Bauteilen herstellen. Das Problem dieser Anschlüsse sind die Eckbereiche: In den Ecken treffen die Querschnitte aufeinander und müssen im Querschnitt auf Gehrung zugesägt oder stumpf gegeneinandergestoßen werden. Die Eckbereiche müssen ggfs. mit Dichtstoff abgedichtet werden.

3 Anschlüsse an Fensterbank-Bordprofile

Der typische Anschluss ist der mit Verwendung des Dichtbandes. Das Dichtband muss dementsprechend so geführt werden, dass alle Anschlussbereiche abgedeckt werden. Von großer Bedeutung ist der seitliche Kellenschnitt. Wenn größere Bewegungen zu erwarten sind, sollte mit zusätzlichem, vor dem Dichtband liegendem Anputzband gearbeitet werden. Dies liegt dann in der Ebene des Putzsystems und würde durch die

Zusammendrückbarkeit die Verformungen von Putz und Fensterbank ermöglichen. Auch mit Anschlussleisten kann gearbeitet werden, wie in den Bildern gezeigt wird.

Bei der Anschlussreparatur für eine solche Stelle und für zahlreiche andere Stellen am Bauwerk, für die Beispiele gezeigt werden, ist es nach meiner Auffassung möglich, mittels Fugendichtstoffen zu arbeiten. Der Anschlussbereich muss freigeschnitten werden. Es muss eine Rundschnur eingelegt werden. Die Putzoberfläche und Schnittkante muss geprimert werden und es wird der Fugensichtstoff eingebracht. Dieser kann anschließend besandet werden, sodass eine angemessene optische Wirkung erreicht werden kann.

4 Gewerkeloch und Anschluss der Fensterbank an den Fensterrahmen

Es ist unbedingt erforderlich, dass zwischen Fensterbank-Anschraubsteg und Fensterrahmen ein zugehöriges, geschlossenzzelliges Dichtband oder ein zugehöriger EPDM-Querschnitt zwischengelegt wird. Für die Verschraubung sollten Schrauben mit Dichtringen verwendet werden.

Bei einfach konstruierten Fensterbänken, bei denen das Bordprofil seitlich aufgesteckt wird, entsteht eine undichte Innenecke zwischen Bordprofil und Fensterbank-Anschraubsteg. Diese ist rückseitig zu hinterkleben oder von der sichtbaren Innenecke aus mit Fugendichtstoff zu verschließen.

Rolladenführungsleisten werden im Regelfall aufgeklipst und sind damit nicht regendicht am Fensterrahmen angeschlossen. Bei Rolladenführungsleisten aus Kunststoff oder Metall liegen Kammern vor, in denen das Wasser heruntergeführt wird. Eine eindeutige und sichere Wasserführung ergibt sich nur dann, wenn die Rolladenführungsleisten auf die Fensterbank entwässert werden. Dass dies so erfolgt, dass es zwischen der Rolladenführungsleiste und der Fensterbank eine Abdichtung gibt, ist unbedingt für die Funktionstüchtigkeit eines Wärmedämm-Verbundsystems erforderlich, es sei denn die Fensterbankkonstruktion insgesamt wird mit einer zweiten Dichtungsebene ausgeführt, sodass gewisse Undichtigkeiten in der Fensterbank durch die zweite Dichtebene aufgefangen werden.

5 Sockel

Man sieht Sockelausbildungen als funktionstüchtig an, auch wenn die Sockeldämmplatten unterhalb der Geländeoberfläche nicht durchgehend abgedichtet sind. Typischerweise werden von den Herstellern Sockeldämmplatten aus EPS geliefert. Diese funktionieren nicht, wenn die Belastung durch aufstauendes Wasser erfolgt. Diese sind nur für Sickerwasser geeignet.

