

Michael Hladík (Hrsg.)

Gebäudehülle im Fokus

Planung
Konstruktion
Ausführung
Technologie
Bauschäden



Fraunhofer IRB ■ Verlag

Michael Hladik (Hrsg.)

Gebäudehülle im Fokus

Michael Hladik (Hrsg.)

Gebäudehülle im Fokus

Planung
Konstruktion
Ausführung
Technologie
Bauschäden

Autoren:

Engin Bagda, Heinz Bangerter, Thomas Bidner, Michael Burkhardt,
Uwe Erfurth, Erhard Fischer, Horst Gamerith, Michael Hladik, Jürgen Knopp,
Martin Krus, Ulrich Lachmuth, Ernst Lexe, Walter Lüftl, Bernhard Nydegger,
Sylvia Polleres, Hansruedi Preisig, Herwig Ronacher, Horst Rusam,
Philipp Rück, Walter Schläpfer, Helmuth Venzmer,
Norbert Wicki, Kurt Zeus u. a.

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-8166-0
ISBN (E-Book): 978-3-8167-8744-0
Layout: Sonja Frank
Satz: BW-Medien GmbH, Leonberg
Herstellung: Tim Oliver Pohl
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

Alle Rechte vorbehalten

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

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

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

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2012
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon (0711) 970-2500
Telefax (0711) 970-2508
E-Mail irb@irb.fraunhofer.de
<http://www.baufachinformation.de>

Vorwort des Herausgebers

Auch wenn man von vier Jahrzehnten Berufserfahrung im Bauwesen mehr als die Hälfte davon zusätzlich in der bauberuflichen Fortbildung aktiv war und ist und auch selbst schon unzählige Vorträge, Seminare und Firmenschulungen gehalten hat, ist es etwas ganz Neues, ein gedrucktes Werk zu gestalten, zu formen, herauszugeben. So war es schon ein besonderer Tag, als mich der Chefredakteur des Fraunhofer IRB Verlages, Dipl.-Ing. Thomas Altmann, während einer Tagung auf der Ostseeinsel Usedom ansprach, ob es denn denkbar wäre, vor allem Fachbeiträge mit anhaltender Aktualität aus jenen internationalen Fachtagungen, die von mir organisiert oder mitgestaltet wurden, der Bauwelt in Buchform nachhaltig zu vermitteln. Ich spielte schon lange zuvor mit einem ähnlichen Gedanken, aber ich wollte ein Buch der anderen Art herausgeben. Kein Lexikon, kein Nachschlagwerk, kein »Was mache ich wie«-Buch, kein trockenes Fachbuch, deren nicht zählbare Ausgaben zwar so manche Literatursammlungen zum Überquellen bringen, sonst aber wenig nachhaltiges Interesse geweckt haben.

Es sollte ein Buch werden, das informiert und zugleich auch entspannt, das zum Denken anregt und auch unterhält. Ein Buch, das zum Nachdenken verleitet, aber auch vermitteln soll, dass man vieles nicht nur hinterfragen, sondern auch hinterdenken kann. Ein Buch, das den bauschaffenden Geistwerker gleichermaßen anspricht, wie den bauschaffenden Handwerker.

Die Gebäudehülle hat sich zu einem komplexen High-Tech-Bauteil entwickelt, bei dem alle Schritte der Entstehung bis zum Bestand, von der Planung bis zur Wartung stimmig sein müssen. Fachgerechte Ausführung verlangt gleichermaßen nach abgestimmten Materialien und Systemen, wie geprüfte Materialien nach qualifizierter Ausführung.

In den Beiträgen befassen sich die Autoren mit dem weiten Bereich des Ausbaus und der Fassadengestaltung, hinterleuchten kritisch gegenwärtige Konstruktionen und Ausführungspraktiken und geben Tipps und Ratschläge zu mehr Qualität.

Beispiele möglicher Bauschäden/Oberflächenschäden und Mängel werden aufgezeigt, vom klassischen Riss bis zum mikrobiellen Befall und zu Blasen und Pusteln. Die Ursachen werden analysiert, Sanierungsmöglichkeiten beschrieben und Tipps zur Vermeidung dieser Schäden gegeben.

Die Karikaturen von Gesa, die weisen Sprüche von bedeutenden und weniger wichtigen Menschen, Lüftls BAUernregeln und Gameriths 100+1 Hochbauregeln mögen Anregung sein, über sein berufliches Umfeld nachzudenken

und das eine oder andere zu fokussieren, zu analysieren und gegebenenfalls auch nachhaltig zu verändern.

Möge dieses Buch dem Leser Mehrwissen und Freude bringen. Es möge prophylaktisch, also vorausschauend und positiv wirken und der Mängelminimierung, der Schädenvermeidung und der Qualitätssteigerung gleichermaßen dienlich sein und zu einer wichtigen Informationsquelle werden für alle, die sich mit der Planung und Ausführung oder als Sachverständige mit dem Bereich Ausbau & Fassade befassen.

Wenn ich auf insgesamt 22 Mit-Autoren aus Deutschland, aus der Schweiz und aus Österreich verweisen darf, so bin ich darauf nicht nur mächtig stolz, sondern fühle mich geehrt und sehe damit auch meine langjährige Arbeit für mehr Qualität am Bau gewürdigt. Die Autoren sind allesamt bestqualifizierte Experten der genannten Länder, die es verstehen, Wissenschaft und Praxis, Theorie und langjährige Berufserfahrungen für die tägliche Praxis anwendbar zu vermitteln.

Den Autoren gilt mein besonderer Dank, weil sie sich ja auch auf eine neue Art von Fachbuch eingelassen und darauf vertraut haben, dass qualifizierter Wissenstransfer, mit heiteren Seiten gewürzt, insgesamt ein qualifiziertes Fachbuch ergeben kann. In aller Bescheidenheit darf ich nun feststellen: Das Werk ist gelungen!

Die am Ende des Buches angegebenen Kontaktdaten sollen dem Leser auch die Möglichkeit eröffnen, sich ggf. mit dem Autor auf kurzem Wege und direkt verständigen zu können.

Neben den bemühten Verlagsmitarbeitern, danke ich auch meinen Kollegen des Internationalen Sachverständigenkreises Ausbau & Fassade (ISK, D-A-CH), die die Aufnahme zahlreicher Beiträge dieses Buches aktiv unterstützten. Herzlichen Dank auch meiner Mitarbeiterin Doris Stetter, die in den zurückliegenden Monaten der organisatorische Mittelpunkt dieses Werkes war.

Michael Hladik
Herausgeber

Natters-Innsbruck, im März 2012

Inhaltsverzeichnis

I Allgemeines – Grundsätzliches

Horst Gamerith	
Das Verhältnis Planender zu den Ausführenden gehört neu geordnet!	15
Hansruedi Preisig, Katrin Pfäffli	
Nachhaltigkeit im Hochbau – Theoretisch sind sich alle einig	23
Michael Hladik	
Lebensdauer von WDVS-Fassaden	39
Horst Gamerith	
Bauschäden und ihre Verursacher	57
Walter Lüftl	
Baumängel und Bauschäden zahlt der Steuerzahler!	69
Horst Gamerith	
Grundprinzipien guter Hochbaukonstruktionen	75

II Planung – Konstruktion

Horst Gamerith	
Ein kleiner Auszug aus den 100 + 1 Hochbauregeln	79
Herwig Ronacher	
Konstruktiver Bautenschutz – über den Sinn des Vordaches	95
Michael Hladik	
Was trocken bleibt, bleibt algenfrei!	105
Erhard Fischer	
Qualitätsstufen bei Putzoberflächen	117
Michael Hladik	
Schnell bauen heißt feucht bauen – feucht bauen heißt schadensträchtig bauen!	127
Ernst Lexe	
Statische Rissursachen	141
Heinz Bangerter	
Innendämmung: Womit und wie viel?	155

III Bauen – Ausführung – Details

Sylvia Polleres	
Forschungsprojekt: Architektur versus Technik – Sockel- und Fensteranschluss	171
Kurt Zeus	
Zum Einfluss der Mauersteinart, des Formats und der Fugenausbildung auf den Risswiderstand von Mauerwerk	185
Michael Hladik	
Wärmedämmverbundsysteme – Der Teufel steckt im Detail	195
Jürgen Knopp	
Besondere Putzoberflächen wie Stucco auf Kalk-, Lehm- oder Acrylbasis, Tadelakt	209
Bernhard Nydegger	
Außenputz in Sockelzonen	219
Horst Rusam	
Putze und Beschichtungen auf Gipsbauplatten	229
Michael Hladik	
Beurteilung von Putzstrukturen	237

IV Regeln

Walter Lüftl	
BAUern-Regeln	255

V Technologie – Bauphysik

Uwe Erfurth	
w-Wert, s _d -Wert, v-Wert nach EN 1062, was ist das?	261
Bernhard Nydegger	
Hydrophobierte Mörtel – Fluch oder Segen	267
Uwe Erfurth	
Der Feuchtehaushalt von Fassadenbeschichtungen	275

VI Mängel – Schäden – Analyse

Engin Bagda	
Zur Verschmutzung von Fassaden	289
M. Burkhardt, S. Zuleeg, T. Marti, R. Vonbank, H. Simmler, M. Boller	
Auswaschung von Bioziden aus Fassaden und Vorkommen im Regenwasserabfluss	305
Michael Hladik	
Hinternässte Fassaden – Planungs-, Produkt- und Ausführungsmängel	313
Martin Krus, Doris Rößler, Cornelia Fitz	
Oberflächenfeuchte als Voraussetzung für mikrobiellen Befall	333
Helmut Venzmer, Julia von Werder, Natalia Lesnych, Lev Koss	
Fassadenbiofilme	
Schadensbilder – Ursachen – diagnostische Möglichkeiten	343
Phillipp Rück	
Einschichtputze: Blasen, Pusteln, Striemen und Einschlüsse	355
Michael Hladik	
Spechtschäden an Fassaden	371
Ulrich Lachmuth	
Schädlinge und Lästlinge an und in Fassaden	385
Norbert Wicki	
Mauerspinnen	399
Walter Lüftl	
Schadensquotierung nach dem Goldenen Schnitt	411

VII Sanierung – Hege – Pflege

Uwe Erfurth	
Renovation verputzter Außenwärmédämmung	425
Walter Schläpfer	
Alte Putztechniken	
Sanierung von und mit Kalkmörtel	435
Thomas Bidner	
Dürfen alte Bauwerke feucht bleiben?	451
Walter Schläpfer	
Fassadenhege/Fassadenpflege – die Instandhaltungsanleitung von Fassaden in der Schweiz	463

VIII Autoren

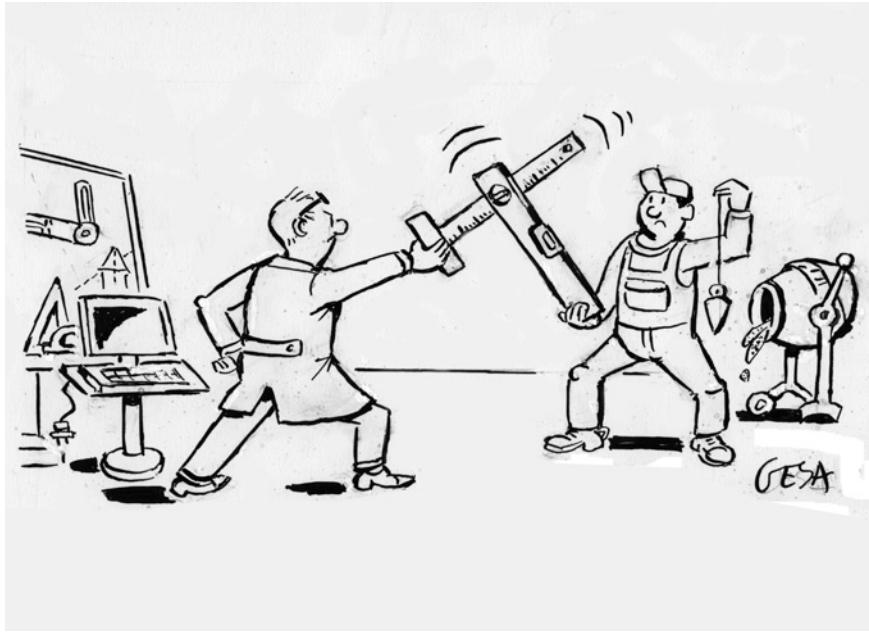
Autoren	479
---------	-----

I Allgemeines – Grundsätzliches

*»Ein Bauwerk ist nicht das Werk eines Einzelnen, sondern ein Organismus,
der durch planhaftes Zusammenwirken vieler Beteiligter entsteht.*

Ohne die Arbeit jedes Einzelnen ist ein solches Bauwerk nicht möglich.«

Architekt Kampits, Graz



Theorie versus Erfahrung:

»Nicht immer sind bauschaffende Geistwerker und bauschaffende Handwerker einer Meinung!«

Das Verhältnis Planender zu den Ausführenden gehört neu geordnet!

1 Die Bauweisen haben sich geändert

Bedenke, im Wandel der Zeit verlagert sich der Trend im Bauwesen nun immer weiter weg vom »Mauern zum Montieren«, von der »Vor-Ort-Arbeit in die Vorfertigung«.

LEICHT statt SCHWER
TROCKEN statt NASS
SCHNELL statt LANGSAM

sind nun im Bauwesen als die Erfolgsthemen der Zukunft angesagt.

Ich stelle die Frage: Ist das auch alles sinnvoll?

Dabei wird die Kreislaufgeschwindigkeit immer schneller. Da das Bauen unter anderem auch nichts anderes ist als ein Kampf gegen die Kräfte der Erosion, sind Konstrukteure aufgefordert diese nach den Grundsätzen allen Seins »WOHER-WOZU-WOHIN« möglichst geordnet zu führen.

WOHER kommt die Vielzahl der für ein Bauwerk verwendeten Baustoffe, sind sie ökologisch vertretbar?

WOZU setzt man sie ein – bezogen auf eine oder mehrere vorgegebene Nutzungsphasen?

WOHIN gehen sie am Ende ihrer Gebrauchstauglichkeit?

Werden sie einst wie wir dem »Erdboden gleich«, sind sie recycelbar oder gar Sonderabfall?

Das sind die entscheidenden Fragen einer geordneten Kreislaufwirtschaft. Die wir in Zukunft aus Rücksicht auf unsere Nachkommen sehr ernst zu nehmen haben! Ein ökologischer Rationalismus, aufbauend auf solchen Grundsätzen, soll den kommenden Baustil prägen.

»Qualität im Vergänglichen«, wie es uns die Natur in vielen Bereichen oder auch z. B. bereits die Autoindustrie vorexerziert (durchschnittliche Nutzungsspanne eines Pkws bei uns von der 1. Zulassung bis zur Verschrottung: 13 Jahre). Nachzulesen im SV-Nutzungsdauerkatalog 2006, z. B. Isolierglas: 20–40 Jahre [1].

So haben auch alle Bauwerksteile, je nach Belastung, nur eine bestimmte Gebrauchstauglichkeit.

Bedenke, die periodische Erneuerung einzelner Bauwerksteile leistet einen entscheidenden Beitrag in Zukunft zur Erhaltung unserer Arbeitsplätze. Tatsache ist, dass wir vor allem bei den trocken-montierten Bauweisen (raumbildenden u. techn. Ausbau) in der Zeitspanne der letzten 30 Jahre bei uns einen immensen Reparaturrückstau erzeugt haben. Diesen geordnet aufzuarbeiten, bedarf vieler Hände Arbeit. Arbeit, die wir derzeit auch dringend benötigen.

Bedauerlicherweise sind dabei viele Konstruktionen aus kurzsichtigen Überlegungen heraus nicht so einfach instandsetzungsfreundlich konzipiert worden. Unter diesen Aspekt ist auch die Mode einzuordnen »die Mode ein vorzeitiger Altmacher«: Was heute modern ist, ist morgen oft uninteressant.

2 Bauen nach einfachen Konstruktionsprinzipien

Es muss der Grundsatz gelten: Wer montiert, muss auch ans Demontieren denken. (Darauf zu achten, wäre eine der wichtigen Aufgaben des Planungs- bzw. Baustellenkoordinators)

Bauwerke nach solchen zukunftsweisenden Konstruktionsprinzipien zu entwickeln, ist Aufgabe aller Bauschaffenden. Dazu wird es erforderlich sein, wieder eine schärfere Trennung zwischen Grundkonstruktion, also im ursprünglichen Sinn dem Rohbau, und Ausbau anzustreben. Ein Rohbau sollte in der Regel zwei bis drei Ausbauten überdauern. Ich bevorzuge daher für

nachhaltige Bauweisen, einen Rohbau aus mineralischen Substanzen, vorwiegend hergestellt in Nassbauweise. Dies deshalb, weil solche Baustoffe nachweislich eine lange Bestandsdauer haben und sich unproblematisch entsorgen lassen.

Unter Ausbau sind dabei vor allem »Verschleißteile« zu verstehen. Darunter sind der gesamte raumbildende Trockenausbau, der Bereich der montierten Leichtfassaden und der technische Ausbau zu subsumieren. Für diese Teile ist eine mittlere Nutzungsphase von ca. 30 Jahren, was etwa einem Generationssprung entspricht, anzustreben. Beschränke auch hier die Materialvielfalt im Sinn eines ökologischen Bewusstseins. Bedenke dazu, dass die Herstellungskosten der gesamten Ausbauteile gegenüber den Rohbaukosten je nach Gebäudetyp bereits zwischen 50–70 % liegen.

Konstruiere dabei nach dem Grundsatz, was schneller unbrauchbar wird, muss leichter beschaffbar, ausbaubar und problemlos entsorgbar sein. Diese Prinzipien sind vor allem für die Teile des technischen Ausbaues gültig, die meist kürzere Nutzungsphasen als 30 Jahre aufweisen.

Daher gehört der technische Ausbau in die Baustruktur konstruktiv integriert aber gestalterisch integriert.

3 Der Architekt und die Konstruktion

Eine solche Entwicklung hat auch auf das Leistungsbild des Architekten wesentliche Auswirkungen. Vor allem im Fassadenbau und raumbildenden Ausbau sind solche Prinzipien bereits in den Entwurfsüberlegungen anzustellen und danach in den Detaillösungen konsequent zu verfolgen.

Besonders bei Leichtfassaden treten heute oftmals mehr Maschinenbauprobleme als traditionelle Bauprobleme auf. Manche Architekten beschränken sich in solchen Fällen neben ihren formalen Vorstellungen nur noch darauf, die gewünschten bauphysikalischen Anforderungen vorzuschreiben. Die konstruktiven Ausbildungen dazu werden zu oft den ausführenden Firmen überlassen. Jedoch kann und soll dies nicht vorwiegend Aufgabe der Ausführenden sein, all die dabei unter anderem anstehenden, bauphysikalischen und konstruktiven Probleme, womöglich erst nach Auftragserteilung oder gar zuletzt auf der Baustelle, zu lösen. Solche dann weitgehend »handgestrickte« Konstruktionen sind oft nicht nachvollziehbar, kostspielig und in der Regel schadensanfällig.