Von besonderer Bedeutung ist der geeignete Feuchtigkeitsschutz des Sockelputzsystems. Hierbei gilt die Regel, dass der Sockelputz ab ca. 5 cm oberhalb des Geländes vollständig mit einer Feuchtigkeitsschutzschicht gegen Wasseraufnahme geschützt werden muss. Wie das gezeigte Beispiel zeigt, kann ein Schaden im Sockelputz entstehen, wenn nur kleine Teilbereiche des unter die Geländeoberfläche geführten Putzes nicht geschützt sind.

Eine Reparatur kann über die Verplombung erfolgen. Diese sollte so ausgeführt werden, dass die Verplombung auch in die Dämmschicht hinein ausgebildet wird. Oftmals habe ich vergleichsweise feuchte Polystyrol-Dämmplatten im Sockelbereich vorgefunden. Es muss darauf aufgepasst werden, dass nicht die Bauwerksabdichtung mit Handwerkszeugen beschädigt wird.

Besonders gefährdet sind solche Sockelkonstruktionen, die bis auf wasserführende Ebenen hinuntergeführt werden. In dem zitierten Merkblatt, in dem zahlreiche Aufbauten für Sockelbereiche gezeigt werden, wird ein Fußpunktanschluss mit Flüssigkunststoffabdichtung beschrieben. Dies ist eine Abdichtungsmaßnahme, die von Dachdeckern ausgeführt wird.

Eine solche halte ich an der skizzierten Stelle für funktionstüchtig. Problem hierbei ist: Wenn das Fassadensystem eine Regenundichtigkeit hat und im Fassadensystem Wasser nach unten gelangt, bleibt es zwischen der Gebäudeabdichtung und der vorderseitigen Abdichtung gefangen, wird doch wieder vom Putzsystem aufgenommen und kapillar hochgeführt, sodass trotz sorgfältigster Ausführung im Sockelbereich das System geschädigt wird.

Ein Fallbeispiel hierzu wird gezeigt: Im Anschluss der flächigen Abdichtung zur untenliegenden waagerechten Abdichtung fehlte es an Sorgfalt. Dies hat den gesamten Sockelbereich geschädigt.

Das WDVS sollte aus dem wasserführenden Bereich vollständig herausgehalten werden. Hierzu werden Beispiele gezeigt.

6 Fassadensanierungen mit Putzaufdoppelung

Es gibt verschiedene Gründe, eine Fassade vollflächig überarbeiten zu müssen. Diese können sein: zu große Unebenheiten, unzureichende Dämmstoffverklebung, zu kleine Putzdicken, unzureichende Dübelbefestigung, fehlerhafte Anschlüsse und der mit Bildern gezeigte Hagelschaden. In den gezeigten Bildern werden hierzu Grundlagen dargestellt. Es wird auf die baurechtliche Fragestellung eingegangen. Wenn der Systemaufbau hinsichtlich der Gesamtputzdicke und des Gesamtputzgewichtes innerhalb der Bandbreiten der vorhandenen Zulassungen liegt, wird eine Zustimmung im Einzelfall

nicht benötigt. Dies ist jedoch stets eine Einzelfallentscheidung. Es ist selbstverständlich erforderlich, die Kombination der Putzsysteme hinsichtlich der Funktionstauglichkeit zu beurteilen. Dies betrifft die Haftzugfestigkeit, den Feuchtehaushalt des Systems und die Statik. Mit dem Begriff Statik ist hier zum einen die Schubkraft, die durch das Gesamtputzsystem auf die Dämmschicht einwirkt, gemeint.

Zum anderen aber auch die Kombination der Putze miteinander mit Hinblick auf die Aufnahme von unvermeidbaren Zwängungsbeanspruchungen. Am Fallbeispiel wird gezeigt, dass eine Putzkombination, die durch die Tabelle im Hinblick auf die zulässigen Kombinationen als abgedeckt angesehen werden kann, in der praktischen Anwendung nicht funktioniert. Wenn ein vergleichsweise dickes und hartes Putzsystem Risse aufweist, dann besteht die Gefahr, dass nach Auftrag eines neuen Putzsystems dadurch, dass in dem Gesamtputzaufbau der wesentliche Querschnitt bereits Risse hat, auch im neuen Putzsystem wieder Risse entstehen. An einem Fallbeispiel wird dies gezeigt.