4 Derzeit ist der Architekt in Sachen Konstruktion überfordert

Was soll sich daher ändern? Mein Lösungsvorschlag dazu ist: In Zukunft dem planenden Architekten ein sogenannter Fachmann für Hochbaukonstruktionen zur Seite zu stellen. Also einen Hochbauingenieur, der fundiert in Baustoffkunde, Bauphysik und Statik ausgebildet ist. Der in Vernetzung dieser Kenntnisse fähig ist, zu den gestellten Aufgaben auch die entsprechend praktischen Konstruktionen zu entwickeln. Solche Konstruktionstätigkeiten vorwiegend einzelnen ausführenden Metallbau- bzw. Ausbaubetrieben zu überlassen, halte ich für den falschen Weg.

Diese Betriebe haben vielmehr die Aufgabe, nach realistischen Vorgaben, bestehend aus ausführungsreifen Planvorgaben und nachvollziehbaren Positionsbeschreibungen, dann eine qualitätsvolle Leistung, termin- und kostengerecht zu erbringen.

Selbstverständlich muss so ein Betrieb in der Lage sein aus den neutralen Ausführungsplänen des Architekten, welche er in Zusammenarbeit mit einem Hochbaukonstrukteur erarbeitet hat, entsprechend seiner betrieblichen Möglichkeiten, diese dann in eigene Werkpläne umzusetzen und zeitgerecht zur Ausführungs freigabe dem Architekten und dem zuständigen Hochbauingenieur vorzulegen. Bei einer solchen Vorgangsweise ist eine nachvollziehbare Trennung zwischen Planungs- und Ausführungsmängel weitgehend gegeben, was bei der derzeitigen »Verwässerung« der Zuständigkeiten oft schwer möglich ist.

Derzeit läuft es in der Regel doch ganz anders ab. Die Architekten erwarten von den Ausführenden eine kostenlose Beratung, die in der Regel, weder neutral noch allumfassend ist und setzen selbstverständlich voraus, dass die Ausführenden alle die dazu erforderlichen Detailzeichnungen, auf Basis der ihnen übermittelten Ideenskizzen, selbst anfertigen und deren Inhalt, inklusive aller bauphysikalischen Vorgaben, auch alleine zu verantworten haben.

Diese Vorgehensweise darf in Zukunft nicht Schule machen, denn zu den Pflichten eines ordentlichen Architekten gehört es, eindeutige, vollständige und neutrale kalkulierbare Bauangaben in Form von Plänen zur Verfügung zu stellen, in denen die konstruktiven Lösungen der gestellten bauphysikalischen Anforderungen enthalten sind. Dazu passend sind die Leistungsbeschreibungen gemäß ÖNORM A 2050 Pkt. 5.2 [2] anzufertigen.

Doch für die umfassende Erfüllung dieses Leistungsbildes in einer Qualität, die Planer und Ausführende gemäß Vertrag dem Bauherrn schulden, ist der Architekt mit der derzeitigen Ausbildung doch weitgehend überfordert.

Soll doch ein Bauwerk mehr als nur die Summe von aneinander gereihten Einzelteilen, nämlich ein geordnetes Ganzes sein, so sind vor allem die An schlussdetails zwischen den einzelnen Gewerken in diesem Sinn zu lösen.

Diese Gesamtsicht, ein geordnetes Ganzes durchzusetzen, ist und soll auch in Zukunft die ureigenste Aufgabe des Architekten bleiben.

Da Bauen stets auch ein kultureller Auftrag ist, sind vorwiegend die Bauherren aufgefordert die Architekten mit ihren Teams vertraglich an ihre ureigensten Verpflichtungen zu binden. Dabei sind sie gut beraten, wenn sie einerseits die dafür angemessenen Gebühren auch bezahlen würden, aber andererseits das volle Leistungsbild, gemäß den Gebührenvereinbarungen und Vertragsnormen auch einzufordern, um dieses dann auf Vollständigkeit von ihren Projektsteuerern prüfen zu lassen.

Tatsache ist, dass auch die Anforderungen in Sachen Wärme-, Feuchte-, Schallschutz, aber auch Brandschutz, durch verdichtete Vorschriften verschärft wurden. Hand in Hand wurden dazu die Möglichkeiten des bauphysikalischen Prüfwesens ausgebaut. Die logische Folge daraus ist, dass nun auch kleinere Ungereimtheiten aufgedeckt werden. Die Gerichte wissen davon ein Lied zu singen. Vor allem die sogenannten »innovativen Leichtbauweisen« sind davon vorrangig betroffen.

5 Eine klare Trennung in Planung und Ausführung ist angesagt

Es soll, wie es stets einst üblich war, als das Bauen nur selten die Gerichte beschäftigte, wieder eine klare Trennung zwischen Planenden und Ausführenden angestrebt werden. Wobei die Ausführenden darauf zu bestehen haben, vom Architekten Planungs- und Ausschreibungsunterlagen, welche dem Leistungsbild der Gebührenvereinbarungen und der Normen entsprechen, zeitgerecht einzufordern.

Was das Planwerk betrifft, ist zu unterscheiden zwischen den Detailplänen betreffend Büroleistung eines Planungsbüros und den Werkstattplänen einer ausführenden Firma.

Die Detailpläne, welche in der Verantwortungssphäre des Architekten liegen, haben im Wesentlichen zu enthalten: Die Gestaltungsabsicht aller spezifischen Bauwerksteile und deren Anschlüsse in den richtigen Dimensionen, in Form, Material und Oberflächenbehandlung mit den dazugehörigen prinzipiellen Konstruktionslösungen, die auch den bauphysikalischen Anforderungen und gesetzlichen Auflagen gerecht werden, in ausreichend infor-

mativem Maßstab dargestellt. Diese Informationen betreffen vor allem die Nahtstellen zu anderen Gewerken.

Die auf dieser Basis anzufertigenden Werkstattpläne haben danach die für die Realisierung notwendigen Angaben zu enthalten. Hier hat der Ausführende seine Erfahrung und Möglichkeiten, bzw. berechtigte Bedenken einzubringen. Der Maßstab solcher Werkstattpläne ist für Detailpunkte in der Regel 1:1.

Es ist generell abzulehnen, dass Planungsbüros unter dem Leistungsbild Ausführung und Detailpläne nur Detailskizzen anfertigen und alle Detailproblematik an die ausführenden Firmen abgeben. Vielmehr gehört es auch zum Leistungsbild des Planers, alle Werkstattpläne der Ausführenden mit seinen Detailplänen abzustimmen und diese sind dann durch einen Vermerk zur Ausführung freizugeben.

6 Meine Schlussfeststellung dazu

Die Verantwortung für die richtige Konzeption der Detailausbildungen kann nur bei der Institution liegen, die über eine Gesamtübersicht verfügt. Nur der Architekt und sein Team sind dafür zuständig und niemals die Schar der Ausführenden. Bedenke, die Qualität der Detailausbildung ist eine entscheidende Voraussetzung solider Architektur. Die richtige Umsetzung einer umfassenden Planung liegt dann unter Führung einer kompetenten Bauleitung bei den Ausführenden. Wobei ein gewisses Quantum an Planungs- und Bauzeit Voraussetzung ist für die Erbringung von Qualität. Ein gegenseitiges rechtzeitiges Warnen beim Erkennen von Fehlern wird im Sinne einer konsensiven Zusammenarbeit vorausgesetzt.

Das Streben nach Qualität, mit eindeutiger Zuordnung der Verantwortungsbereiche macht es erforderlich, dass zu den neutralen Sonderfachleuten, dem Architekten, wenn er nicht ausnahmsweise selbst über solide Konstruktionskenntnisse verfügt, ein universell ausgebildeter Hochbaukonstrukteur zuzuordnen ist. Durch fundiert ausgebildete Hochbauingenieure, Fachrichtung Bauingenieurwesen, könnte in vielen Fällen dann die Anzahl der Sonderfachleute in der Gebäudeplanung reduziert werden. Da die in Ausbildung befindlichen Architekten in Sachen Konstruktion und bauphysikalischer Gesamtschau derzeit überfordert sind, ist es an der Zeit, dass die Bauingenieurfakultäten solche Hochbauingenieure für die Wirtschaft auszubilden haben. Wie derzeit üblich, kann und soll es nicht Schule machen, dass ausführende Firmen zunehmend auch die Planungskompetenz übernehmen. Tatsache ist,

dass keine klare Trennung der Kompetenzen Planung und Ausführung vermehrt Baumängel verursacht, die so nicht eindeutig gerecht zuordenbar sind.

Mein Vorschlag dazu, diese Zustände etwas zu entschärfen und die Gerichte von solchen Streitigkeiten zu entlasten, geht dahin, in Zukunft mehr auf eine klare Trennung zwischen Planung und Ausführung zu achten. Auch im Sinne einer gediegenen Ausführung empfehle ich, über Ecke und Kante öfters bewährte Leitdetails zur Erfüllung guter Gebrauchsarchitektur einzusetzen. Ich meine, gute Architektur wird nicht, wie die Geschichte es zeigt, durch Vielfalt, sondern durch Variation erprobter Detaillösungen, womöglich mit beschränkter Materialpalette, maßgebend mitbestimmt.

Ganz zum Schluss: Planung und Ausführung in einer Hand, also das Totalunternehmertum, gestützt auf eine Schar von Subunternehmern, ist für die Erreichung von Qualität kontraproduktiv. Ich lehne aus diesen Gründen eine solche Vorgangsweise prinzipiell ab.

Literatur

- [1] Hauptverband der allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen Österreichs, Landesverband Steiermark und Kärnten, Nutzungsdauerkatalog, 3. Auflage, Graz, 2006
- [2] ÖNORM A 2050, Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm, Berlin, Beuth-Verlag, 2006

»We shape our buildings and afterwards they shape us«

[»Wir prägen unsere Gebäude und dann prägen sie uns«]

Winston Churchill (1874–1965),

gilt als bedeutendster britischer Staatsmann des 20. Jahrhunderts

Nachhaltigkeit im Hochbau – Theoretisch sind sich alle einig [1]

Bei einer nachhaltigen Entwicklung geht es nicht nur um die Umwelt, sondern auch um wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte. Dies trifft auch für unsere Bautätigkeit zu. Nach der Empfehlung SIA 112/1 »Nachhaltiges Bauen – Hochbau« des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins bilden fast 40 Kriterien die Basis für eine solche Entwicklung. Dabei geht es um Forderungen in den folgenden Gebieten:

- Gesellschaft: Gemeinschaft – Gestaltung – Nutzung/Erschliessung – Wohlbefinden/Gesundheit.
- Wirtschaft: Gebäudesubstanz – Anlagekosten – Betriebs- und Unterhaltskosten.
- Umwelt: Baustoffe – Betriebsenergie – Boden/Landschaft – Infrastruktur.

Von den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt werden ausgewählte Gebiete präsentiert und anhand von Praxisbeispielen dargestellt. Es zeigt sich, dass sich bei unserer Bautätigkeit nie alle Forderungen realisieren lassen, dass es aber trotzdem möglich ist, einen nachhaltigen Beitrag zu leisten. Die zur Umsetzung notwendigen Werkzeuge und Hilfsmittel werden aufgezeigt und bewertet.

1 Nachhaltigkeit – Nur ein Schlagwort?

Nachhaltigkeit ist ein Schlagwort, das zur Legitimation verschiedenster Dinge gebraucht wird. Die bekannte Brundtland-Definition von 1987 lautet:

»Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die gewährleistet, dass die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt werden, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zur Befriedigung ihrer eigenen Bedürfnisse zu beeinträchtigen.«

Seit dem Rio-Kongress 1992 wird das Wort mit den drei Begriffen Umweltverträglichkeit, Sozialverträglichkeit und Wirtschaftsverträglichkeit umschrieben. Es zeigt sich aber, dass zwei Leute, die von Nachhaltigkeit sprechen, selten dasselbe meinen.

Seit Jahren konzentrierte sich die Forschung und Umsetzung in der Nachhaltigkeit auf umweltrelevante Aspekte (häufig Bauökologie genannt). In diesem Bereich wurden beachtliche Fortschritte erzielt. Die umweltrelevanten Aspekte des Hochbaus fanden in diversen Publikationen und Lehrgängen ihren Ausdruck, bilden die Grundlage für die Festlegung von Grenzwerten und deren Einhaltung kann heute entscheiden, ob und wie Bauprojekte zur Ausführung gelangen.

Dem Begriff einer nachhaltigen Entwicklung wird die Reduktion auf den Bereich Umwelt allerdings nicht gerecht. Nicht nur die umweltrelevanten, sondern auch die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung gehören in einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise integriert. Nachhaltiges Verhalten zeichnet sich aus durch Interdisziplinarität, durch ein Denken in längerfristigen Zeiträumen und ist insbesondere geprägt durch ein Abwägen von sich ergänzenden und sich widersprechenden Forderungen.

In der Architektur sind es insbesondere Planerinnen und Planer, denen die Aufgabe zukommt, zwischen den unterschiedlichen Forderungen abzuwählen und für das konkrete Objekt den besten Weg zu finden. Diese Aufgabe verlangt ein hohes Fachwissen und ein Verständnis gegenüber den umfassenden Forderungen des nachhaltigen Handelns.

2 Nachhaltiges Bauen in der Praxis – Eine Kunst, die nicht jeder kann

Der Anspruch, dass sich Planende dieser neuen Aufgabe stellen sollen, ist naheliegend. Architektinnen und Architekten verwalten schon bisher ein komplexes System von Rahmenbedingungen, Vorschriften, Empfehlungen, Bauherrenwünschen, engen Kostenrahmen und eingeschränktem kreativen Spielraum. Bei den Planenden laufen die Fäden zusammen und sie sind damit prädestiniert dafür, auch die Forderungen der Nachhaltigkeit mit einzubeziehen.

Immerhin gibt es heute auf dem Markt aber einerseits einige brauchbare Instrumente, die Planende und Investierende unterstützen und die notwendige Hilfestellung zum Nachhaltigen Planen und Umsetzen leisten. Andererseits, und für die Durchsetzung der Idee nicht weniger wichtig, gibt es Beispiele von Gebäuden, die explizit mit der Zielsetzung des nachhaltigen Bauens geplant wurden und dieses Ziel auch zu einem guten Teil umgesetzt haben. Besonders wichtig sind diese konkreten Bauten, weil sie das alte Vorurteil, dass sich vor allem im Umweltbereich nachhaltige Gebäude kaum durch gute Architektur auszeichnen, gründlich und souverän widerlegen.

Im Folgenden werden wichtige Kriterien aus den drei Bereichen Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft näher umschrieben und jeweils an zwei beispielhaften Bauten illustriert. Die beiden Bauten sind einerseits die Genossenschaftsüberbauung KraftWerk1 [2] (Bild 1 und Bild 2) in Zürich und andererseits die Überbauungen Balance [3] (Bilder 3, 4, 5, 6, 7) mit Eigentumswohnungen in Wallisellen, Uster und Fällanden. Eine umfassende Liste mit Kriterien, Zielformulierungen und Leistungsbeschreibungen sind in der neuen Empfehlung SIA 112/1 enthalten.

3 Gesellschaft – Der Mensch im Zentrum

Dass die soziale Ebene im Hochbau relevant ist, lässt sich nur schon dadurch illustrieren, dass Menschen in der Schweiz rund 80 % ihrer Lebenszeit in Gebäuden verbringen. Nachhaltige Gebäude bieten Sicherheit, Geborgenheit, ermöglichen durch ihre räumliche Anordnung soziale Kontakte und Integration sowie Rückzug, Regeneration und Identifikation. Es sind Orte, die es schaffen, Leuten unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Herkunft ein Zuhause zu bieten. Entsprechend lassen sich die Kriterien im Gesellschaftsbereich der Nachhaltigkeit unter den Stichworten Gemeinschaft, Gestaltung, Sicherheit und Behaglichkeit zusammenfassen.

»Gemeinschaft« steht für den Zugang zu erschwinglichem Wohnraum für Personen in unterschiedlichen Lebensaltern und -situationen sowie aus ethnisch, religiös und sozial unterschiedlichen Gesellschaftsschichten und deren Integration. Gemeinschaft steht auch für die Möglichkeit der Begegnung, der Teilnahme an Aktivitäten sowie des Rückzugs und der Regeneration. Geringe Distanzen und eine gute und sichere Erreichbarkeit der öffentlichen Verkehrsmittel und Infrastrukturbauten für den täglichen Bedarf (Schulen, Einkauf, Erholung usw.) unterstützen eine Vernetzung und zeichnen ein nachhaltig geplantes Gebäude aus.

»Gestaltung« steht für angenehme Raumproportionen und Lichtverhältnisse sowie für gute und stimmungsvolle Räume mit hoher architektonischer Qualität. Diese Faktoren erlauben, dass sich die Benutzerinnen und Benutzer mit den Orten identifizieren, sich darin räumlich orientieren können, zu ihnen Sorge tragen und sich die Gebäude entsprechend aneignen durch persönliche Gestaltung.

»Sicherheit und Behaglichkeit« schließlich stehen für Quartiere und Gebäude, in welchen sich die Leute sicher und wohl fühlen. Gebäude also auch, die dank genügend Licht und ausreichendem Luftwechsel, geringer Schadstoffbelastung und wenig Immissionen ein gesundes Umfeld bieten.

3.1 Zum Beispiel KraftWerk1

Bild 1:
KraftWerk1,
Wegweisende
Wohnsied-
lung in Zürich:
Umsetzung einer
sozialen Utopie
des Zusammen-
lebens



Die Genossenschaft KraftWerk1 ist die Umsetzung einer sozialen Utopie. Was auf dem Nährboden der sozialen Unruhen der 80er Jahre im Zeichen der Wohnungsnot und des Häuserkampfs geboren wurde, in einer Charta formuliert und über viele Jahre und hindernisreiche Wege 2001 endlich realisiert

wurde, ist beispielhaft im gesellschaftlichen Bereich. Die Grundrissdisposition schafft unterschiedlichste Wohnungen von kleinen Einzimmerwohnungen über konventionellere 3- und 4-Zimmerwohnungen bis zu den sogenannten Suiten für 13 Personen, die sich als Wohngemeinschaft eine gemeinsame Küche teilen. Dem Ziel, eine vielfältige, die Welt im Kleinen abbildende Mieterschaft zu gewinnen, wurden viele Entscheidungen zu Grunde gelegt: Damit Personen mit erschwertem Zugang zum Wohnungsmarkt und Personen in einer schwierigen Lebenssituation integriert werden können, wurden beispielsweise ein Solidaritätsfond eröffnet und die Zusammenarbeit mit sozialen Institutionen gesucht.

Die Vielfalt der Wohnungen, die Büro- und Gewerberäume und die innen- und außenräumlichen Möglichkeiten für Begegnungen sowie die Realisierung von Ideen durch Arbeitsgruppen und Anlässe bieten die Voraussetzung, dass Gruppen und Einzelpersonen gleichzeitig und nebeneinander ihre kulturelle Eigenart leben können. Auch das umfangreiche Infrastrukturangebot (Waschsalon, Kinderkrippe, Restaurant, Nähatelier, Gästezimmer etc.) unterscheidet KraftWerk1 von anderen Genossenschaftssiedlungen. Nach mittlerweile bald drei Jahren KraftWerk1 lässt sich vorbehaltlos behaupten, dass das Konzept im Bereich der sozialen Nachhaltigkeit fast alle Ziele mit Bravour erreicht hat. [4]



Bild 2:
KraftWerk1
Direkter Kontakt zwischen Waschsalon und Spielplatz zur Beaufsichtigung der Kinder als wichtiges Element des Zusammenlebens

3.2 Zum Beispiel Balance

Auch beim Beispiel des Wohnparks Balance wurden mit frühen Entscheidungen in der Planungsphase die notwendigen Voraussetzungen für die Erfüllung der Forderungen der Nachhaltigkeit im Gesellschaftsbereich getroffen. Die

geschickte Situierung der Baukörper, die sorgfältige Architektur und die veränderbare Grundrissdisposition erlauben die Nutzung der Geschosswohnungen durch unterschiedlichste Haushaltformen und für vielfältige Nutzungen. Die Veränderbarkeit der Grundrisse, die Möglichkeit zur Abtrennung einer Einliegerwohnung oder die Unterteilung der gesamten Wohnung in zwei unabhängige Wohnungen sowie die Mitsprache der Käuferschaft beim Ausbaustandard sprechen unterschiedliche Leute in unterschiedlichen Lebenssituationen an. Sie ermöglichen damit eine soziale Vielfalt innerhalb der Siedlung. Mitbestimmung und Mitgestaltung prägte die gesamte Verkaufspraxis. Damit gelingt die Identifikation und Aneignung des Gebäudes und eine wichtige Voraussetzung ist geschaffen, dass sich Bewohnerinnen und Bewohner in den Räumen zuhause fühlen können.

Unterstützt wird die hohe Wohnqualität durch die Skelettbauweise und den modularen Aufbau der Fassaden, die große, raumhohe Fensteröffnungen erlauben und damit helle, Licht durchflutete Räume generieren. Die Ausbildung des Umgangs zu einer raumhaltigen Schicht ermöglicht auf der gesamten Südseite einen großzügigen Balkon von 3m Tiefe. Er lässt sich individuell gestalten und weist einen hohen Erlebnis- und Erholungswert auf.

Zusammen mit dem durch die Bedarfslüftung garantierten Luftwechsel und den schadstofffreien Materialien dürfen die Räume als eine gesunde Körperumgebung bezeichnet werden.

4 Wirtschaft – Gut investiertes Geld

Wird ökonomisch in längerfristigen Zeiträumen gedacht, zahlt sich nachhaltiges Investieren durchaus auch finanziell aus. Die Forderungen betreffen hier insbesondere die der geplanten Nutzung entsprechende Standortwahl sowie die Wahl einer Gebäudestruktur, die es erlaubt, auf sich verändernde Marktbedingungen, d.h. Raum- und Nutzungsbedürfnisse flexibel zu reagieren. Wichtig ist es auch, eine Wert- und Qualitätsbeständigkeit auf die ganze Lebensdauer eines Gebäudes anzustreben. Zur Erreichung dieser Ziele ist es notwendig, die Lebenszyklen von Bauteilen und Materialschichten zu kennen. Diese sind je nach ihrer „Lebenserwartung“ zugänglich und auswechselbar anzutragen und die Investitionen sind gezielt darauf auszurichten.

Nicht zuletzt ist für den nachhaltig denkenden Investor zentral, dass nicht nur die Erstellungs- und die Anlagekosten die entscheidenden Größen sind, sondern die Kosten für Betrieb, Instandhaltung und Instandsetzung, welche bereits in der Planung des Gebäudes entscheidend vorbestimmt werden. Nied-

lige Instandhaltungskosten bedingen kontinuierliche Unterhaltsarbeiten, niedrige Instandsetzungskosten eine geschickte Material-, System- und Konstruktionswahl, die sich durch Beständigkeit und durch gute Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit von Bauteilen auszeichnet.



Bild 3:
Betondecken auf
Holzstützen in
der Außenwand
und innerem
Betonkern zur
Erreichung einer
hohen Flexibilität

4.1 Zum Beispiel KraftWerk1

Die Finanzierung der Siedlung KraftWerk1 war ein schwieriges und heikles Unterfangen, da die Bauherrschaft, die junge Genossenschaft KraftWerk1, kaum eigenes Kapital hatte. Doch gelang es ihr Partner zu finden, die sich davon überzeugen ließen, dass die Realisierung ihrer Ideen gut investiertes Geld sein würde.

Der Standort der Siedlung im äusseren Industriequartier der Stadt Zürich, eines der zentralen und lebendigsten Entwicklungsgebiete der Stadt, entspricht einem Wohnumfeld, das einem Trend entspricht; die urbane Dichte der Bauten stimmt zum Standort, die gemischte Nutzung mit Wohnungen, Büros und Gewerberäumen kombiniert mit Infrastruktur wie Restaurant, Blumenladen, Kinderkrippe und Kinderhort etc. befriuhtet sich gegenseitig und steigert die Attraktivität des Ortes.

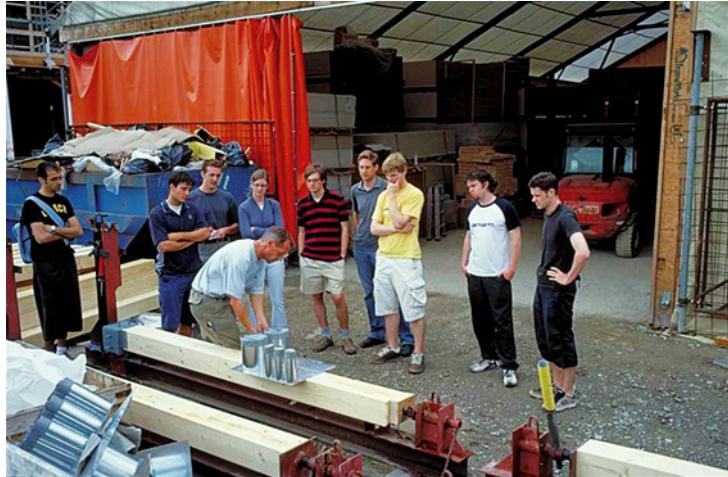
Die Betriebskosten werden durch die hohe Kompaktheit der Baukörper und den erfüllten Minergie-Standard klein gehalten. Konstruktiv wurde insbesondere beim Hauptgebäude mit der Klinkerfassade auf eine hohe Beständigkeit der Materialien geachtet. Ob auch die Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten niedrig sein werden, wird sich noch zeigen.

4.2 Zum Beispiel Balance

Die Gebäudekörper des Wohnparks Balance gleichen großen Würfeln. Die hohe Kompaktheit der Bauten hatte tiefere Baukosten zur Folge (kleine Fassadenfläche als kostenintensiver Bauteil). Sie führt aber auch zu niedrigen Betriebskosten (weniger Heizenergiebedarf).

Die Modularität und die einfache Montage der verschiedenen Schichten der Fassade mittels Schraubverbindungen ergeben eine preisgünstige Konstruktion, die kaum Abfälle verursacht, neuen Wärmedämmforderungen einfach angepasst und am Schluss der Lebensdauer wieder auseinander genommen werden kann.

Bild 4:
Umsetzung der
Idee Bauhütte zur
Steigerung der
Bauqualität und
zur Senkung der
Baukosten



Die allseitigen Umgänge verursachen bei der Erstellung Mehrkosten. Diese werden jedoch durch die vielfältige Nutzung als Gerüst bei der Erstellung, als gesicherte Arbeitsplattform bei periodischen Unterhaltsarbeiten sowie durch den Gewinn an Außenraum im Balkonbereich kompensiert. Die höhere Anfangsinvestition führt damit zu niedrigen Lebenszykluskosten. Die finanzielle ‚Belastung‘ für die nächste Generation wird gering gehalten. Da die Fassaden dank den Umgängen witterungsgeschützt sind und die äußerste Schicht aus unterhaltsarmem Glas besteht, sind geringe Unterhaltskosten für die Fassade sicher. Die Fassaden können dank den Umgängen auch laufend kontrolliert und ohne großen Aufwand unterhalten werden.

Die in der Grundrissdisposition vorgegebene konzentrierte Kernzone erlaubt es, die ganze Haustechnik wirtschaftlich in einer einzigen Steigzone zu führen. Sie ist direkt zugänglich und damit auch einfach kontrollier- und auswechselbar. Die Konzentration wirkt sich positiv auf die Erstellungskosten

aus, die gute Zugänglichkeit trägt wesentlich zu geringen Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten bei.

5 Umwelt – Denken in Kreisläufen

Im Umweltbereich der Nachhaltigkeit geht es darum, den Raubbau der nicht erneuerbaren Ressourcen zu vermeiden, die Regeneration der erneuerbaren Ressourcen zu gewährleisten, die Belastung der Umwelt mit giftigen Abfällen und Rückständen zu reduzieren und die biologische Vielfalt zu erhalten. Betrachtet wird die gesamte Lebensdauer von Hochbauten, angefangen bei der Produktion der Baustoffe, über die Erstellung und den Betrieb bis hin zum Rückbau eines Gebäudes.

Zentral und noch zu wenig beachtet ist der Energieverbrauch für die Herstellung und den Transport von Baumaterialien, die sogenannte Grauenergie. Sie hat beinahe dieselbe Größenordnung wie die Energie, die für den Betrieb eines Gebäudes über dessen ganze Nutzungsdauer einer Generation (30 Jahre) benötigt wird.

Der Bau von kompakten Volumen, der Verzicht auf Unterniveaugaragen (insbesondere im Grundwasserbereich) und auf aufwändige Glas- und Metallfassaden senken den Grauenergiebedarf maßgeblich. Die Betriebsenergie lässt sich wiederum über eine kompakte Bauweise und eine gut wärmegedämmte Außenhülle niedrig halten. Der Energiebedarf für Warmwasser und Elektrizität kann durch bauliche und haustechnische Vorkehrungen und konzeptionelle Maßnahmen nur bedingt niedrig gehalten werden, der Einfluss der Benutzerinnen und Benutzer ist erheblich.

Gebäude sind so zu konstruieren, dass Komponenten mit einer kürzeren Lebensdauer sich auf einfache Art und Weise auswechseln lassen. Dies ist nicht nur kostengünstiger, sondern erspart aufwändige und umweltbelastende Sanierungsarbeiten. Zudem ist darauf zu achten, dass alle Bauten einmal wieder zurückgebaut werden müssen. Ein Rückbau sollte so erfolgen können, dass sich die Materialien einfach trennen und wieder verwenden lassen und nicht als Sondermüll in der Deponie zu entsorgen sind.

Kompakte Häuser haben neben den geringeren Erstellungskosten, dem geringeren Energieverbrauch in der Erstellung und im Betrieb auch den positiven Effekt, dass sie weniger überbaute Grundstückfläche benötigen und damit mehr Bodenfläche freilassen für eine naturnahe und sickerfähige Außenraumgestaltung.

5.1 Zum Beispiel KraftWerk1

Die Genossenschaft KraftWerk1 hatte sich Forderungen aus dem Umweltbereich der Nachhaltigkeit von Anfang an auf die Fahne geschrieben und das Ziel eines exemplarischen Baus nie aus den Augen verloren. Den Lebenszyklen der einzelnen Bauteile und der Grauenergie wurde Beachtung geschenkt. Das Hauptgebäude der Siedlung KraftWerk1 ist nicht nur sehr kompakt, sondern wurde auch im Minergie-Standard gebaut und mit einer dicken Wärmedämmung und einer kontrollierten Lüftung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Die Versorgung mit ›umweltfreundlicher‹ Energie ist durch den Anschluss an das Fernwärmennetz der Stadt Zürich sichergestellt. Rund 10 % des Strombedarfs der Siedlung wird durch eine eigene Photovoltaik-Anlage auf den Hausdächern produziert.

Einen geschickten Schachzug haben die Planerinnen und Planer der Siedlung KraftWerk1 auch zur umweltverträglichen Abwicklung der Mobilität gemacht: Unmittelbar neben der Siedlung findet sich eine gut bediente Tramstation, Fahrradparkplätze sind direkt bei den Hauseingängen angeordnet und in der Tiefgarage des Hauptgebäudes stehen drei Autos eines Car-Sharing-Unternehmens zur Verfügung: Dank einem Kollektivvertrag mit diesem Unternehmen haben die Genossenschafterinnen und Genossenschafter einen wesentlich vergünstigten Zugang zu dieser Dienstleistung.

5.2 Zum Beispiel Balance

Durch die kompakte Gebäudeform ergibt sich ein kleiner Material- und Energieverbrauch sowohl für die Herstellung wie für den Betrieb des Gebäudes.

Die Außenwandkonstruktion hat ein gutes Wärmedämmvermögen. Dieses kann zudem auf verblüffend einfache Art und Weise neuen Forderungen angepasst werden. So lassen sich die hinter der Verglasung zur ‚Wärmepufferung‘ angeordneten Kartonwaben in Zukunft durch ein hochwärmegedämmtes neues System wie VIP (Vacuum Insulated Panel) einfach ersetzen.

Die hohe Trennbarkeit erlaubt es Schichten der Außenwand, nicht nur kostengünstig, sondern auch wenig umweltbelastend auszuwechseln und am Ende der Lebensdauer wieder zurück zu bauen. Die verwendeten Materialien sind recycelbar und können problemlos wieder in den Stoffkreislauf eingespeist werden: Die Rohstoffe für die Dämmung aus Zellulosefasern und die hinter Glas geschützten Kartonwaben sind gut verfügbar; natürliche Resourcen werden geschont.



Bild 5:
Mit Zellulosefasern gedämmte und außenseitig mit einer Kartonwabenschicht und Glaselementen verkleidete Außenwandkonstruktion



Bild 6:
Zur späteren
Ersetzbarkeit
Schichten der
Außenwand nur
geschraubt und
nicht verklebt,
Möglichkeit des
Ersatzes der Kar-
tonwabenschicht
durch ein Vacuum
Insulated Panel



Bild 7:
Idee Balance:
Wegweisende
Wohnsiedlung
in Uster (CH):
Umsetzung wich-
tiger Nachhaltig-
keitsforderungen

Das kompakte Gebäude besetzt auf der Parzelle wenig überbaute Fläche und lässt viel Umschwung frei, der als Grünfläche einen wertvollen Lebensraum darstellt und die biologische Vielfalt unterstützt. Die Stahlkonstruktion der Umgänge kann begrünt werden, für die Natur wird damit wertvoller Lebensraum geschaffen.

6 Weiterführende Literaturhinweise / Instrumente

Planerinnen, Planern und Baufachleuten stehen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsforderungen diverse Instrumente zur Verfügung. Nach wie vor ist der Bereich Umwelt am besten bestückt, für die Bereiche Gesellschaft und Wirtschaft fehlen griffige Instrumente noch weitgehend.

Eine Übersicht der Instrumente und Literaturstellen ist in den folgenden Webseiten enthalten:

- köb Koordinationsgruppe Ökologisches Bauen: www.eco-bau.ch
- KBOB Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes: www.kbob.ch
- BWO Bundesamt für Wohnungswesen: www.wohnen-nachhaltigkeit.ch
- novatlantis Nachhaltigkeit im ETH-Bereich: www.novatlantis.ch
- Energieinstitut Vorarlberg, Bereich Bauökologie/Baubiologie und Ökologischer Wohnbau: www.energieinstitut.at
- Haus der Zukunft – Eine Initiative für Nachhaltiges Bauen, Sanieren und Modernisieren: www.hausderzukunft.at
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: www.lebensministerium.at
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: www.nachhaltigesbauen.de
- Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de

Von den Instrumenten auf den Webseiten sind die folgenden zu erwähnen:

- Empfehlung SIA 112/1, Nachhaltiges Bauen – Hochbau, 2004. [5]: Die Empfehlung ist ein Hilfsmittel, mit dem sich Ziele des nachhaltigen Bauens der drei Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt zwischen Investoren und Planenden vereinbaren und umsetzen lassen.
- SNARC, Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt, SIA Dokumentation D 0200, d/f, ISBN 3-908483-78-6, 2003: www.nachhaltiges-bauen.ch/forschung/snarc.html
- Der ökologische Bauauftrag, Ein Leitfaden für die umweltgerechte und

kostenbewusste Planung, Preisig – Dubach – Kasser – Viridén / Starzner – Wurmer-Weiss, Verlag Callwey, ISBN 3-7667-1472-4, 2001

- Ökologisch Bauen, Wegweiser für kostenbewusste Bauleute: www.energieinstitut.at
- Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Bundesamt für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: www.bmfbw.de

Speziell zu erwähnen sind die folgenden beiden Instrumente.

6.1 SNARC

SNARC ist eine Systematik zur Vorprüfung von Architekturwettbewerbsbeiträgen. Sie ermöglicht es, die Projekte bezüglich der Erfüllung von relevanten Bedingungen im Umweltbereich zu vergleichen. Angesprochen werden Kriterien wie der Umgang mit dem Grundstück (Grünflächen, Wasserhaushalt), der Ressourcenaufwand für die Erstellung und den Betrieb des Gebäudes sowie dessen Funktionstüchtigkeit, welche wiederum auf seine Nutzungsdauer und Erneuerungsfähigkeit entscheidenden Einfluss hat.

6.1.1 Zehn Kriterien

Zwei Kriterien betreffen das Grundstück. Angestrebt wird, die Biodiversität, die Grundwassersubstanz sowie die Voraussetzungen für eine große Artenvielfalt zu erhalten. Ebenso ist eine gute Versickerung und Retention des Regenwassers auf dem Grundstück vorteilhaft. Die Anteile von Grünflächen und Versickerungsflächen werden dazu quantitativ erfasst.

Drei Kriterien beschreiben den Ressourcen- bzw. Energieaufwand für die Erstellung und den Betrieb des Projektes. Die Energie ist als Schlüsselgröße einer nachhaltigen Entwicklung bereits seit langem allgemein anerkannt. Neu in der Methode ist, dass auch die Herstellungsenergie (»Graue Energie«) erfasst wird. Diese bewegt sich heute bei einer Lebenszyklusbetrachtung über 30 Jahre in der gleichen Größenordnung wie die Betriebsenergie. Die energetischen Aufwendungen für die Baugrube, für Stützmauern und besondere Maßnahmen im Grundwasserbereich, für den Rohbau unter Berücksichtigung der Bauweise, der Gebäudeform und Fensterfläche sowie die Aufwendungen für den Betrieb werden quantitativ (in Megajoules) erfasst.

Fünf Kriterien betreffen schließlich die Funktionstüchtigkeit. Angestrebt werden eine hohe Flexibilität für spätere Umnutzungen, eine einfache und gut zugängliche Ver- und Entsorgung der Haustechnikmedien sowie eine hohe Beständigkeit der Gebäudehülle. Ebenfalls beurteilt werden der sommerliche

Wärmeschutz und der Lärmschutz. Die Kriterien der Funktionstüchtigkeit werden objektspezifisch bestimmt und qualitativ beurteilt.