An Fallbeispielen wird auch die Ertüchtigung der Verklebung und der Dübelbefestigung gezeigt. An einem weiteren Fallbeispiel wird gezeigt, dass eine unzureichende Dämmstoffverklebung bei Hartschaumdämmstoffen zu Bewegungen im System führen, die Rissbildungen im Putzsystem nach sich ziehen. Dieser Sachverhalt ist seit Jahrzehnten bekannt. Das Heilen eines so geschädigten WDVS durch Auftrag eines neuen Putzsystems wird nicht gelingen, wenn der Hartschaumdämmstoff unzureichend verklebt ist.

Wenn ein WDVS mit Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten mittels derartiger Maßnahmen ertüchtigt wird, bezieht man sich auf die vorhandenen bauaufsichtlichen Zulassungen, die seit dem 01.01.2016 die zusätzlichen Brandbarrieren des Sockelbrandszenarios beinhalten. Demzufolge ist bei Ertüchtigungsmaßnahme diese neue Anforderung umzusetzen. Ein Fallbeispiel hierzu wird gezeigt und es wird der Vorschlag unterbreitet, wie hierbei vorgegangen werden kann: Das System wird in einem entsprechend der geplanten Brandbarriere zum Beispiel 20 cm breit entfernt. Der Mineralwolle-Dämmstoff wird vollflächig eingeklebt und nach meiner Empfehlung wird anschließend auf diese Brandbarriere und die angrenzenden Putzbereiche, die im angrenzenden Bereich anzuschleifen sind, zu grundieren sind, sodass hierauf eine gute Haftung des neuen Unterputzes erfolgen kann, vorbereitet. Es wird eine Vorspachtelung mit Gewebeeinbettung etwa auf einer Breite von 40 cm ausgeführt. Es können anschließend Dübel gesetzt werden, die damit durch das Gewebe dieser ersten Gewebeeinlage gesetzt sind. Ggf. wird das gesamte System gedübelt. Anschließend wird das neue Putzsystem aufgebracht.

Für Anschlussaufgaben werden Lösungsmöglichkeiten gezeigt.

(Leerseite)

Autorenliste (in alphabetischer Reihenfolge)

<p>Dipl.-Ing. Bredemeyer, Jan ö. b. u. v. Sachverständiger für Wärme- und Feuchteschutz, Abdichtungen (zuständig: IHK Berlin) Ingenieure für das Bauwesen Prof. Vogdt & Oster Partnergesellschaft Gardeschützenweg 142, 12203 Berlin Tel.: +49-(0)30-86 39 10 61 Fax: +49-(0)30-86 39 10 69 E-Mail: bredemeyer@ifdb-berlin.de Web: www.ifdb-berlin.de</p>	<p>Dr. rer. nat. Göske, Jürgen Diplom Mineraloge (univ.) Sachverständiger für Schadensuntersuchung und mineralogische Beurteilung von Baustoffen und anorganischen Materialien. Öffentlich bestellt und vereidigt von der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken. Dorfstraße 16a, 91233 Neunkirchen am Sand</p>
<p>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fouad, Nabil A. Dipl.-Ing. Merkewitsch, Thomas Institut für Bauphysik Leibniz Universität Hannover Appelstraße 9A, 30167 Hannover Tel.: +49 511 762 2404 Fax: +49 511 762 5746 E-Mail: fouad@ifbp.uni-hannover.de merkewitsch@ifbp.uni-hannover.de www.ifbp.uni-hannover.de</p>	<p>Tel.: 09123-979995 Fax: 09123-979994 Mobil: 0170-8001048 E-Mail: juergen.goeske@gmx.de; juergen.goeske@expertebe.de Web: www.schadensanalytik.eu; www.ettringit.de</p>
<p>Fuhrhop, Daniel Bürgerstraße 57a, 26123 Oldenburg Tel.: 0441-933 26 95 Fax: 0441-9351570 E-Mail: post@daniel-fuhrhop.de Web: www.daniel-fuhrhop.de</p>	<p>Prof. Dr.-Ing. Holm, Andreas Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München Postfach 15 25, 82157 Gräfelfing Tel.: +49 89 85800-0 Fax: +49 89 85800-40 E-Mail: info@fiw-muenchen.de Web: www.fiw-muenchen.de</p>
<p>Ministerialdirektor a.D. Halstenberg, Michael HFK Rechtsanwälte LLP Büro Düsseldorf: Königsallee 6-8, 40212 Düsseldorf Tel.: 0049 (0) 211 54 21 65 - 13 Fax: 0049 (0) 211 54 21 65 - 99 E-Mail: halstenberg@hfk.de Web: www.hfk.de</p>	<p>M.Eng. Klingler, Martin Rechbergstraße 12, 71254 Ditzingen Tel.: 0176 29339655 E-Mail: postfach@martin-klingler.com</p> <p>Dipl.-Ing. Kohls, Arno Saint-Gobain Weber GmbH Lohstr. 61, 45711 Datteln Tel.: 02363-399-0 Fax: 02363-399183 E-Mail: arno.kohls@sg-weber.de Web: www.sg-weber.de</p>