6.1.2 Zweijährige Testphase bestanden

Die SIA-Dokumentation basiert auf einer zweijährigen Testphase, begleitet durch Vertreter der beiden Planerverbände SIA und BSA. Im Rahmen von mehr als 30 Wettbewerben und Studienaufträgen sind etwa 200 Architekturprojekte nach SNARC vorgeprüft worden. Die Anzahl der Kriterien ist aufgrund der dabei gemachten Erfahrungen reduziert worden und Kriterien im Ermessensbereich werden nicht mehr quantitativ, sondern qualitativ erfasst.

6.2 Empfehlung SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau

www.sia.ch

Die Empfehlung SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen – Hochbau ist ein Instrument für die Bestellung und Erbringung spezieller Planerleistungen für ein nachhaltiges Bauen in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Sie enthält 35 relevante Kriterien wie Integration/Durchmischung, Lebenszykluskosten und Grauenergie. Jedes Kriterium ist mit einer Zielvereinbarung und Leistungsbeschrieben versehen, die helfen, die vereinbarten Ziele umzusetzen. Die Beschreibungen der Leistungen sind in der Reihenfolge der Phasen der SIA-Ordnung 112 Leistungsmodell aufgeführt, beginnend bei der Strategischen Planung, über die Phasen Vorstudien, Projektierung und Ausschreibung bis hin zur Realisierung. Sie werden ergänzt durch spezielle Hinweise zur Schnittstelle der Phase Bewirtschaftung. Angaben zu Werkzeugen und Hilfsmitteln sowie Literaturhinweise und Beispiele helfen, die vereinbarten Leistungen zu erbringen.

Die Erarbeitung der Empfehlung wurde durch die Bundesämter ARE, BBL, ASTRA, BUWAL, BWO, BAV und BFE maßgeblich unterstützt.

Literatur

- [1] Basierend auf einer Veröffentlichung von H. R. Preisig und K. Pfäffli, in der schweizerischen Architekturzeitschrift archithese mit Anpassungen im Kapitel Weiterführende Literaturhinweise / Instrumente für Deutschland und Österreich, 4.2004
- [2] Bauträger: Bau- und Wohngenossenschaft KraftWerk1. Architektur: Stücheli Architekten, Zürich; Vorprojekt mit Bünzli Courvoisier Architekten. Totalunternehmung: allreal Generalunternehmung AG. Literatur: tec21, Nr. 42, Sondernummer KraftWerk1, 19. Oktober 2001; www.kraftwerk1.ch
- [3] Initiator, Bauträger, Generalunternehmer: Andreas Streich AG, Zürich. Architektur: Haerle Hubacher Architekten BSA, Zürich. Literatur: tec Dossier Minergie, Beilage zu Heft 26/2003; archithese, Januar 1998; www.wohn-park-balance.ch
- [4] ETH Zürich, Departement Architektur, ETH Wohnforum: Gewohnte Utopien – die innovativen Siedlungen KraftWerk1 und Regina-Kägi-Hof in Zürich. Bericht zur Erstevaluation. Januar 2004
- [5] Autorenteam Grundlagearbeiten: Sandra Lehmann, Peter Jakob, Markus Nater, Hansruedi Preisig, Roland Stulz, Empfehlung SIA 112/1, 2004: Nachhaltiges Bauen – Hochbau
Basiert auf SIA-Dokumentation D0164, ISBN 3-908483-06-9, 2000, www.sia.ch

»Der Bauende soll nicht herumtasten und versuchen. Was stehenbleiben soll, muß recht stehen, und, wo nicht für die Ewigkeit, doch geraume Zeit genügen. Man mag doch immer Fehler begehen, bauen darf man keine.«

Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832)

Lebensdauer von WDVS-Fassaden

Die Lebensdauer einer WDVS-Fassade an einer Immobilie ist einer der Faktoren, die den Wert eines Hauses bestimmen. Die an der Lebensdauer Interessierten haben ziemlich gegensätzliche Wunschvorstellungen. Doch wie bei vielen Dingen des täglichen Lebens gibt es zahlreiche Parameter, die die Lebensdauer einer WDVS-Fassade beeinflussen. Der Beitrag befasst sich mit diesem recht komplexen Thema und berichtet über eine umfassende Literaturstudie bzw. über eine weitreichende Umfrage in Industrie- und Expertenkreisen.

Die Erkenntnis, dass WDVS jedenfalls erheblich länger mangelfrei bestehen, ist keine einzelne Erkenntnis. Überall sind Bauwerke anzutreffen, die auch noch nach Jahrzehnten Bestandzeit mangelfrei sind.

Ein kritisches Auge hat der Verfasser dabei auch auf konträre Meinungen der Wissenschaft geworfen, die alles in fixe Zahlen gegossen sehen will.

1 Einleitung

Die Frage nach der Lebensdauer von Häusern beschäftigt mehr Menschen, als man im ersten Augenblick annehmen würde.

- Der Hauseigentümer wünscht sich ein Haus, das eine möglichst lange Nutzungsdauer ohne hohe Erhaltungskosten hat.
- Der Erbe des Hauses würde einen niedrigeren Wert lieber hören, weil ihm dann das Finanzamt weniger an die Barschaft geht; dieses aber schon natürlich wieder lieber höhere Werte sehen würde.

-
- Der Immobilienmakler will wieder einen hohen Wert des gleichen Hauses hören, weil ja seine Provision eine Zahl ist, die mit dem 1/100-Wert multipliziert wird.
 - Der Käufer einer Immobilie hat schon wieder gegensätzliche Interessen.
 - Der Buchhalter freut sich, wenn eine Immobilie nur ein kurze Nutzungsdauer hat, denn dann kann er sie früher abschreiben, aber
 - der Hausverwalter möchte eine möglichst sehr lange Lebensdauer und zugleich pflegeleichte Materialien, die seine Kosten niedrig halten.
 - Der Handwerker will seinem Kunden natürlich etwas Langlebiges errichten,
 - sein Zulieferer, die Industrie, würde das verkauft Material am liebsten schon in kürzester Zeit wieder verkaufen.

Allein die Aufzählung von nur acht mit dem Wert eines Hauses Befassten zeigt auf, dass unterschiedlicher die Interessen gar nicht sein könnten. Deshalb ist auch zu differenzieren in wirtschaftliche und technische Nutzungsdauer.

Wird eine Liegenschaft von einem Gutachter geschätzt, bedient er sich sogenannter Nutzungsdauertabellen. Auch Rechtsanwälte bedienen sich dieser Listen, wenn es z. B. um die Frage geht: Ist die Nutzungsdauer einer Bauleistung schon abgelaufen oder kann man auch nach langen Jahren des Bestandes noch versteckte Mängel reklamieren? Aber schon der gegnerische Anwalt hat wieder völlig konträre Vorstellungen – naturgemäß.

2 Lebens-/Nutzungsdauer

2.1 Festgeschriebene Nutzungsdauer nur bei Massivbauweise?

Die Informations- und Kommunikationsgesellschaft der Gegenwart macht es einem leicht, sich zum gleichen Thema auch in anderen und zwar artverwandten Branchen umzusehen, z. B. bei den Vorhangsfassaden. Trotz unzähliger Treffer in Suchmaschinen war es dem Verfasser nicht möglich, für vorgehängte Stein-, Glas-, Holz-, Metall-, Kunststoff-, Blech-, Mauerwerks- oder Keramikfassaden irgendwelche Ansätze auf eine festgeschriebene Nutzungsdauer zu finden.

Auf der Website einer Holz-IG findet man diese Definition: »*Die Gebrauchs- bzw. Nutzungsdauer, also der Zeitraum, innerhalb dessen eine Holzfassade ohne Verlust seiner Gebrauchseigenschaften genutzt werden kann, hängt von Konstruktion*

(Design), handwerklicher Verarbeitung, den vorherrschenden Umgebungsbedingungen und, nicht zuletzt, auch von der natürlichen Dauerhaftigkeit der eingesetzten Holzart ab.«

Punkt und Basta! Da wird von Dauerhaftigkeit, Nutzungsende, Zeitraum der Nutzung gesprochen und da werden keine angenommenen, geschätzten oder in Gremien per Abstimmung festgelegten Jahre angegeben. Wohl aber weist die Definition auf die Einflüsse hin, die letztlich die Nutzungsdauer beeinflussen.

Warum es nur bei der Massivbauweise solche Angaben gibt, sollte man zumindest hinterfragen. Ob es da eventuell am Lobbying fehlt? Die Frage ist zulässig, wie sonst ist es möglich, dass in Nutzungsdauertabellen nur bei Holz erläuternde Anmerkungen wie: »... bei sehr guter Pflege auch länger ...« erscheinen.

2.2 Die Lebensdauer am Beispiel WDVS-Fassade

Die Gebäudehülle hat sich in den letzten Jahrzehnten von einer einfachen Ziegelmauer, außen und innen verputzt, zu einem High-Tech-Bauteil entwickelt. Die technologischen und bauphysikalischen Anforderungen sind etwa gleich hoch wie die der optischen Gestaltung. Der europaweit verbindliche Gebäudeenergieausweis wird der WDVS-Fassade in Zukunft eine noch wichtigere Bedeutung zuordnen. Im folgenden Aufsatz versucht der Autor die Frage zu beantworten: Wann hat eine WDVS-Fassade Ihr Nutzungsende erreicht?

2.3 Grundsätzliche Überlegungen zur Frage der Nutzungsdauer

Die Frage nach der Nutzungsdauer einer Bauleistung kann nur eine theoretische sein. Denn es entspricht den Gepflogenheiten des menschlichen Daseins und damit unserer Gesellschaft, dass man sein Haus auch im Äußeren in Ordnung hält. Zwar gibt es viele Beispiele, bei denen man eine Fassade hergestellt und im Weiteren der Nutzung und damit auch dem Verfall preisgegeben hat. Wir stehen heute aber vor Fassaden, die nicht einmal das erste Bestandsjahr überstanden haben und vor solchen, die über Jahrzehnte in Ehren ergraut sind und nicht einmal einen kleinsten altersbedingten Mangel erkennen lassen.

Zwar gab es verschiedene Langzeitbeobachtungen, d.h. wiederholte Besichtigungen in meist längeren Abständen, aber keine Langzeitversuche, bei denen man messtechnisch eine sich selbst überlassene Fassade ins Alter begleitete. Somit können in diversen Publikationen angeführte Zahlen zur

Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten als blanke Theorie, als Wunschvorstellung des jeweiligen Verfassers – nicht selten geleitet von dessen beruflichen Aufgaben bzw. Erwartungen seiner Person – gewertet werden.

Geradezu unsinnig erscheint in solchen Werttabellen die Festschreibung einer Nutzungsdauer von Anstrichen. Ein Anstrich dient dem Schutz von Bauteilen bzw. Bauteilschichten und hängt dessen Wiederholung oder Erneuerung von zahlreichen Einflüssen ab. Ein Fassadenanstrich an einem ebenerdigen Häuschen in windgeschützter Lage, vielleicht noch unter einem 80 cm weit auskragenden Vordach, wird jedenfalls eine bedeutend längere Funktionsdauer haben, als der gleiche Anstrich auf einem identischen Wandschichtenaufbau, allerdings an einem 10-geschossigen Wohnblock an der Nordseeküste, mit einer nur wenige Zentimeter überstehenden Attika-Blechkante.

So gesehen kann es für Bauteile und Bauteilschichten, die sich im Freien befinden, keine wirklich korrekten und vor allem allgemein gültigen Angaben zur Nutzungsdauer geben. All diese Werte in diversen Schriften, Regulativen und Leitlinien können fallspezifisch von viel zu hoch bis viel zu niedrig ange-setzt sein.

Ein Mittel zwischen der Lebenserwartung des o. g. Häuschens und der Lebenserwartung des Wind und Wetter ausgesetzten Wohnblocks herzustel-len widerspricht jeglicher Logik. Oder würde irgendjemandem eine Lebens-dauerangabe von 5–90 Jahren, im Mittel 47,5 Jahre, helfen?

Albert Einsteins Erkenntnis passt hier vorzüglich: »*Wir beherrschen die Dinge zwar mathematisch, wissen aber nicht, wie sie funktionieren!*«

Jegliche Angaben von Nutzungsdauer-Jahren für Bauteile und Bauteil-schichten, die sich im Freien befinden, sind daher stets mit großer Skepsis zu betrachten.

3 Erfindung und Weiterentwicklung des WDVS

3.1 Historisches

Es gibt nunmehr ca. 50 Jahre Erfahrung mit Wärmedämmverbundsystemen, in dieser Zeit wurden im deutschsprachigen Raum geschätzte 600.000.000 m² WDVS verlegt [Quelle: Fachverband WDVS (D)].

Nachfolgende Chronologie wurde mehreren Quellen [1], [2], [3] entnom-men. Die erkennbare Österreichlastigkeit ist logisch für einen österreichischen Autoren, hat aber dennoch über die Grenzen hinweg Bedeutung, weil man sich hier schon früher sehr intensiv labor- und prüftechnisch dem System gewidmet hat.

- 1957/58 Edwin Horbach hat die Idee, eine fugenlose Wärmedämmung mit einer verformungsfähigen, armierten dünnen Deckschicht herzustellen.
- 1957 Das erste Wohnhaus in Berlin wird mit einem WDVS ausgeführt.
- 1959 07. Oktober 1959: Edwin Horbach meldet ein Patent mit dieser Bezeichnung an: »Verkleidung von Außenwänden durch aufgeklebte Schaumstoffplatten und eine die Platten bedeckende Außenschicht, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaumstoffplatten mit einer durchgehenden, aus einem Klebemittel und einem Glasfasergespinst oder -gewebe bestehenden porenenfreien Zwischenschicht versehen sind, auf die einewitterungsbeständige Putzschicht aufgetragen ist«. Das Patent wurde aber nicht erteilt.
- 1959 Praxisversuche an drei Einfamilienhäusern im Raum Stuttgart. Das für die Armierung verwendete Glasseidengewebe stellt sich als Schwachstelle heraus: Nicht ausreichend zugfest, nicht ausreichend alkali beständig.
- 1959 Errichtung eines Zuckersilos in Frauenfeld in der Schweiz: Das erste WDVS-Objekt, das wissenschaftlich untersucht wurde. [4]
- 1963 Das erste Wärmedämmverbundsystem mit der Markenbezeichnung »Dryvit«, erfunden von Edwin Horbach, kommt in der Schweiz auf den Markt. Weil Horbach kein Patent bekam, folgten bald andere Firmen mit gleichartigen WDVS auf den Markt.
- 1965 »Dryvit« auch in Österreich.
- ab 1966 Weiterverbreitung des Dryvit-Systems in Europa, in den USA und in Kanada.
- 1970 Erste Verarbeitungsanleitung über:
 - bauseits zu erfüllende Bedingungen,
 - das Verkleben der Dämmplatten,
 - das Aufbringen der Deckschichten,
 - die Lagerung der Systemkomponenten
 - und zur Verarbeitungstemperatur.
Die Dicke des Dämmstoffes betrug zwischen 2 und 3 cm.
- 1973 Energiekrise! Der enorme Preisanstieg für Primärenergie (Ölschock) führte zum Durchbruch des Dryvit-Systems zwecks Erzielung eines verbesserten Wärmeschutzes an Außenwänden.
- 1974 23.10.1974: Verordnung der MA 35, Stadt Wien, über die Zulassung der Dryvit-Beschichtung unter Zugrundelegung des in der Verordnung angeführten Wärmedämmverbundsystems.

Von nun an befassten sich viele Firmen mit der Produktion und Verarbeitung von WDVS. Die Kenntnisse waren noch relativ gering, die in den darauf folgenden Jahren aufgetretenen Schäden entsprechend enorm.

- 1977 Aufgrund der Häufung von Schäden an Wärmedämmverbundsystemen begann man in der Versuchsanstalt der Stadt Wien, »MA 39«, umfangreiche Untersuchungen an einer Vielzahl von WDVS-Komponenten. Diese Untersuchungen dienten auch der Suche nach abgestimmten Prüfmethoden für WDVS.
Zulassung der WDV-Systeme »RENOVO«, »PLUTON« und »DRY-VIT« durch die Stadt Wien, Magistratsabteilung 35.
- 1978 Zulassung der WDV-Systeme »TERRATHERM-Vollwärmeschutz« und »SAP-Dämmssystem« durch die Stadt Wien, Magistratsabteilung 35.
- 1981 Verordnung S1/80 vom 03.04.1981 der Zulassungsbehörde MA 35 der Stadt Wien: Anforderungskatalog an die Systemkomponenten [5]. Dies war das Ergebnis der seit 1977 angewandten und weiterentwickelten Untersuchungsmethoden der MA 39.
- 1985 Dissertation von Dipl.-Ing. Karl Miedler: Untersuchungen an Wärmedämmverbundsystemen mit Polystyrol-Hartschaumplatten und Dünnputz hinsichtlich ihrer Verwendung im Hochbau [6]

Die Chronologie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit!

3.2 Die weitere Entwicklung und Beurteilung des WDVS – Ergebnisse einer vertieften Literaturstudie

Vom Verfasser wurden in einem speziellen Rechtsfall insgesamt 31 öffentlich zugängliche Literaturquellen analysiert – in diesem Aufsatz werden nur 10 davon angeführt – und weitere 37 Ergebnisse aus einer flächendeckenden Umfrage unter Herstellern von WDV-Systemen und unter Sachverständigen dieses Bereiches ausgewertet. Die Ergebnisse könnten unterschiedlicher nicht ausfallen. Es würde den Rahmen sprengen, hier alle Einzelergebnisse aufzulisten. Einzelne Textpassagen sollen jedoch den Nachweis erbringen, dass es so einfach nicht ist, die Lebensdauer von WDVS zu beurteilen.

Voran eine wichtige Feststellung von Künzel [7]: »Von keinem Wandaufbau wurde das Langzeitverhalten so eingehend überprüft wie von WDV-Systemen. Dies hängt zusammen mit der Skepsis, die diesem Wandsystem anfänglich entgegengebracht wurde. Die rasante Marktentwicklung und die damit verbundene Zunahme

ausgeföhrter WDV-System-Arbeiten der letzten Jahre und Jahrzehnte sowie die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen zeigen: Diese Skepsis war und ist unbegründet!« Künzel weiter:

»Bereits im Jahre 1975 wurden erste Überprüfungen zur Bewährung von WDV-Systemen in der Baupraxis vorgenommen. In den Jahren 1983, 1989 und 1995 folgten dann weitere Untersuchungen zum Langzeitverhalten der WDV-Systeme.«

Wenn in der Folge von Lebenserwartung, Nutzungsdauer oder Gebrauchtauglichkeit in Jahren gesprochen wird, so wird man feststellen müssen, dass diese Zeitspanne von 20 Jahren als unterstem Wert bis zu unendlich reicht. Man wird zu beachten haben, dass die Angaben aus unterschiedlichen Erkenntnissen entstanden sind. Bei den Tabellenwerten kann man jedenfalls davon ausgehen, dass diese Zahlenangaben, egal wie tief oder wie hoch sie angegeben werden, nicht von Wissenschaftlern und nicht von Baupraktikern festgelegt wurden.

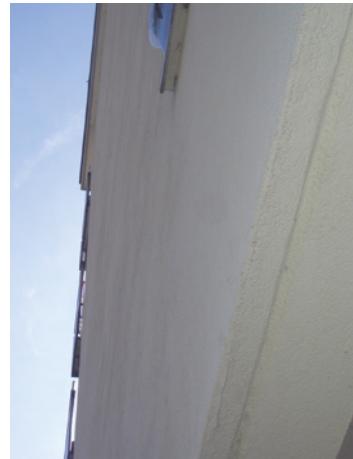


Bild 1 (li) und Bild 2 (re):
Baujahr 1966. Das älteste in Österreich dokumentierte WDVS-Objekt.
4cm EPS-Dämmung. Mängelfrei! Bisher nur 1x anstrichtechnisch saniert
[Quelle: Kathan]

Man darf nicht nur die geschichtliche Entwicklung des WDVS ins Auge fassen. Ende der Sechzigerjahre wurden die ersten WDVS-Fassaden gebaut, es war etwa NEUES! Man wusste nicht, ob und wie sich diese Systeme bewähren. Man war skeptisch. Und sie halten immer noch. Mit zunehmender Marktplatzierung haben sich aber die Produktionsbedingungen der WDVS-Komponenten gleichermaßen verändert wie die Qualität der Ausführung. Neue WDVS segnen heute schon oft nach sehr kurzer Bestandszeit das Zeitliche.

Mit den Tabellenzahlen in verschiedenen Werken ist es wie mit der durchschnittlichen Lebenserwartung des Menschen. Hat er den »versicherungstechnischen Tabellenwert« erreicht, so muss er auch nicht gleich umfallen, er kann

noch weit darüber hinaus ein äußerst gesundes Leben führen. Zugleich kann ein anderer noch weit entfernt sein vom »Tabellenwert« und sieht dennoch schon das Ende kommen.

4 Zur Dauerhaftigkeit von WDVS

4.1 Expertenmeinungen

Nachfolgend das Konzentrat der nachgelesenen und eingeholten Meinungen:

- Auf jeden Fall kann man aus der vorhandenen Fachliteratur ableiten, dass von Anbeginn des WDVS die Armierung der Spachtelschicht (Armierungsschicht, Unterputz) über der Dämmung mittels Glasseidengewebe (Textilglasgitter) erfolgte und somit seit Anbeginn den Stand der Technik darstellt.
- Wärmedämmverbundsysteme haben sich in der Baupraxis absolut bewährt. Der Aufwand für Wartung und Instandhaltung ist nicht anders zu bewerten als bei einschaligem Mauerwerk mit Außenputz.
- Die Lebensdauer von WDV-Systemen ist bei sachgerechter Verarbeitung, Wartung und Instandhaltung gleich einzustufen wie die von einfachem, verputztem Mauerwerk.
- Die Lebensdauer hängt also weniger von den Materialeigenschaften ab, als vielmehr von der Pflege und Wartung.
- Keinesfalls weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die Lebensdauer von Wärmedämmverbundsystemen strikt begrenzt ist, z. B. auf 30 Jahre, wie von Menkoff [8] angenommen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass deren Lebensdauer bei sachgerechter Wartung gleich einzustufen ist wie die von verputztem Mauerwerk. Dessen Lebensdauer hängt weniger von den Materialeigenschaften ab, als vielmehr von der Pflege und Wartung.
- Somit kann für diese Wärmedämmverbundsysteme eine den üblichen Wohnbauten entsprechende Dauerhaftigkeit erwartet werden.
- Es sei noch darauf hingewiesen, dass nach 60 Jahren Nutzungsdauer das Wärmedämmverbundsystem nicht notwendigerweise abgerissen werden muss.
- Für den zukünftigen Umgang mit WDVS nach Ablauf der Putz-Lebensdauer (40 bis 50 Jahre) ... Ein solches Vorgehen ist an Einzelobjekten bereits erprobt und würde den Abriss der Gesamtkonstruktion um weitere 50 Jahre hinauszögern.
- Da die Dauerhaftigkeit von besonderem Interesse ist, waren Informationen über Instandhaltung und Instandsetzung von großer Wichtigkeit.

- Die Ausführung aller erforderlichen Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen vorausgesetzt, ist bei fachgerecht hergestellten Wärmedämmverbundsystemen mit einer längeren wirtschaftlichen Nutzungsdauer zu rechnen, welche die bisher häufig zugrunde gelegte Annahme von 30 Jahren überschreiten kann.
- Eine »voraussichtliche Nutzungsdauer« bedeutet, dass erwartet wird, dass bei einer Beurteilung anhand der ETAG-Vorschriften und nach Ablauf der Nutzungsdauer die tatsächliche Lebensdauer unter normalen Nutzungsbedingungen wesentlich länger sein kann.
- Die tatsächliche Lebensdauer der Bauteile und Bauteilschichten wird vor allem von den Bauteileigenschaften, der Ausführungsqualität, der konkreten Beanspruchung und der Wartung/Instandhaltung beeinflusst. Die Lebenserwartung wird deshalb mit »Von-Bis«-Werten angegeben. Für die Bewertung kann die mittlere Lebenserwartung als Orientierung angesetzt werden. Die tatsächliche Lebenserwartung weicht ggf. von den angegebenen Werten ab.
- Wartungsaufwand und Wartungshäufigkeit bei WDVS-Systemen entsprechen denen von konventionellen Wandbildnern mit Putz. Dies gilt auch für die Dauerhaftigkeit insgesamt.
- Wartungsaufwand und Wartungshäufigkeit sind bei WDVS-Systemen als gleich einzustufen wie bei konventionellen Wandbildnern; auch die Dauerhaftigkeit insgesamt ist mit diesen gleichzusetzen.
- In [9] wird die Lebensdauer von WDVS mit 40 bzw. 60 Jahren angegeben. Letzteres würde bedeuten, dass die prognostizierte Lebensdauer (60 Jahre) etwa dem doppelten der bisher belegten Standzeiten entspricht. Dies erscheint aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse bei regelmäßiger Wartung der Fassade durchaus realistisch.
- Die häufig geforderte gänzliche Erneuerung des WDVS nach einer Lebensdauer von 30 Jahren ist bei richtiger Verarbeitung und guter Produktqualität jedenfalls völliger Unsinn!
- Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung ergibt sich, dass zusätzliche technische Maßnahmen für WDVS eingehalten werden sollten, um einerseits eine möglichst hohe Nutzungsdauer zu garantieren, ein einfaches Instandsetzen zu ermöglichen und nach Ablauf der Nutzungsdauer der Deckschicht lediglich diese zu erneuern und das WDVS einem zweiten Kreislauf zuzuführen.

- Lebenserwartung von Wärmedämmverbundsystemen: 25 bis 45 Jahre. Die tatsächliche Lebenserwartung weicht gegebenenfalls von den angegebenen Werten ab.
- Aus heutiger Sicht kann man jedenfalls zusammenfassen, dass Wärmedämmverbundsysteme bei optimaler Verarbeitung eine Nutzungsdauer – und darunter ist nicht Lebensdauer zu verstehen – von mehr als 30 Jahren aufweisen können. Eindrucksvoll wird dies auch durch die seit dem Jahre 2000 geltende Zulassungsleitlinie der EOTA demonstriert, die ja eine »Mindest-Nutzungsdauer« als eine Art Garantie von 25 Jahren vorsieht.
- Untersuchungen aus dem deutschen Raum über die Dauerhaftigkeit und die Sicherstellung der thermischen und mechanischen Eigenschaften von Styropor haben gezeigt, dass die Nutzungsdauer jedenfalls weit über 40 Jahre zu liegen kommt.
- Somit kann abschließend zusammengefasst werden, dass Wärmedämmverbundsysteme bei optimaler Verarbeitung (und dazu zählt jedenfalls eine optimale und richtige Ausführung der Deckschicht) Fassadensysteme sind, die einen hochwertigen dauerhaften Wärme-, Schall- und Witterungsschutz mit Nutzungszeiträumen von deutlich mehr als 30 Jahren darstellen.
- Wärmedämmverbundsysteme stellen eine seit Jahrzehnten bewährte Bauweise dar, die im Hinblick auf ihre Dauerhaftigkeit wie jede andere Putzfassade einzuschätzen sind.
- Es gilt heute als anerkannt, dass die Renovierungszyklen von WDVS bei ca. 35 Jahren liegen.
- Als Wartung wird die oberflächliche Behandlung des an sich intakten WDVS durch Reinigen, Streichen der Fassadenfläche und ggf. Erneuern der Anschlüsse verstanden.
- Eine ordnungsgemäße Wartung vorausgesetzt, kann man dies so interpretieren, dass diese Bauteile durch eine permanente Wartung immer wieder in einen ordnungsgemäßen Zustand gebracht werden und somit »ewig« halten.
- Man kann auch für diese Dämmsysteme von einer gleichen Lebenserwartung von ca. 50 Jahren ausgehen.
- Die funktionelle Lebenserwartung von sachgemäß und unter Berücksichtigung aller bekannten physikalischen Parameter ausgeführten und gewarteten WDVS-Fassaden kann auf mindestens 50 Jahre beziffert werden.
- 30-jährige intakte WDVS-Fassaden sind heute in großer Anzahl vorhanden.

4.2 Bilddokumentationen

Zahlreiche Bilddokumentationen wurden im Zuge der Studie vorgelegt als Beweis und Dokumentation für die Feststellungen der Befragten:



Bild 3:
Das Objekt in der Schweiz ist vor ca. 40 Jahren mit 40 mm EPS-Platten gedämmt worden, die Armierungs- schicht ist ca. 3 mm dick, die Oberflächenge- staltung wurde mit einem 3 mm Kunstharzputz ausgeführt.
[Quelle: Stalder]



Bild 4:
Ein WDVS- »Methusalem«:
Die Fassade wurde 1972 mit 8 cm EPS-Dämmung ausgeführt und befindet sich noch im Originalzu- stand. Mängelfrei.
[Quelle: Kathan]

Zusätzlich wird – ohne Bilder – von zwei Objekten aus Baden-Württemberg berichtet: Von einer Wohnanlage mit 18 Einheiten aus 1961. Das WDVS mit 60 mm-EPS-Dämmplatten wurde bisher nur 1x anstrichtechnisch behan- delt und ist sonst mängelfrei.

4 Reihenhäuser wurden bereits 1963 mit WDVS-Fassaden (60 mm-EPS- Dämmung) versehen.

**Bild 5 und
Bild 6:**

Wohnhaus Nähe Graz. 33 Jahre nach der Ausführung. Fassade hat keinen Defekt!
Nur mikrobieller Befall an der Gebäudeseite ohne wirksamen Witterungsschutz
[Quelle: Zwanz-
gleitner]



Bild 7:

Das WDVS wurde 1972 auf der Giebelwand eines Neubaus aufgebracht, jedoch ohne Oberputz. Dämmplattenstärke 40 mm, Kleber zementhaltig, Spachtel pastös unter Zugabe von 20 % Zement. Bis heute sind keinerlei Schäden oder Risse erkennbar
[Quelle: Stöcker]



4.3 Auch Wissenschaft ist uneinig

Während Prof. Dr. Vogdt vom Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken an der TU Berlin im Infoblatt Nr. 4.2. »Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten« 12.2006, Wärmedämmverbundsystemen eine Lebenserwartung von 25–45, im Mittel 30 Jahren zugesteht, sieht Prof. Dr. Michaela Hellerforth, FH Gelsenkirchen, Facility Management, im Lehrbuch »BWL für die Immobilienwirtschaft« für Fassaden (ohne diese in der Bauart zu differenzieren) eine Mindest-Nutzungsdauer von 40 Jahren und eine Höchst-Nutzungsdauer von 60 Jahren. Die Differenz zwischen beiden Aussagen von Wissenschaftlern: 100 %!

4.4 International

Wenn in der grundlegenden europäischen Norm für die Zulassung von WDVS, in der ETAG 004, eine nur 25-jährige Lebensdauer festgeschrieben steht, so ist dieser Textabschnitt nicht für sich zu werten, sondern der ganze Abschnitt zu lesen.

Dr. Buecher, WDVS-Experte und Mitglied des Sachverständigenausschusses des deutschen Instituts für Bautechnik¹, dazu: »Diese Ausführungen in der Europäischen Leitlinie waren nicht gedacht, um eine mittlere oder wahrscheinliche Lebensdauer für WDVS zu beschreiben. Sie sollten lediglich verdeutlichen, dass die dort vorgesehenen Prüfungen nach dem damaligen Stand der Wissenschaft und Technik so ausgelegt waren, dass von einer mindestens 25-jährigen Lebensdauer auszugehen ist. Keinesfalls kann daraus abgeleitet werden, dass WDVS nach 25 Jahren Standzeit erneuert werden müssen.«

5 Ausblick

Im Rahmen der jährlich stattfindenden Aachener Sachverständigentage war 2008 das Motto: »Bauteilalterung – Bauteilschädigung«. Die Inhalte und Diskussionsergebnisse dieser Tagung sind in einem Tagungsband nachzulesen [10].

Obwohl es in deutschen Regelwerken derzeit keine absoluten Angaben zur Nutzungsdauer gibt und obwohl europäische Richtlinien durchgängig nur von »einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer« oder von einem »wirtschaftlich angemessenem Zeitraum« sowie von »Nutzungsdauer« als nicht absoluten Zeitbegriff sprechen und Bauordnungen fordern, dass »bauliche Anlagen [...] über eine angemessene Zeitdauer gebrauchstauglich sein müssen«, verfolgen Wissenschaftler und Juristen gleichermaßen das Ziel, absolute Zahlen festzuschreiben. Auch wenn z. B. Prof. Oswald bedauert, dass diese Zahlen nicht zur Begründung einer Herstellergarantie oder Gewährleistung für ein Versagen im Einzelfall herangezogen werden können, wird dies passieren. Einerseits stehen da auch schon mathematische Formeln von Prof. Dr.-Ing. Vogt der TU Berlin im Raum, wie man in Zukunft die Nutzungsdauer von Gebäuden mit den Einflüssen als rechnerische Faktoren rechnerisch ermitteln will. Andererseits ist es ja auch viel einfacher, die Lebensdauer eines Baustoffs, eines Bauteils oder eines Systems einfach aus einer Tabelle abzulesen, als sich

¹ Das DIBt ist die Zertifizierungsstelle für WDVS in Deutschland und somit in erster Linie zur Umsetzung der ETAG 004 verpflichtet und daher auch berechtigt, Bestimmungen zu kommentieren.

die Mühe zu machen, zu analysieren, welche Ursachen vorliegen, dass ein Objekt nicht die gleiche Bestandsdauer erreicht hat, wie zahlreiche andere, ähnliche, vergleichbare Objekte. Aus juristischer Sicht werden sogar noch zusätzliche Qualitätsstufen mit entsprechenden Lebensdauerdaten in Regelwerken als der Planungssicherheit dienlich und als Erleichterung bei der Vertragsgestaltung und bei der Feststellung der geschuldeten, funktionstauglichen Leistung gesehen.

Erfreulich, dass Prof. Oswald in einer Diskussion feststellte, dass es inzwischen Untersuchungen über das Langzeitverhalten von Wärmedämmverbundsystemen gibt, die ihnen eine deutlich längere Lebensdauer als 30 Jahre attestieren.

**Bild 8 (li) und
Bild 9 (re):**

37 Jahre besteht dieses Objekt am Zürichsee (gebaut 1972) partiell veraltet, aber insgesamt schadensfrei. 1995 wurde das Objekt einmal gestrichen

[Quelle: Stalder]



6 Resümee

Das WDVS hat, beginnend vom Zeitpunkt seiner Erfindung durch Edwin Horbach Ende der 1950er Jahre, in jeder einzelnen Komponente des Systems – und das sind: Kleber, Dämmstoff, Dübel, Armierungsmasse, Gewebe und Deckputz – eine ununterbrochene Weiterentwicklung erfahren. Die aktuellen neuen Systeme mit Resol-Platten, Vakuumdämmungen, PIR-Systemen und andere beweisen, dass ein Ende der Entwicklung noch nicht absehbar ist und Entwicklungssprünge größerer Art nicht auszuschließen sind.

Die o. g. Stellungnahmen und die zusammenfassende Erkenntnis genügen, um die Festschreibung der Lebensdauer² von Wärmedämmverbundsystemen aus technischer Sicht als unmöglich und damit als unzulässig anzusehen.

Natürlich stehen wir auch immer wieder vor WDVS-Objekten, die nur eine geringe Bestandsdauer haben und schon Mängel aufweisen oder gar generalsanierungsbedürftig sind. Solche Objekte werden ebenfalls nicht gezählt und sind auf die Gesamtheit ausgeführter WDVS-Fassaden gesehen jedenfalls in der Minderheit. Auch Autounfälle werden nicht auf bestimmte Fahrzeugarten bezogen gezählt.

Die in diversen Tabellen angeführten Zahlenwerte für die Lebensdauer von WDVS entbehren jeglicher Grundlage. Vergleicht man Tabellenwerke untereinander, liegt die Vermutung nahe, dass der eine oder andere Tabellen-Verfasser von anderen abgeschrieben hat, ohne die Richtigkeit der Zahlen zu hinterfragen. Noch größer klaffen Tabellenangaben mit der Realität auseinander, wie die zitierten Beispiele deutlich erkennen ließen.

Beginnend vom Standort des Gebäudes und damit der regional spezifischen (Be-)Witterungssituationen, über die Gebäudeform (Architektur), die verwendeten, angepassten oder nicht angepassten, geeigneten oder nicht geeigneten Materialien, die Qualität der Verarbeitung bis hin zur Art und Weise der Nutzung und nicht zuletzt der Hege und Pflege der Bauteile und Bau teilschichten, gibt es unzählige Parameter, welche die Gebrauchs dauer beeinflussen. Für solche Einflüsse kann es weder mathematische Mittelwerte noch Aufwertungs- oder Minderungsfaktoren geben. Die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen zahlreichen Informationen beweisen dies mehr als deutlich.

Abschließend zur nochmaligen Verdeutlichung des Themas zwei vergleichende Beispiele: Wie lange ist die Nutzungsdauer eines Hochspannungsmastes? Eine Metallkonstruktion wird in regelmäßigen Intervallen mit einem neuen Schutzanzrich versehen. Die Leitungsbauer nennen das Konservierung.

² ... auch mit Dauerhaftigkeit, Gebrauchs dauer, Haltbarkeitsdauer, Nutzungsdauer, ... bezeichnet.