Autorenliste (in alphabetischer Reihenfolge)

<p>Dipl.-Ing. (FH) Krause, Detlef Sachverständigenbüro für Holz- und Feuchteschäden ö.b.u.v. SV f. Holz- und Bautenschutz HWK Ostmecklenburg-Vorpommern Dorfstr. 5, 18246 Groß Belitz Tel.: 038466 20591, Fax: 038466 20592 Mobil: 0173 2032827 E-Mail : post@ingkrause.de Web : www.ingkrause.de</p>	<p>Dr. Pallaske, Michael Kurt Obermeier GmbH & Co. KG Berghäuser Straße 70 57319 Bad Berleburg Tel. 02751 – 524 203 Fax 02751 – 5041 E-Mail: dr.pallaske@obermeier.de www.kora-holzschatz.de</p>
<p>Dipl.-Ing. (BA) Leopold, Nadine, M.Sc. Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen Leipzig mbH Geschäftsbereich Bauphysik, AG Wärme- und Feuchteschutz Hans-Weigel Straße 2B, 04319 Leipzig Tel.: 03416582-173 Fax: 0341/6582-181 E-Mail: leopold@mfp-a-leipzig.de Web: www.mfp-a-leipzig.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Rudisch, Andreas, BSc. Dipl.-Ing. Dunjic, Viktor Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kolbitsch, Andreas Technische Universität Wien Institut für Hochbau und Technologie Karlsplatz 13/206-4, A-1040 Wien Tel.: +43 (1) 58801-21555 Fax: +43 (1) 58801 21599 E-Mail: andreas.rudisch@tuwien.ac.at Web: www.hochbau.tuwien.ac.at</p>
<p>Prof. Dr. jur. Meiendresch, Uwe Vorsitzender Richter am Landgericht Aachen Universität zu Aachen (RWTH) Honorarprofessor Trevererstraße 4, 52074 Aachen Tel.: 0241/870379 E-Mail: uwe.meiendresch@googlemail.com</p>	<p>Dr. Schwellnus, Konrad Wartig Nord GmbH Beraten Planen Begutachten Friesenweg 5 H, 22763 Hamburg Tel.: 040 88 18 03 0 Fax: 040 88180377 E-Mail: schwellnus@wartig-nord.de</p>
<p>Dr. Ing. Oberhaus, Heribert Ingenieurgesellschaft Bauforschung Oberhaus mbH Ostenbergstr. 26, 44225 Dortmund Tel.: 0231 75816430 E-Mail: h.oberhaus@igb-dortmund.de Web: www.igb-dortmund.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Semmler, Arne Dienstleistung Denkmal DD Gesellschaft von Architekten und Sachverständigen GmbH Kantstraße 21, 10623 Berlin Tel.: 030 547 109 25 Fax: 030 547 109 85 E-Mail: semmler@dienstleistung-denkmal.de Web: www.dienstleistung-denkmal.de</p>