Auf die tel. Anfrage bei der Tiroler Wasserkraft, wie lange denn die Nutzungsdauer eines Strom-Gittermastes, der ja intensivsten hygrothermischen Beanspruchungen ausgesetzt ist, angesetzt wird, kam die Antwort:

»Die TIWAG gibt es seit 1924 und wir haben immer noch jede Menge Masten aus dieser Zeit im Einsatz, also kann man von einer Nutzungsdauer von 80 Jahren und mehr sprechen. Die Erhaltungsintervalle hängen von den Umweltbedingungen ab und liegen zwischen 25 – 40 Jahren. Andererseits haben wir verzinkte Masten im Einsatz, die, wieder abhängig von den Umweltbedingungen (SO₂-Gehalt), auch schon nach 20 Jahren zu konservieren sind.«

Zweites Beispiel aus der Kfz-Industrie: Ein großteils handgefertigter Maibach verlässt am gleichen Tag die Produktion wie ein Fiat Panda. Es wird angenommen, dass beide Fahrzeuge über eine ordentliche Material- und Ausführungsqualität verfügen. Frage: Wie lange ist die Lebensdauer beider Fahrzeuge?

Literatur

- [1] Magistrat der Stadt Wien; Verordnung des Magistrates der Stadt Wien vom 23. Oktober 1974 über die bis zum 21. Dezember 1976 befristete Zulassung der Dryvit-Beschichtung. Magistratsabteilung 35, Wien (A). 10/1974
- [2] Dipl.-Ing. Dr. K. Miedler; Lebensdauer von Wärmedämm-Verbundsystemen, Stellungnahme der MA 39 vom 08. Mai 1995 aufgrund einer Anfrage der Gemeinschaft Dämmstoffindustrie. MA 39, Wien (A). 05/1995
- [3] Dr. B. Buecher; Wärmedämm-Verbundsysteme, Handbuch für Maler und Lackierer, Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, München (D). 2005.
- [4] Mayer, E. und Künzel, H.; Bewährung von Wärmedämm-Verbundsystemen mit Kunstharzputzen in der Praxis. Der Architekt, Nicolaische Verlagsbuchhandlung GmbH, Berlin (D). Heft 6, 1984.
- [5] Magistrat der Stadt Wien; Verordnung des Magistrates der Stadt Wien vom 03.04.1981 über die bis zum 30. Juni 1985 befristete Zulassung von Außenwanddämmssystemen (mit Polystyrol als Wärmedämmsschicht) mit dünnen Putzen. Allgemein, nicht firmenbezogen. Magistratsabteilung 35, Wien (A). 04/1981
(Verordnung vom 09.08.1995, Neuauflage der o. a. VO)
- [6] Dipl.-Ing. Dr. Miedler; Dissertation über Untersuchungen an Wärmedämmverbundsystemen mit Polystyrol-Hartschaumplatten und Dünnputz hinsichtlich ihrer Verwendung im Hochbau. Universität Innsbruck (A). 05/1985.

- [7] Dr. Ing. H. Künzel; Wärmedämm-Verbundsysteme zum Thema Langzeitbewährung. Hrsg. Fachverband Wärmedämmverbundsysteme e.V., Wiesbaden (D). Broschüre, ohne Datum, S. 11.
- [8] Menkoff, H.: Wärmeschutzverordnung und Wirtschaftlichkeit, Tagungsband unipor-Fachtagung (1994).
- [9] Magistrat der Stadt Wien; Nachhaltigkeit der thermischen Sanierung der Fassaden von Wohngebäuden – Teil 1: Dauerhaftigkeit von Wärmedämmverbundsysteme. Magistratsabteilung 39 – Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien, im Auftrag der Wiener Wohnbauorschung (A). 2006.
- [10] Prof. R. Oswald (Hrsg.), Bauteilalterung – Bauteilschädigung – Typische Schädigungsprozesse und Schutzmaßnahmen – Tagungsband Aachener Bausachverständigentage 2008. Verlag Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden (D). 2009.

»Um klar zu sehen, genügt oft ein Wechsel der Blickrichtung.«

Antoine de Saint-Exupéry, franz. Schriftsteller (1900–1944)

Bauschäden und ihre Verursacher

1 Einstimmung

Vorweg muss man feststellen: Bauschäden sind sicher so alt wie das Bauen selbst. Jeder Baustil bzw. jede Architekturmode hatte ihre typischen Bauschäden. »Die Bauherren« als Verursacher jedweder Bauwerke sind nach dem Verursacherprinzip also die Initiatoren aller Bauschäden!

So leicht darf man es sich aber nicht machen, obwohl die Bauherren heute oftmals mehr Schuld an mangelhaften Bauten tragen, als es im ersten Moment erscheint. Wer sind die Bauherren von heute eigentlich? Die Häuslbauer, private Wohlhabende, Geschäftsleute mit oder ohne Kredite, öffentliche Bauträger bzw. Wohnbaugenossenschaften, hinter denen diverse Geldgeber stehen, also selten Individuen, sondern zunehmend anonyme Lobbys.

Bauen die einen, die Häuslbauer, in erster Linie für sich selbst mit eigener Planung und Initiative, aber meist nicht übereilt (Stand-by), so bauen die anderen meist mit fremdem Geld und haben es daher unheimlich eilig, da die Zwischenfinanzierungen sehr teuer geworden sind (Feuerwehrmethode).

Bauherren haben obendrein oftmals den irren Glauben, dass Gebautes ewig halten muss. Alles auf unserer Erde ist aber den Gesetzen der Erosion unterworfen – Gott sei Dank! Bauen ist also auch nur ein hinhaltender Kampf gegen die Kräfte der Erosion. Es ist nur wichtig, dass dieser Kampf gegen das »Kaputtwerden« geordnet geführt wird. Was schneller kaputt wird oder werden darf, muss auch leichter auswechselbar konzipiert werden. Solche Überlegungen sind vor allem ein Teil einer guten Planung.

Unterscheide auch beim Bauen verschiedene Qualitätskriterien z. B.: zwischen dem »Wegwerf-Prinzip«, dem »Instandhaltungsprinzip« und dem »Rolls-Royce-Prinzip«. Es ist nur allzu logisch, dass diese Qualitätsunterschiede auch verschiedene Kosten verursachen. Nach welchen Prinzipien ein Gebäude bzw. Teile davon errichtet werden sollen, ist vorweg mit dem Bauherren abzuklären.

Welchen Beitrag kann also die »Kategorie Bauherr« zum Bauschadensgeschehen leisten?

2 Fehlerquellen

2.1 Fehlerquelle »Bauherr«

Sie wissen oft nicht zeitgerecht, was sie eigentlich wollen. Mit dem Planungs- und Baugeschehen kommen erst die Wünsche, sprich Änderungen und Erweiterungen.

Oftmals steht hinter diesem vorgegebenen Planungsdruck System. In dieser Hektik entstehen leicht Fehler, Fehler für die der Planer haftet. Bekanntlich ist für ein fehlerhaftes Werk der Werklohn nicht fällig.

Sie beauftragen meist auch nicht zeitgerecht die für eine ordentliche Abwicklung notwendigen Leistungen an ein hierfür geeignetes Team mit einer kompetenten Führungspersönlichkeit an der Spitze. Ein solches Planungsteam muss mit den entsprechenden Mitteln ausgestattet sein und muss sich vor allem harmonisch ergänzen. Kein Coach würde eine Fußballmannschaft aufstellen, die nicht aufeinander eingespielt ist. Bauherren gewähren oftmals keinen angemessenen Planungsvorlauf und stellen, abgeleitet von den hohen Kreditkosten, schier unmögliche Termine – eine zu kurze Bauzeit verursacht eine eigene Kategorie von Bauschäden.

Wo mit Wasser gebaut wird, muss man das Wetter berücksichtigen. Abbindezeiten und Trocknungszeiten lassen sich nicht ohne nachhaltige Konsequenzen einfach wegrationalisieren. Bauherren genehmigen auch manchmal nicht die notwendigen Mittel, sie bauen daher nur scheinbar billig – aber billig bauen ist teurer als richtig bauen (Sparen am falschen Fleck). Immer öfter sind die Bauherren quasi eine Errichtungsgesellschaft, die primär die Herstellungskosten im Auge haben, die laufenden Erhaltungskosten und Betriebskosten, mit einem Wort die Vollkosten, und diese anders bewerten als es aus volkswirtschaftlicher Sicht richtig wäre.

Wenn die hier aufgezeigte Problematik auch nicht zu unterschätzen ist und der Trend zur Errichtung zu noch schnelleren und billigeren Volumina

anhält, ist die Fehlerquelle Bauherr, die kaum in der Bauschadenstatistik aufscheint, indirekt von zunehmender Bedeutung. Es ist vordringliche Pflicht des Planungsteams, den Bauherrn auf realistische Vorgaben aufmerksam zu machen. Dies setzt wiederum große Erfahrung und Weitsicht der Führungspersönlichkeit des Planungsteams voraus.

Die Hauptverursacher von Bauschäden sind aber vor allem laut Statistik die Planer mit ca. 40 %, die Ausführenden mit ca. 30 % und die Materialhersteller mit ca. 15 %. Ca. 10 % entfallen auf falsche Nutzung. Nur ein kleiner Anteil von ca. 5 % bezieht sich auf den natürlichen Verfall (Erosion).

Wir wollen uns aber hier vorwiegend mit der Planung, Ausführung und mit deren Ursachen bezüglich Bauschadenserzeugung und deren Folgen auseinandersetzen. Aber auch die allzu große Materialvielfalt und falsche Nutzung sollen angesprochen werden.

2.2 Fehlerquelle »Planung«

Was tragen also die Planer zum Bauschadensgeschehen bei? Vorerst muss man nach der Bauaufgabe und nach den Bearbeitungsphasen differenzieren. Entwurfsphase:

- Diese bedarf einer gestalterischen Kraft und große Erfahrung mit der geforderten Materie richtig umzugehen. Ein faszinierendes Modell und ein graphisch gut ausgearbeitetes Planwerk, welches nicht zumindest in den wesentlichen Teilen den gestellten Anforderungen entspricht, verursacht in der Regel eine Folge von Änderungen. Änderungen zum falschen Zeitpunkt sind sehr bauschadensträchtig. Die Schätzungen der Kosten sind in dieser Phase grob und werden meist zu optimistisch angesetzt. Jedoch wird in dieser Phase der Grundstein für die Komplexität der Details und somit für die Gebäudekosten gelegt. Nachträgliche Kostenreduktionen durch sogenannte Verbilligungsvorschläge sind in der Regel mit Verschlechterungsvorschlägen gleich zu setzen.
- Die Architekten beschäftigen sich zunehmend mit virtueller Architektur und experimentieren auf Kosten der Bauherren. Das wichtigste Bindeglied kostengünstiges »Konstruieren« wird leider in der Planungsausbildung in allen Schultypen sehr vernachlässigt. Dies ist die Hauptursache vieler Planungsfehler.
- Der Bauingenieur wird zunehmend in EDV-Berechnungen und juristischen Diktioen ausgebildet. Vor allem braucht die Bauwirtschaft mehr praxisnahe ausgebildete Ingenieure, die uns hoffentlich bald aus den Fachhochschulen heranwachsen werden. Aber auch entsprechende Bauleiterprüfungen

gen und Weiterbildungsmöglichkeiten auf diesem Gebiet wären für die Vermeidung von Bauschäden gute präventive Maßnahmen.

- Formal modische Prototypen gipfeln meist in Risikodetails, welche naturgemäß leichter zu Bauschäden Anlass geben, als erprobte Regeldetails. So werden manchmal die Baustellen zum Labor experimentierfreudiger Architekten. Bedenke dabei, dass beim Experimentieren der Misserfolg die Regel und der Erfolg die Ausnahme ist.

Der derzeitige Trend geht zu einer immer größeren Aufspaltung von Teilleistungen. Diese Aufspaltung fördert Missverständnisse und verwässert oft das Entwurfskonzept. Eine Aufspaltung ist nur unter erhöhter Koordinierungsarbeit möglich. Fax und Handy haben den Begriff der »Spontanplanung« ermöglicht. Von langer Hand gut vorbereitete Konzepte werden im letzten Augenblick meist unreflektiert durch einen scheinbaren Vorteil umgeschmissen. Soll doch ein guter Entwurfsgedanke in jedem Detail noch spürbar sein (gleichsam wie bei einer Zelle, von der aus auf den ganzen Organismus geschlossen werden kann).

Immer weniger wird die ökonomische Machbarkeit, die sinnvolle Realisierung in das Entwurfskonzept miteinbezogen. Dabei soll ein guter Entwurf gleichsam wie ein »Embryo« sein. Alles ist schon im Ansatz vorhanden, nur nichts ist konkret entwickelt – aber eine geordnete Entwicklung ist dem vorgegebenen System immanent. Ein so konzipierter Entwurf ist eine gute Vorbeugung auch gegen Baumängel.

Eine geordnete Ausführungsplanung inkl. Beschreibung, in allen Punkten aufeinander abgestimmt, muss rechtzeitig vor Baubeginn vorhanden sein. Dies betrifft nicht nur Baumeisterarbeiten, sondern eine solche Konsequenz ist von Professionisten durchzuführen, zuerst die Ausführungsplanung und dann die detaillierten Leistungsverzeichnisse. Bedauerlicherweise sind diese Büroleistungsabschnitte in der Gebührenordnung für Architekten in falscher Reihenfolge angeführt.

Es gilt wieder die Kluft zwischen den Planenden und den Ausführenden zu verringern. Nicht immer neue Konzepte, sondern solche, die als sinnvoll anerkannt werden, sind entsprechend zu analysieren und weiter zu verfolgen – wir sollten wieder mehr aus der Erfahrung lernen!

Leider gibt uns unsere schnelllebige Zeit kaum die Möglichkeit kontinuierlich Erfahrungen zu sammeln. Eine gründliche Analyse von Bauschäden und ein ehrlicher Erfahrungsaustausch sind notwendig.

Unterscheide zwischen Bauwerken in Standardausführung und Prototypen (die es als Modell-Demonstrativ, Versuchsbauten zu errichten gilt). Dabei be-

denke, dass sich nicht jeder Gestaltungswunsch bauschadensfrei umsetzen lässt. Vor allem die Übertragung von Architekturen ferner Länder zu uns, also die Internationalisierung der Architektur, ohne den Gegebenheiten des Ortes genügend Aufmerksamkeit zu schenken, ist Ursache verschiedener Bauschäden.

Vieles ist technisch machbar – aber nur weniges ist wirtschaftlich vertretbar!

2.2.1 Details

Unterscheide zwischen:

- Standarddetails
- Risikodetails und
- Nulldetails.

Standarddetails: Sind aufgebaut auf Erfahrung, haben sich bereits bewährt, stellen die Regel der Technik dar, sind Baustofflieferanten und den Ausführenden bekannt. Im Wesentlichen gleichartige Ausführungen kann man woanders bereits besichtigen. In der Variation und Wahl der Proportionen liegt hier vor allem der gestalterische Spielraum.

Risikodetails: Sind Neuentwicklungen, Kombinationen von Ideen, die einen großen Planungsaufwand benötigen und ihre Tauglichkeit erst unter Beweis stellen müssen. Sie stellen ein Experiment dar, ihre Umsetzung benötigt daher ein besonderes Maß an Risikobereitschaft und Können aller Beteiligten (Planer und Ausführende). Es ist wichtig, dass der Bauherr informiert ist, wie die Risiken bei solchen Konstruktionen verteilt sind.

Architekturexperimente sind zwangsläufig vorwiegend nur mit Risikodetails zu verwirklichen. Jeder neue Baustil hat in der Entwicklung solche Risiken auf sich genommen (Romanik, Gotik, auch in der Renaissance wurden Kuppelbauten bis zum Einsturz riskiert).

Nulldetails: Betrifft jene Detailpunkte, die einer sorgfältigen Planung bedurft hätten, aber die den Ausführenden mehr oder weniger überlassen werden (mangelnde Detailplanung – Planungsunterlassung).

Manchmal werden Details erst auf der Baustelle entschieden. Das geht hie und da noch gut, aber was machen künftig die jungen Architekten, wenn es die alten Handwerker nicht mehr gibt, die noch imstande sind, vor Ort halbwegs richtig zu improvisieren?

Der erforderliche Detailaufwand für ein Projekt ist jedenfalls je nach Angemessenheit der gestellten Aufgabe zu betreiben.

Heute werden im Bauwesen zunehmend in sich geschlossene Bausysteme angeboten. Dies kommt aus der Entwicklung, immer mehr weg vom Handwerk hin zum Industrieprodukt – vom Bauen zum Montieren.

Fenster- bzw. Fassadensysteme, Flachdach-, Installationssysteme etc. stehen mehr oder weniger ausgereift den Bauschaffenden zur Verfügung.

Wichtige Merkmale eines guten Systems sind:

- Kombinationsmöglichkeiten
- einfache Montage vor Ort
- geringe Schadensanfälligkeit
- Instandhaltungs- und Reparaturfreundlichkeit
- große Toleranzbereiche bei der Erfüllung der gestellten Anforderungen
- konstante Marktrepräsentanz
- Preis-Leistungsverhältnis stimmt
- keine Entsorgungsproblematik.

Die Aufgabe des Planers besteht nun darin, Einzelsysteme am Bau so zu kombinieren, dass daraus ein geordnetes Ganzes wird, also die Schnittstelle zur Nahtstelle machen – wahrlich keine leichte Aufgabe! Dazu braucht man theoretisch gut ausgebildete und erfahrene Personen, denen auch genügend Zeit und die Möglichkeit zur Verfügung stehen, um eine Bauaufgabe geordnet erledigen zu können.

Bedenke, ein gewisses Maß an Qualität zu bringen ist stets mit Quantität an Arbeit, die ihre Zeit braucht, verbunden.

2.2.2 Eignungs-, Anforderungsprofil

Ein Bauteil ist so auszubilden (muss dafür geeignet sein), dass es die planmäßigen Beanspruchungen inkl. der gewählten Sicherheiten auf eine angenommene Nutzungsphase aushält. Hier gibt es, wie vorher erwähnt, große Qualitätsunterschiede!

Ein Baumangel wird hergestellt – ein Bauschaden stellt sich entweder im Laufe der Zeit ein bzw. zeigt sich im Gebrauch.

Ein Bauschaden zeigt sich im Naturversuch! Ein Naturversuch, bei dem meist das Nachleseverfahren gründlicher erfolgt und oftmals auch kostspieliger ist, als das Vorbereitungsverfahren.

Die »Beinahe-Crashes«, welche augenscheinlich nicht feststellbar sind, werden jedoch zukünftig durch diese Gütesicherungsmethoden größtenteils aufgedeckt werden. Die diversen Qualitätssicherungsmethoden werden uns ganz

sicher nicht das Bauen verbilligen, hoffentlich aber die Bauschäden vermindern helfen.

2.2.3 Einteilung der Mängel

- Unwesentliche behebbare Mängel
- wesentliche behebbare Mängel
- unwesentliche unbehebbare Mängel
- wesentliche unbehebbare Mängel.

Heute bei dem Facharbeitermangel ist manches mehr »Machwerk« statt »Handwerk«. Konstruktionen sollen bei richtiger Pflege für eine angemessene Nutzungsphase den Erwartungen entsprechend schadensfrei bleiben und, wenn durch Alterung erforderlich, ohne besondere Folgearbeiten leicht instandsetzbar, austauschbar sein. Verschleiß nach Erfüllung einer angemessenen Nutzungsdauer ist nicht einer Kategorie von Bauschäden zuzuordnen.