Autorenliste (in alphabetischer Reihenfolge)

<p>Thümler, Ingo Otto Richter GmbH Seelenbinder Str. 80, 12555 Berlin Tel.: 030 6566110 Fax: 030 6566111 E-Mail: it@feuchteklinik.de Web: www.otto-richter.de</p> <p>Dr. Warscheid, Thomas Schwarzer Weg 27, 25215 Wiefelstede – Metjendorf Tel.: 0441 4089202 Fax: 0441 4089203 E-Mail: lbw.bb@gmx.de</p> <p>Dr. Wegner, Robby MPA Eberswalde Materialprüfanstalt Brandenburg GmbH Alfred-Möller-Strasse 1 D-16225 Eberswalde Tel: +49 (0) 3334 65 449 Fax: +49 (0) 3334 65 550 E-Mail: wegner@mpaew.de Web: www.mpaew.de</p> <p>Dr. v. Werder, Julia Claus-Jesup-Str. 28, 23966 Wismar Tel. 03841 303953 E-Mail: julia@werder.de</p> <p>Dipl.-Ing. Wetzel, Henrik-Horst Von der IHK zu Kiel öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden Steinkampberg 10, 24235 Laboe Tel.: 04343 6116140 E-Mail: info@sv-wetzel.de Web: www.sv-wetzel.de</p>	<p>Dr.-Ing. Zier, Hans-Werner Materialforschungs- und -prüfanstalt Weimar an der Bauhaus-Universität Weimar Coudraystr. 9, 99423 Weimar Tel.: 03643 564180 Fax: 03643 564202 E-Mail: info@mfpfa.de Web: www.mfpfa.de</p>
---	---

(Leerseite)

I - Forschung / Lehre

<p>Prof. Dipl.-Ing. Axel C. Rahn Ingenieurbüro Axel C. Rahn GmbH – Die Bauphysiker Lützowstr. 70, 10785 Berlin Tel.: 030/8977470, Fax: 030/89774799 E-Mail: mail@ib-rahn.de www.ib-rahn.de</p>	<p>Desoi GmbH Injektionstechnik Gewerbestr. 16, 36148 Kalbach Tel.: 06655 96360, Fax: 06655 96366666 E-Mail: info@desoi.de www.desoi.de</p>
<p>Dr. rer. nat. Jürgen Göske Sachverständigenbüro Dr. Göske Dorfstrasse 16 a, 91233, Neunkirchen am Sand Tel.: 09153 979995, Mobil: 0170 8001048 Fax: 09153 979994 E-Mail: juergen.goeske@expertebe.de www.schadensanalytik.eu</p>	