Die Erhaltungskosten eines Gebäudes (Instandsetzungs-, und Instandhaltungskosten) betragen an Barwert über die Nutzungsdauer bezogen ca. 100–150 % der Herstellungskosten bzw. 1 %–1,5 % pro Jahr.

Eine der Hauptursachen, um Bauschäden zu erzeugen, liegt meiner Meinung nach:

- in der falschen Einschätzung der Tauglichkeit von Konstruktionen
- in der zu geringen Vorbereitung für die Ausführung
- in der mangelnden Koordination im Büro, zwischen Büro und Baustellen und auf der Baustelle
- in der Überforderung der Ausführenden
- in den zu geringen Ansätzen für Zeit und Kosten.

Vor allem die tüchtigen örtlichen Bauleiter sind stets überfordert, werden quasi verheizt.

2.3 Fehlerquelle Material

Was die Materialien am Bau betrifft, gibt es den Ausspruch: »Es gibt keine schlechten Materialien, nur deren schlechte Anwendung!« Das richtige Material an der richtigen Stelle einsetzen ist eine wichtige Planungskomponente!

Das ist keine leichte Aufgabe, denn heutzutage gibt es einfach zu viele Materialien am Markt! Viele davon sind nicht genügend geprüft. Für Neuerungen, also Unausgereiftes wird unüberhörbar permanent Reklame gemacht.

Bedenke: Die Werbung wird heute vorwiegend von Psychologen und nicht mehr von Technikern gemacht. Das Gute wird durch das sogenannte Besse-re, immer Neue, überdeckt. Die Konkurrenz ist brutal und auch für den erfahrenen Planer nicht mehr durchschaubar. Eine Bereinigung des Baustoffmarktes in einer Art »Baustoffabrustung« wäre erforderlich. Weniger, aber besser deklarierte Baustoffe würden die Qualität des Bauens sicher anheben. Die schier unübersehbare Vielfalt birgt viele Gefahren in sich: Etwas falsch zu machen – falsch zu planen – falsch zu bestellen – falsch zu verbauen – falsch zu verrechnen.

2.4 Fehlerquelle »Ausführung«

Ein Kapitel für sich – wer hat schon genügend Zeit zum Planen – geschweige denn zum Ausführen – den Letzten beißen die Hunde! Das gilt besonders am Bau. Unfertige Planung, unseriöse Vorbemerkungen und Ausschreibungen, unmögliche Terminvorgaben, mangelnde Bauführung, überforderte Firmen. Dabei haben die ausführenden Firmen genügend eigene Probleme. Sie bekommen kaum qualifizierten Nachwuchs. Unterpreise, Zeitdruck und fachliche Überforderung, verbunden mit unqualifizierten Anweisungen, überlagert mit den vorher erwähnten Feststellungen, ergibt oftmals ein Dilemma, das manchmal erst bei Gericht seine Endphase findet.

Überall ist zuwenig Zeit – kaum mehr ein Spielraum gegeben. Eine Hektik macht sich breit, die auf der Baustelle ein Chaos entstehen lässt, ein gera-dezu ideales Klima für die Entwicklung von Kostenerhöhungen und Bauschäden. Auch die zunehmende Flut von Normen und Vorschriften, die kaum einer in der Kombination auf den Einzelfall angewendet rechtzeitig überschauen kann, trägt wenig für die Bereinigung solcher Zustände bei. Dazu kommt noch, dass manche Bauherren dieses hektische Baugeschehen nahezu heraufbeschwören. Unklare Verhältnisse verursachen meist Fehler. Wie heißt es im Gesetz? Bei fehlerhaftem Werk ist kein Anspruch auf Werkslohn fällig. Manche Bauherren sind darauf aus, mehr zu bekommen, als sie bestellt haben. Sie zahlen einfach nicht und lassen sich dann klagen.

Aber auch die Übersensibilisierung bzw. der Perfektionstick hat immer häufiger Gewicht bei Bauschadensbeanstandungen. Daraus ist es verständlich, dass Mängellisten bereits ein Eigenleben führen, Sachverständige und Gerichte sind daher mit dem Bauwesen gut beschäftigt. Würde dieser Aufwand an Zeit und Geld an der richtigen Stelle in das Bauwerk investiert werden, wäre es sicher sinnvoller angelegt.

Bei der Ausführung muss man die Schadensbilder je nach Professionisten differenzieren, doch die häufigsten Schäden sind an den Schnittstellen zu finden. Wenn mehr als drei Professionisten an einem Detailpunkt gleichzeitig beschäftigt sind, wird die Ausführung bereits meist problematisch.

Handwerklich gediegene Ausführungen sind heute oft in Konkurrenz mit dem sogenannten wirtschaftlichen industriellen Machwerk. Handwerklich Hergestelltes und Industrieprodukte lassen sich somit nicht vergleichen – haben einen anderen Stellenwert. Ein Problem liegt darin, dass cleverer Konzeptionen bzw. Systemangebote momentan günstiger erscheinen, jedoch ihre Reparaturzyklen nicht angemessen sind (z. B.: bei Systemwechsel und Firmenkonkurs bzw. nicht für Reparaturen konzipiert). Zum Teil wird die Instandsetzung bewusst ausgeklammert, um uns neue Technologien aufzuzwingen. Wenn nur ein Teil kaputt ist, muss trotzdem alles neu gemacht werden (mindestens ein kompletter Einbausatz). Ganze Systeme werden nur aus marktwirtschaftlichen Überlegungen periodisch geändert, um das Neuanschaffen (Wegwerfen) zu initiieren. Auch die Mode im Bauwesen ist diesbezüglich ein künstlicher »Altmacher«.

Konsumzwang hat auch im Bauwesen Einzug gehalten, so genanntes wirtschaftlich hergestelltes, industrielles Machwerk überschwemmt uns. Das ist ein Grund, weshalb wir so an handwerklich ausgeführten Gegenständen hängen. Wir erzeugen heute vorwiegend Gebrauchsgegenstände also kaum mehr Wertgegenstände. Wer wird einst unsere Erzeugnisse als Antiquität sammeln?

2.5 Fehlerquelle »Nutzung«

Dies ist die letzte Kategorie, die es hier zu behandeln gilt.

Anforderung und Eignung sind auch hier die passenden Schlagworte. Das heißt, die Anforderungen bzw. Nutzungen sollten bei der Aufgabenstellung definiert werden. Die Toleranzbereiche – die Anforderungen an das Trag- und Verformungsverhalten sowie der Verschleiß durch die Nutzung einzelner Oberflächen bzw. Gegenstände sind zu vereinbaren. Die Instandhaltungs- und Instandsetzungszyklen sind in Wartungsbüchern – Wartungsverträgen aufzuzeigen. Auch die Schutzfunktionen des Bauwerkes, also Klimaschutz, Schallschutz, Brandschutz, auch die Qualifikation, die Qualitätsvorstellungen sind mit dem Kapitel Anforderungen rechtzeitig festzulegen, um keine falsche Illusion aufkommen zu lassen.

Sorgfältig durchgeführte Gütesicherungskontrollen sollen gewährleisten, dass einzelne Konstruktionen und das Bauwerk als Gesamtes geeignet sind, die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Mängel durch falsche Nutzung, vor

allem durch falsche Wartung, sind häufig auslösende Momente für diverse Schadensbilder. Es ist bekannt, dass jeder Gegenstand einer gewissen Wartung bedarf. Unansehnliches frühzeitiges Altern bei Unterlassung der Wartung ist vor allem darauf zurückzuführen (vieles wird schäbig, unansehnlich, aber nur wenig »mit Anstand alt«).

Nutzungsfehler werden vor allem in den ersten Jahren des Gebrauchs gemacht. Mangelnde Austrocknung von Bauwerken sowie Fehlbedienung von Aggregaten durch mangelnde Kenntnis, aber auch echte Überforderungen der Baulichkeiten, z. B. durch Überbelegungen (Garconnierewohnungen), falsches Energiesparen, überlautes Betreiben von Schallquellen bzw. Erschütterungen von Maschinen, sind z. B. Ursachen von gerechtfertigten Beanstandungen. Aber auch Schäden, die dem so genannten »ruhenden Verschleiß« zuzuordnen sind, fallen unter die Kategorie Nutzungsfehler. Gleichsam nach dem Sprichwort: »Was rastet, das rostet«.

3 Zusammenfassende Gedanken zum Thema

Selten ist nur einer an einem entstandenen Bauschaden Schuld! Es ist meist eine Verkettung von Ursachen – fast ein gesellschaftspolitisches Problem. Falsche Voraussetzungen, Unterschätzungen der Aufgaben und Überschätzen der eigenen Möglichkeiten sowie überzogene Vorstellungen des Bauherrn, allzu schnelles Bauen und Sparen am falschen Fleck sind die häufigsten Quellen der Missverständnisse.

Bauen bleibt auch in nächster Zukunft ein gewisses Abenteuer! Jedoch, je besser die Berufsausbildung und je mehr man an Erfahrung reich ist, je realistischer die Voraussetzungen sind (Aufgabenstellung, Preis und Termine), je anständiger sich die Beteiligten begegnen, desto größer ist die Chance bauschadensfrei zu bauen. Jedenfalls ein noch mannigfältigeres Materialangebot, mehr Vorschriften, mehr Kontrollen sind kein Garant für weniger Bauschäden. Eine auf Anstand aufbauende Gesinnung gilt es auch wieder mehr im Baugeschehen einzuführen. Das Bauen darf nicht noch mehr »verwissenschaftlicht« werden, die Kluft zwischen komplizierten Planungen – die nicht immer perfekt zu Ende gedacht sind – und den handwerklichen Möglichkeiten am Bau, die immer bescheidener werden, gilt es wieder zu verringern.

Vom Primitiven über das Komplizierte zum Einfachen und mehr Kontinuität sollen auch im Bauwesen eine Zielvorstellung sein.

Kontrollen sind zu systematisieren, doch Vertrauen soll Voraussetzung sein.

Abschließende Gedanken, wie Bauschäden künftig verringert werden können:

- Die Bauherren müssen realistische Kosten und Termine vorgeben.
- Die Planer sind vor allem im Konstruktionsbereich noch besser auszubilden, der Planungsaufwand ist zu verdichten, die Koordinierungen sind konsequenter durchzuführen, daher dürfen gute Planer und Bauleiter nicht überfordert werden.
- Die Detailplanung muss kompromissloser in Richtung leichter Realisierbarkeit entwickelt werden. Mehr planen nach der Regel der Technik und nicht so oft nach dem Stand der Technik.
- Weniger, aber exakter bewertete Baustoffe bzw. ausgereifte Bausysteme sind am Markt anzubieten (Qualitätsdeklaration).
- Nicht die Baustellen, sondern die Labors sollen als Versuchsorte neuer Entwicklungen zur Verfügung stehen. Erst ausreichend getestete Produkte sind baustellenreif! (Prototyp – Nullserie – Bauserie).
- Der Schwellenwert, was eigentlich bereits Mangel ist, darf nicht zu hoch angesetzt werden, denn ein übertriebener Perfektionismus hat mit Bauen nichts zu tun – Bauen ist keine Akademikerarbeit, sondern ein Werk von Arbeitern, von Arbeiten, die es zu bewundern gilt, dort wo sie im Kampf gegen die Unbill der Natur ein Bauwerk errichten.
- Bedenke stets, dass auch das Bauen nur ein hinhaltender Kampf gegen die Kräfte der Erosion ist – nichts hält ewig, sondern folgende Erwartungszeiten sind realistisch.

Erwartungszeiten

- Leicht auswechselbare Verschleißteile 3–5 Jahre
- Ausbauteile Oberflächen bildend 15–25 Jahre
- Ausbauteile Bauelemente 20–50 Jahre
- Grundkonstruktionen: Leichtbauweise 40–60 Jahre
- Massivbauweise 90–120 Jahre.

Die Folgen der geplanten Bauschäden sind ganz einfach, kurzlebige Konstruktionen, Nutzerbeschränkungen, höhere Instandhaltungskosten, zunehmende Gerichtsprozesse, alles in allem volkswirtschaftliche Nachteile und unzufriedene Beteiligte.

Aus dieser Erkenntnis heraus muss sich sehr bald etwas an den derzeitigen Bau-Usancen ändern. Mehr praxisbezogenes Wissen, eine geringere, aber gut attestierte Baustoffpalette, mehr Anstand, mehr Verständnis, aber auch mehr qualifizierte Kontrollen wären diesbezüglich mein Vorschlag.

»Eine Regierung muß sparsam sein, weil das Geld, das sie erhält, aus dem Blut und Schweiß ihres Volkes stammt. Es ist gerecht, daß jeder einzelne dazu beiträgt, die Ausgaben des Staates tragen zu helfen. Aber es ist nicht gerecht, daß er die Hälfte seines jährlichen Einkommens mit dem Staate teilen muß.«

Friedrich II., der Große König von Preußen (1712–1786)

Baumängel und Bauschäden zahlt der Steuerzahler!

1 Einleitung

Ein fiktives Beispiel: Durch Missachtung der BAUernregel »Hat das Flachdach kein Gefälle, gibt es bald 'ne feuchte Stelle« entsteht ein Totalschaden eines Warmdaches ohne ausreichendes Gefälle. Als Sanierung bleibt nur die Herstellung eines Satteldaches

Das Ganze kostet 1 Million WE (WE = Währungseinheiten – damit der Artikel auch in Nicht-EU-Ländern Gültigkeit hat). Und nun bleibt die Frage, wer das alles zahlt. Vordergründig ist die Frage leicht zu beantworten. Es zahlt der Verantwortliche. Das mag stimmen. Aber wenn der bezahlt hat, ist die Sache erledigt? Nein! Da gibt es einen großen Sponsor! Den Steuerzahler!

2 Schauen wir uns das in einigen Denkvarianten an

Der verantwortliche Hersteller ist ein gut verdienender Betrieb. Dann mindern die Aufwendungen für Mangelbehebung, Erkundung der Schadensursache, Kosten der Auseinandersetzung und allfällige Kosten der Rechtsverfolgung naturgemäß den wirtschaftlichen Erfolg der Firma. Die Folge davon ist, dass sie weniger steuerpflichtigen Gewinn hat. Damit reduzieren sich netto die Kosten für das Unternehmen um die nicht bezahlten Gewinnsteuern.

Der Steuerzahler sponsert!

Nach Abzug dieser Zwangssubvention (weder der Staat noch der Steuerzahler können sich dagegen wehren!) bleibt dem Unternehmer ein Nettoverlust in der Kasse ($V-ST = Y$, Verlust minus ersparte Steuern ist gleich entgangenes Nettoeinkommen). Unter Bedachtnahme auf die alte Formel – dafür gab es einst den Nobelpreis – $Y = C + I$ (Einkommen ist gleich Konsum + Investitionen) hat das volkswirtschaftlich unangenehme Folgen: Dadurch kann der Unternehmer entweder weniger investieren oder weniger konsumieren. Damit fallen weniger Verbrauchssteuern und Gewinnsteuern woanders an. **Wer zahlt also abermals mit?** Der Steuerzahler, abermals als Sponsor durch entgangene Steuereinnahmen, usw., usw.

Vordergründig mag man nun einwenden, dass ja das Sanierungsgewerbe belebt wird, insbesondere deswegen, weil ja das BIP (Bruttoinlandsprodukt) deswegen steigt. Ja, das steigt genauso, wie die Beinbrüche beim Wintersport und die Glatteis- und Nebelmassenkarambolagen auf den Autobahnen für eine Steigerung des BIP sorgen.

Was immer vergessen wird: **Bei Baumängeln wird Vermögen vernichtet!** Wir verwandeln Vermögen in Einkommen. Das geht auf die Dauer nicht gut. Jeder Baumangel macht uns ärmer. Wir essen sozusagen unser Immobilienvermögen vorzeitig auf.

Nun schalten wir eine Versicherung ein (ob Deckung gegeben ist, soll uns bei unseren Überlegungen nicht berühren, dies vorweg, um beckmesserische¹ Zuschriften vorsorglich hintanzuhalten!). Wenn die Versicherung zahlt und gewinnbringend arbeitet, verschiebt sich die unfreiwillige Sponsortätigkeit des Steuerzahlers nur um eine Phase. Arbeitet die Versicherung aber mit Verlust, so muss sie ihre Prämien erhöhen, da bekanntlich mit dauerndem Verlust nur der Staat leben kann. Der bucht das Defizit auf die Staatsschulden, die er ohnedies nie bezahlt, da er bekanntlich bis zum Staatsbankrott bloß mit Zinseszins »aufschuldet«. Die erhöhten Prämien führen aber zu höheren Betriebsausgaben bei den anderen Versicherungsnehmern, was bekanntlich wegen der niedrigeren Gewinne wiederum den Steuerzahler zum unfreiwilligen Sponsor macht.

Nun können wir der Vollständigkeit halber auch den Fall untersuchen, in dem der Verantwortliche einen Konkurs hinlegt. Da zahlt den Schaden der

1 Ein **Beckmesser** ist ein kleinlicher, pedantischer Kritiker, nach dem Nürnberger Meistersinger und Schreiber Sixtus Beckmesser in Richard Wagners Oper »Die Meistersinger von Nürnberg« von 1867. Der Begriff der Beckmesserei gilt bis heute als Metapher für beflissene und engstirnige Regelgläubigkeit.

Geschädigte in Gemeinschaft mit den sonstigen Gläubigern des Verantwortlichen. Die Folge: Es zahlt der Steuerzahler als unfreiwilliger Sponsor auch in diesem Falle (mit wechselnden Steuersätzen, je nach Ertrags- und Vermögenslage der Beteiligten).

Betrachten wir den Fall, dass ein Letztverbrauchergeschäft (Privater Häuslbauer!) vorliegt, so kann dieser Häuslbauer im Falle der Pleite des schuldtragenden Unternehmers nach Tragung der Kosten aus Eigenmitteln zwar nichts als steuermindernde Ausgaben absetzen, aber er muss das nötige Geld eben dann durch Verzicht auf anderen Konsum hereinbringen. Das mindert anderswo das Steueraufkommen. Aber selbst, wenn man dieses mit dem Umsatz der Sanierer kompensiert, es bleibt die nicht hinweg zu diskutierende Tatsache, dass Vermögen vernichtet wurde, dass wir somit allesamt ärmer geworden sind, das Volksvermögen wird geringer.

Da im Wirtschaftsleben noch viele Varianten möglich sind, wollen wir es bei den obigen Beispielen belassen. Es ist jedermann überlassen, selbst weitere Varianten zu überlegen. Allen Varianten ist jedoch eines gemeinsam: **Baumängel mit allen unangenehmen Folgen belasten die Volkswirtschaft enorm.** Der Staat merkt dies aber nicht, er bilanziert ja nicht, er betreibt Kameralistik. Trotzdem bleibt letztlich ein großes Loch in der Kasse und da spart man halt bei den Rentnern und anderen! Wegen der Maastricht-Kriterien!