II – Planer

<p>Dichten-Schützen-Isolieren SB Bautechnik GmbH Löwenbrucher Ring 16 14974 Ludwigsfelde Tel.. 03378 899600 Fax. 03378 899666 E-Mail: info@sb-bautechnik.de www.sb-bautechnik.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Peter Ackermann-Rost IAF-Ingenieure Architekten Freiberufler Bahnhofstr. 6; 06484 Quedlinburg Tel.: 03946 979950, Mobil: 0172 5986089 Fax: 03946 979951 E-Mail: mail@iaf-ingeneure.de www.iaf-ingeneure.de</p>
<p>Frank Deitschun ö.b.u.v. SV für Schäden an Gebäuden von der Handelskammer Bremen in Deitschun und Partner Architektur- Ingenieur- und Sachverständigenbüro Hermann-Böse-Str.17, 28209 Bremen Tel.: 0421 8350160, Fax 0421 83501690 E-Mail: zentrale@deitschun.info www.deitschun.info</p>	<p>Dipl.-Ing. Hans-Ulli Fröba Planungs- & Ingenieurbüro Fröba Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (SVM e.V.) Bebelstr. 14, 08209 Auerbach Tel.: 03744 82650, Fax: 03744 826599 Mobil: 0172 3683324 E-Mail: info@pb-froeba.de www.pb-froeba.de</p>
<p>Dipl.-Ing. Michael Müller Ingenieurbüro Axel C. Rahn GmbH Lützowstr. 70, 10785 Berlin Tel.: 030 8977470 Fax: 030 89774799 E-Mail: mail@ib-rahn.de www.ib-rahn.de</p>	<p>Prof. Dipl.-Ing. Axel C. Rahn Ingenieurbüro Axel C. Rahn GmbH – Die Bauphysiker Lützowstr. 70, 10785 Berlin Tel.: 030 8977470, Fax: 030 89774799 E-Mail: mail@ib-rahn.de www.ib-rahn.de</p>

Dipl.-Ing. Karl-Hans Sonnabend Ing.-Büro f. Tragwerksplanung Hakenesheide 6, 48157 Münster Tel.: 0251 922299, Mobil: 0151 58744478 Fax: 0251 922297 E-Mail: info@sonnabend-statik.de www.sonnabend-statik.de	
---	--

III – Sachverständige

Dipl.-Ing. Peter Ackermann-Rost IAF-Ingenieure Architekten Freiberufler Bahnhofstr. 6; 06484 Quedlinburg Tel.: 03946 979950, Mobil: 0172 5986089 Fax: 03946 979951 E-Mail: mail@iaf-ingeneure.de www.iaf-ingeneure.de	Dipl.-Ing. Architekt Klaus Breitenbach ö.b.u.v. Sachverst. f. Schäden an Gebäuden IHK Wenkenstr. 9, 32105 Bad Salzuflen Tel.: 05751 96270 / 0800 BREITENBACH, Fax: 05751 962715 Mobil: 0171/6404935 E-Mail: breitenbach-architekt@t-online.de www.breitenbach-architektur.de
Frank Deitschun ö.b.u.v. SV für Schäden an Gebäuden von der Handelskammer Bremen in Deitschun und Partner Architektur- Ingenieur- und Sachverständigenbüro Hermann-Böse-Str.17, 28209 Bremen Tel.: 0421 8350160, Fax 0421 83501690 zentrale@deitschun.info www.deitschun.info	Frank Dressler BWD Bauwerksabdichtung Dressler Warnower Str.34, 18249 Rostock Tel.: 038462 20346 Fax: 038462/33343 Mobil: 0171/7735224 E-Mail: bwd-dressler@web.de; fr_dressler@t-online.de
Dipl.-Ing. Architekt Wolfgang Dubil Sachverständigenbüro Dipl.-Ing. Wolfgang Dubil Wiesbadener Str. 5, 12161 Berlin Tel.: 030 21966889, Fax: 030 85079549 Mobil: 0163 6911136 E-Mail: gutachten@dubil.de www.dubil.de	Dipl.-Ing. Hans-Ulli Fröba Planungs- & Ingenieurbüro Fröba Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (SVM e.V.) Bebelstr. 14, 08209 Auerbach Tel.: 03744 82650, Fax: 03744 826599 Mobil: 0172 3683324 E-Mail: info@pb-froeba.de www.pb-froeba.de
Dr. rer. nat. Jürgen Göske Sachverständigenbüro Dr. Göske Dorfstrasse 16 a, 91233, Neunkirchen am Sand Tel.: 09153 979995, Mobil: 0170 8001048 Fax: 09153 979994 E-Mail: juergen.goeske@expertebe.de www.schadensanalytik.eu	Dipl.-Ing. (FH) Detlef Krause ö.b.u.v. SV f. Holz- und Bautenschutz HWK Ostmecklenburg-Vorpommern Dorfstr. 5, 18246 Groß Belitz Tel.: 038466 20591, Fax: 038466 20592 Mobil: 0173 2032827 E-Mail : post@ingkrause.de www.ingkrause.de

<p>Dipl.-Ing. Martin Kapfinger Beratender Ingenieur f. Bauwesen Klenzestr. 13, 80469 München Tel.: 089 2289457, Fax: 089 2289415 Mobil: 0176 10062189 E-Mail: mail@kapfinger.org</p>	<p>Prof. Dipl.-Ing. Axel C. Rahn Ingenieurbüro Axel C. Rahn GmbH – Die Bauphysiker Lützowstr. 70, 10785 Berlin Tel.: 030 8977470, Fax: 030 89774799 E-Mail: mail@ib-rahn.de www.ib-rahn.de</p>
<p>Dipl.-Ing. Michael Müller Ingenieurbüro Axel C. Rahn GmbH Lützowstr. 70, 10785 Berlin Tel.: 030 8977470 Fax: 030 89774799 E-Mail: mail@ib-rahn.de www.ib-rahn.de</p>	<p>Dipl.-Ing. Karl-Hans Sonnabend Ing.-Büro f. Tragwerksplanung Hakenesheide 6, 48157 Münster Tel.: 0251 922299, Mobil: 0151 58744478 Fax: 0251 922297 E-Mail: info@sonnabend-statik.de www.sonnabend-statik.de</p>
<p>S. Schukowski Bau GmbH Dipl.-Ing. Stephan Schukowski Str.v.Schönholz 14, 13158 Berlin Tel.: 030 91699420 Mobil: 01729164300 Fax: 030 916994244 E-Mail: info@schukowski.de www.schukowski.de</p>	<p>WEISE - Baugutachter & Sachverständige Dipl.-Ing. Friedrich Karl Weise Jahnstr.24, 99423 Weimar Tel.: 03643-8626-0, Tel 2: 03643 8626-25 Mobil: 0172 3634030, Fax: 03643 8626-23 E-Mail: info@weise-baugutachten.de Web: www.weise-baugutachten.de</p>
<p>Michael Will Will Trocknungstechnik GmbH&Co.KG Westring 11, 24850 Schuby/Schleswig Tel.: 04621 9787620, Fax: 04621 9787619 Mobil: 0170 5768226 E-Mail: trocknungstechnik-will@t-online.de www.trocknungstechnik-will.de</p>	<p>Michael Wiemeier Maurermeister, Sachverständiger Lärchenweg 11, 24242 Felde OT Jägerslust Tel.: 04340 4192200 Fax: 04340 4192201 Mobil: 0160 5050136 E-Mail: saver@michael-wiemeier.de www.michael-wiemeier.de</p>

IV- Ausführende

<p>Dichten-Schützen-Isolieren SB Bautechnik GmbH Löwenbrucher Ring 16 14974 Ludwigsfelde Tel.. 03378 899600 Fax. 03378 899666 E-Mail: info@sb-bautechnik.de www.sb-bautechnik.de</p>	<p>Frank Dressler BWD Bauwerksabdichtung Dressler Warnower Str.34, 18249 Zernin Tel.: 038462 20346 Fax: 038462/33343 Mobil: 0171/7735224 E-Mail: bwd-dressler@web.de; fr_dressler@t-online.de</p>
--	--

<p>S. Schukowski Bau GmbH Dipl.-Ing. Stephan Schukowski Str.v.Schönholz 14, 13158 Berlin Tel.: 030 91699420 Mobil: 01729164300 Fax: 030 916994244 E-Mail: info@schukowski.de www.schukowski.de</p>	<p>Kandale Bau GmbH Ralf Zieger Rostocker Str. 14, 16431 Panketal Tel.: 030 94113-626/-445 Mobil: 0162 2149481 Fax: 030 94113627 E-Mail: zieger@kandalebau.de www.kandalebau.de</p>
<p>Speidel Systemtrocknung GmbH Dr. Jörg Gutknecht Rellinger Str. 23, 20257 Hamburg Tel.: 040 8532800, Tel. 2: 0341 669900 Mobil: 0172 4040120, Fax: 040 85328070 E-Mail : gutknecht@trocknung.com www.speidel.info</p>	<p>Michael Wiemeier Maurermeister, Sachverständiger Lärchenweg 11, 24242 Felde OT Jägerslust Tel.: 04340 4192200 Fax: 04340 4192201 Mobil: 0160 5050136 E-Mail: saver@michael-wiemeier.de www.michael-wiemeier.de</p>
<p>Michael Will Will Trocknungstechnik GmbH&Co.KG Westring 11, 24850 Schuby/Schleswig Tel.: 04621 9787620, Fax: 04621 9787619 Mobil: 0170 5768226 E-Mail: trocknungstechnik-will@t-online.de www.trocknungstechnik-will.de</p>	

V – Hersteller / Lieferanten

<p>Köster Bauchemie AG Andreas Steinbach Dieselstr. 1-10, 26607 Aurich Tel.: 04941 97090, Mobil: 0171 7724589 Fax: 04941 970940 E-Mail: a.steinbach@koester.eu www.koester.eu</p>	<p>Desoi GmbH Injektionstechnik Gewerbestr. 16, 36148 Kalbach Tel.: 06655 96360, Fax: 06655 96366666 E-Mail: info@desoi.de www.desoi.de</p>
<p>Dichten-Schützen-Isolieren SB Bautechnik GmbH Löwenbrucher Ring 16 14974 Ludwigsfelde Tel.. 03378 899600 Fax. 03378 899666 E-Mail: info@sb-bautechnik.de www.sb-bautechnik.de</p>	<p>Uwe Neisius Neisius Bautenschutzprodukte Alte Gärtnerei 29, 18225 Kühlungsborn Tel.: 038293 433030, Fax: 038293 433032 Mobil: 0171 4128460 E-Mail: neisius@t-online.de www.cavastop.com</p>

FORUM

„**Trocken, warm und dicht!**“ lautet das Motto der 27. Hanseatischen Sanierungstage, die vom 3. bis 5. November 2016 im Maritim Hotel Kaiserhof des Ostseebads Heringsdorf auf der Insel Usedom stattfinden und vom Bundesverband Feuchte & Altbausanierung ausgerichtet werden. Das breite und vielseitige Spektrum an Vorträgen reicht von provokant, mit einem Plädoyer für die Nutzung von Altbaustanz, über anschaulich, mit Praxisberichten von mehr oder weniger erfolgreichen Sanierungen, bis hin zu konkret, mit Beispielen zu Verbundabdichtungen in Innenräumen und Planung bodengleicher Duschen sowie dem Entwurf der überarbeiteten DIN 18533 – Abdichtung von erdberührten Bauteilen. Weitere Vortragsthemen sind Prüfgrundsätze und Umweltaspekte von Holzschutzmitteln, ein Praxisbericht

zu Schäden an Bootsstegelanlagen, moderne Analyseverfahren in der Baustoffprüfung und das vielschichtige Problem der so genannten Funktionsputze.

Mittlerweile zum 15. Mal wird auch in diesem Jahr der Nachwuchs-Innovationspreis Bauwerkserhaltung verliehen, die prämierten Beiträge finden Sie in diesem Tagungsband. Daneben behandelt er Rechtsfragen zu den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und zur Produkthaftung des Handwerkers.

Die Podiumsdiskussion ist in diesem Jahr dem Thema Wärmedämmverbundsystem (WDVS) gewidmet. Die abgedruckten Vorträge zu Untergründen und Systemen, Algenwachstum, Brandschutz und Schäden an WDVS sind Basis eines sicherlich kontroversen Fachgesprächs.



www.beuth.de



www.baufachinformation.de



www.bufas-ev.de