3 Welche bisher nicht gezogene Konsequenzen sind daher zuerst zu ziehen?

Während etwa die Berufsgenossenschaften (in Österreich: Arbeitsinspektorate und Unfallversicherungsanstalt) bei der Unfallverhütung überaus aktiv sind, im Straßenverkehr zur Unfallverhütung Beispielhaftes geleistet wird, wird im Bauwesen der »Unfallverhütung« bei weitem nicht der Stellenwert zugemessen, den sie verdiente.

Was derzeit für »Baumängelverhütung« getan wird, ist als rudimentär zu bezeichnen. Statt mit hohem Aufwand subventionierte, flächendeckende Veranstaltungen etwa als nachuniversitäre »Berufsfortbildung« durch unabhängige Veranstalter zu organisieren, überlässt man es zum Teil bloß den »Sanierlobbys«, diesen Teil der Berufsbildung als Forum der versuchten Absatzmaximierung für Baustoffe zu betreiben.

Wer denkt da nicht an die Auswüchse der Beseitigung von angeblichen Mängeln bei der Wärmedämmung, wo doch bekanntlich sehr häufig mehr

(implizite) Energie an die Außenwand geklebt wird (die vertane Energie für das Dieselöl der Lkw wird häufig vergessen!), als je auf Restlebensdauer des so angeblich »verbesserten (sanierten)« Objektes eingespart werden kann. »Verlorenen Aufwand« nennt man dies in nicht korrumptierten Fachkreisen.

Die wirkliche Baumängelverhütung muss schon bei der Planung ansetzen, und da ist unsere akademische Lehre weit hinter der Zeit.

Der Autor erstattet sehr häufig Gutachten zu Baumängeln und kann daher aus seiner jahrzehntelangen Erfahrung folgende Relation feststellen:

Vorher fragen, wie es richtig geht: 1.000 WE Beratungskosten. Es fragt aber niemand. Hier halten sich oft Ignoranz und Indolenz die Waagschale.

Nach Schaden mit 100.000 WE Kosten kommen und fragen, wie man saniert und wer für den Schaden aufkommen muss: 15.000 WE Gutachtenskosten für die Schadensabwicklung.

Es ist solch einsamen Rufern in der Wüste – wie dem dafür als »Nestbeschmutzer« zu Unrecht gescholtenen Raimund Probst² – vorbehalten gewesen wirkliche »Bauschadensverhütung«, und zwar unabhängig von Baustofflobbys, zu betreiben. Und was musste der sich so nebenbei anhören: Er schädige das Geschäft der Sanierer!

Demnach müsste der Erfinder des Kühlschrances von der Lebensmittelindustrie genauso beschimpft werden, durch den unterbliebenen Verderb schädigt der ja auch die Lebensmittelproduzenten, um die Verdienste aus der unterbliebenen, ansonsten notwendigen Mehrproduktion. Da sieht das aber jeder ein: »Kampf dem Verderb« (das Wort stammt allerdings aus einer Zeit, als es noch keine landwirtschaftliche Überproduktion gab!).

Die Vorsorge gegen Baumängel, insbesondere die »geplanten Baumängel« – nichts ist bekanntlich dauerhafter als ein korrekt ausgeführter Planungsman- gel, der nach Manifestation am Bauwerk zumeist auch noch fälschlich dem Ausführenden als Ausführungsmangel vorgehalten wird – ist erste Bürgerpflicht, will man die Volkswirtschaft vor unermesslichem Schaden bewahren – man studiere die Zahlen der einschlägigen Berichte.

2 **Raimund Probst** (1927–2009), Architekt, Diplom-Ingenieur, Ehrensenator der J. W. Goethe-Universität in Frankfurt a. M., erster öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baumängel und Bauschäden in Deutschland. Hat über mehr als drei Jahrzehnte das zweimal jährlich stattfindende Bauschädenforum in Rottach-Egern geleitet. Internet: www.bauschaeden-forum.de

Anstelle das Geld bereitzustellen – es kommt 10- bis 100-fach zurück –, das für flächendeckende Baumängelprophylaxe nötig ist, saniert man lieber um Milliardenbeträge.

Es ist so als ob man, anstatt ausreichend für den Brandschutz zu sorgen, vermehrt Gelder für die Feuerwehr und die Aufräumung der Brandstätten in x-facher Höhe bereitstellt und es als unvermeidlich ansieht dieses auch auszugeben.

Ich glaube, da ist noch so viel an Aufklärung zu leisten, wie im Gesundheitswesen. Was dort unnötig für Medikamente und Therapien ausgegeben wird, statt für Gesundenuntersuchungen und Vorbeugungsmaßnahmen, dürfte der unterlassenen Baumängelverhütung wenigstens in der Größenordnung gleichkommen.

Und was bedeutet das in der Praxis? Wenn von 100 Besuchern eines »Bauschädenforums« 50 pro Jahr nur je einen »geplanten Baumangel« (Und nichts ist dauerhafter als ein handwerklich ordentlich (nach den »a. a. R. d. T.« – den allgemein anerkannten Regeln der Technik!) ausgeführter Planungsmaßnahmen. Der wird dann meistens, da er sich ja materiell im Werk des unschuldigen Handwerkers manifestiert – Hinweispflichten hat der mangels Erkennbarkeit nicht verletzt! –, letzterem als behaupteter Ausführungsmangel unrichtigerweise von den eigentlichen Schuldigen angelastet!) um 100.000 WE verhüten, so bleiben 5 Mio. WE Volksvermögen erhalten. Und der Steuerzahler spart 2,5 Mio. WE! Es sinkt somit das Budgetdefizit und die Staatsschulden steigen weniger schnell.

Man überlege, welche Summen Bauschadenseminare und Bauschadenforen sparen können, die auf Prophylaxe und nicht auf Sanieren abgestellt sind. Da diese Verhütungsarbeit aber (post-seminarisch!) in der harten Praxis Widerstände überwinden muss, wird Überzeugungsarbeit zu leisten sein. Diese führt aber zu einem Multiplikatoreffekt, da nach jeder durchgesetzten Verbesserung (»Bauschädenprophylaxe«) mehrere Proselyten (»Neubekehrte«) hervorgehen, die ihrerseits – gestärkt in »neuem Glauben« – das Entstehen weiterer geplanter Baumängel verhüten.

»Architektur beginnt dort, wo zwei Ziegelsteine übereinander gestellt werden!«

Ludwig Mies v. d. Rohe, dt. Architekt (1886–1969)

Grundprinzipien guter Hochbaukonstruktionen

Gute Hochbaukonstruktionen ermöglichen erst funktionelle Anforderungen bzw. ihre formale Gestaltung, bezogen auf eine bestimmte Nutzungsphase, um diese schadensfrei zu realisieren. Dazu ist eine klare Grundkonzeption (Entwurf) Voraussetzung.

1. Jede Bauaufgabe hat in Bezug zu ihrem Umfeld unter den herrschenden Randbedingungen ihre Materialpalette bereits im Wesentlichen immament. Die Materialeigenschaften sind den gestellten Anforderungen mit ausreichenden Sicherheitszuschlägen zuzuordnen (Beschränke die Materialvielfalt und beziehe die Nachhaltigkeit der Konstruktionen auf die gestellte Aufgabe!).
2. Jedes Detail hat die Merkmale der Gesamtkonzeption zu enthalten (vgl. Zelle und Organismus).
3. Ein gutes (Bau-)Werk ist mehr als nur die Summe seiner Details. Erprobte Detailsysteme (Regelsysteme, wie z.B. Abdichtungs-, Verglasungs-, Leitungssysteme etc.) sind im Einsatz risikoloser als unreflektierte Eigenentwicklungen (Prototypen). Unterscheide zwischen Notlösungen (geplante Provisorien), Regeldetails (erprobte Leitdetails) und experimentellen Details (Prototypen).
4. Konstruieren heißt, einerseits Materialien mit annähernd gleichen thermischen und hygrischen Eigenschaften kraftschlüssig miteinander zu verbinden (starre Konstruktion) und andererseits richtig voneinander zu trennen (weiche Konstruktion). Rohbau und Ausbau sind voneinander trennbar zu konzipieren, da diese in der Regel verschieden lange Nut-

zungsphasen haben. Leitungen sind gestalterisch ins Bauwerk zu integrieren und bautechnisch zu desintegrieren. Für starre Konstruktionen sind weiche Auflager notwendig (seine »Schwäche ist seine Stärke« – die »Kunst der Fuge«).

5. Alles, was Lasten trägt, muss sich verformen. Diese Verformungen in den Griff zu bekommen und dennoch die Gebrauchstauglichkeit auf Bestandsdauer sicher zu stellen, ist eine Kunst des Konstruierens.
6. Definierte Toleranzbereiche soll man ausnützen. Je mehr Exaktheit von einer Konstruktion gefordert wird, desto komplizierter und somit teurer wird ihre Herstellung (Übertriebene Genauigkeitsforderungen sind zu vermeiden).
7. Mehrschichtige bzw. mehrschalige Bauwerksteile sind in Bezug auf den Brand-, Wärme-, Feuchte- und Schallschutz nach bauphysikalischen Grundsätzen integriert zu bewerten. Bedenke: mechanische Verbindungen sind bei der Entsorgung leichter lösbar als Klebeverbindungen (Wer montiert, muss auch ans Demontieren denken).
8. Je schneller ein Teil erodiert, verbraucht oder kaputt werden kann, desto leichter soll es für Instandsetzung bzw. Austausch zugänglich sein (Bedenke: Bauen ist stets ein hinhaltender Kampf gegen die Kräfte der Erosion).
9. Konstruktionen sind instandhaltungsfreundlich, auf ihre Tauglichkeit stets kontrollierbar und – wenn nötig – instandsetzbar zu konzipieren (z. B. Befestigungstechnik, Flachdachtechnik, Installationstechnik). Es sollen beim Erneuern eines Teiles keine großen Folgearbeiten notwendig werden. Plane daher stets passend »Sollbruchstellen« ein.
10. Nach einer oder mehreren Nutzungsphasen sollen Hochbaukonstruktionen »wieder dem Erdboden gleich gemacht werden können«. Dabei soll kein gefährlicher Sonderabfall anfallen und die Beseitigungskosten sollen vertretbar bleiben (Eventuell ist sogar ein Recycling-Wert erzielbar). Strebe auch im Bauwesen eine Kreislaufwirtschaft statt einer Durchlaufwirtschaft an, nach den ökologischen Grundsätzen »WOHER – WOZU – WOHIN«.

Auf diesen Grundprinzipien soll ein zukunftsweisender Baustil aufbauen. Ich bezeichne diesen als »ökologischen Rationalismus«.

II Planung – Konstruktion

»Schön kann nur sein, was konstruktiv richtig ist.«

Otto Wagner, Architekt, Wien (1841–1918)

Ein kleiner Auszug aus den 100 + 1 Hochbauregeln

Nach 40-jähriger Erfahrung, die ich als Hochbaulehrer, Architekt und Baumeister machen durfte, fühle ich mich innerlich gedrängt, Lebensweisheiten rund um das Baugeschehen in leicht verständlicher, aber aussagekräftiger Form, also in Hochbauregeln unter uns Bauschaffenden zu verbreiten.

Geben doch Regeln, wie auch unsere Sprichwörter und Bauernregeln, durch kritische Beobachtungen und langjährige Erfahrung mit bestimmten Ereignissen, diese in abstrakter Form wieder. Solche Erkenntnisse hatten stets in der Vergangenheit und haben auch in der Gegenwart und in der Zukunft ihre Gültigkeit.

Dies also im Gegensatz zu der immer größeren und nicht mehr überschaubaren, meist in schwer verständlicher Form dargebotenen, kurzzeitig gültigen Informationsflut, die viele Bauschaffende verunsichert. Wenn auch die Inhalte meistens kompromisslos formuliert sind, so ist mir doch stets bewusst, dass auch gegen alle Regeln verstößende Risikokonstruktionen, gemäß dem Sprichwort »Ausnahmen bestätigen die Regeln« funktionieren können. Vielleicht gelingt es mir, den Bauschaffenden damit in Zeiten der Überinformation mit dieser Art der Wissensvermittlung, die auf den Hausverstand setzt, für manche seiner Entscheidungen eine Orientierung zu geben. Wenn auch der Großteil der Hochbauregeln keiner weiteren Erklärung bedarf, so ist es vielleicht dennoch interessant, was eigentlich damit gemeint ist. Deshalb folgen stets einige Nachsätze. Nachfolgend einige Auszüge aus meinem Buch [1]:

Das Haus wird fertig im November,
der Einzug folgt gleich im Dezember;
nur rechtes Heiz- und Lüftverhalten
kann schimmelfrei das Haus erhalten.

Bauteile, die mit Wasser hergestellt werden, brauchen bis sie ihre Ausgleichsfeuchte mit dem vorgesehenen Nutzungsklima erreicht haben, eine gewisse Austrocknungszeit, z.B. benötigt eine 20cm dicke Betondecke, mit einem WZ-Wert von 0,5, ca. 30 lt. Wasser pro m² zur Herstellung. Der Abbindprozess benötigt davon etwa 10 lt. Wasser. Bei einer wohnüblichen Ausgleichsfeuchte von 2 Gewichtsprozent bleiben 5 lt. im Bauteil, quasi für immer gebunden. Die restlichen 15lt. Wasser trocknen, je nach herrschendem Umgebungsklima, früher oder später aus. Wobei ein Austrocknungsvorgang nur dann stattfindet, wenn das Umgebungsklima ein geringeres Feuchtepotenzial, im Vergleich zu dem in Austrocknung befindlichen Bauteil aufweist.

So findet bei feuchtwarmen Wetterbedingungen fast keine Austrocknung statt. Dagegen im Winter in geschlossenen, kontinuierlich geheizten Räumen, in denen durch gezieltes Lüften die relative Feuchte gering gehalten wird, wird dann das noch überschüssige Wasser den in Austrocknung befindlichen Bauteilen quasi entzogen.

Während dieses Austrocknungsprozesses ist die Gefahr von »Schimmelbildung« durch Kondensat, vor allem an Wärmebrücken, wie z.B. an Glasmrändern bzw. in außen liegenden Ecken und Kanten, vor allem dann gegeben, wenn das Gebäude eine außen liegende, relativ dampfdichte Wärmedämmung besitzt. In solchen Fällen findet nämlich der Austrocknungsprozess der Gesamtkonstruktion vorwiegend nach innen statt.

Die Lehre aus dieser physikalischen Tatsache ist, dass Nassbauweisen 2–3 Jahre Austrocknungszeit benötigen. Heißt es doch: »Baust Du ein neues Haus, so lass' im ersten Jahr deinen Feind, im zweiten Jahr deinen Freund einziehen und im dritten Jahr zieh dann selber ein.«

Bauen, das war immer schon
ein Kampf mit steter Erosion.
Drum braucht man, wie ein jeder weiß,
besond're Schichten für Verschleiß;
die müssen gut erreichbar sein,
dann setzt man leicht was Neues ein.

In unseren Breiten glauben wir nun an den immer währenden Frieden, das ist gut so! Doch was bedeutet diese Orientierung in Bezug auf unsere Bausubstanz? Sind doch Gott sei Dank auch Naturkatastrophen bei uns eher selten, so werden unsere Bauten vorwiegend gemäß dem Sprichwort »steter Tropfen höhlt den Stein« – vorwiegend durch Gebrauch abgenützt und durch Witterungseinflüsse früher oder später untauglich.

Dazu bedient sich die Praxis der Begriffe: wirtschaftliche bzw. technische Abbruchreife.

In der Regel ist die wirtschaftliche Abbruchreife stets vor der technischen Abbruchreife erreicht, doch bei manchen architektonischen »Wunderwerken« kann dies auch manchmal umgekehrt der Fall sein. Überleben doch manche Architekten ihre Architektur.

Wenn jedoch ein Baukonzept auf regenerierungsfähigen Prinzipien aufbaut, kann sowohl die wirtschaftliche als auch die technische Abbruchreife entsprechend hintan gehalten werden. Manche bezeichnen diese Vorgangsweise mit dem Modewort »Nachhaltigkeit«. Die Durchschaubarkeit bzw. Auswechselbarkeit von Konstruktionsteilen, ohne dass die unmittelbar angrenzenden Schichten zerstört werden, folgen zukunftsweisenden Prinzipien der Regenerierbarkeit. Durch diese Vorgangsweisen werden die Nutzungsphasen eines Bauwerkes verlängert.

Je schneller etwas unbrauchbar wird, verschlissen ist, desto problemloser sollen solche Teile den ökologischen Grundsätzen folgend beschaffbar und auswechselbar sein. Es muss ein Grundprinzip des Bauens sein, so zu konstruieren, dass Schichten, Bauteile und Gegenstände nach angemessener Bestandszeit, mit kalkulierbarem Aufwand erneuert werden können.

Anzustreben ist, möglichst Materialien einzusetzen, die nicht Sonderabfall, sondern sinngemäß, wie wir Menschen, einst dem Erdboden gleich werden.

Beim Bauen sich nur das verbindet,
bei dem man Eigenschaften findet,
die ähnlich sind auch noch nach Jahren,
sonst gibt es vielerlei Gefahren.
Es ist hier wie beim Ehebund,
wenn Spannung wächst im Untergrund:
Sehr bald man hört ein ›Ach und Weh‹,
schon ist's vorbei – herjemine!

Auf diesem Prinzip beruht auch der sogenannte »Bimalleffekt«, der vorwiegend in der Elektrotechnik sehr sinnvoll verwendet wird, jedoch im Bau- en meist unliebsame Krümmungen verursacht. Vor allem wo die entstehenden Schubspannungen größer werden als die Eigenfestigkeit des betreffenden Materials, kommt es zum Bruch. Verschiedenes Temperatur-, Quell- und Schwindverhalten von Materialien ist diesbezüglich zu berücksichtigen.

Einige Beispiele dazu: Werden Fliesen mit einem starren Kleber auf eine erst kürzlich fertig gestellte Betonwand verlegt und womöglich wird auch noch schnell danach verfugt. Was passiert? Der Beton schwindet und kriecht, die Fliesenfläche nicht. Nach einiger Zeit macht es einen Krach und die Fliesen lösen sich vom Untergrund.

Selbst die Verbindung alter und neuer Beton unterliegt diesem Spannungs- Dehnungsverhalten. Verbundestriche, die aufschüsseln, Betonwände, die an der Verbundstelle Risse bekommen usw. Aber auch verschiedene Putzauf bauten oder Beschichtungssysteme mit verschiedenem E-Modul, haben kei nen langen Bestand. Sperrholz trotzt diesem Grundsatz und verbindet kraft schlüssig Längs- und Querholz. Hier wird durch Verleimung das unter schiedliche Spannungsverhalten von Längs- und Querholz quasi gewaltsam aufeinander abgestimmt. In der Regel soll man jedoch kraftschlüssig nur Ma terialien miteinander verbinden, die annähernd gleiches Spannungs-Deh nungsverhalten haben. Innere Spannungen können manchmal einen Großteil der zulässigen Spannungen ausmachen.

Bedenke auch, dass Verbundkonstruktionen verschiedener Materialien meist Sorgen beim Entsorgen bereiten.

Ein Grundsatz des Konstruierens ist es doch, Materialien richtig vonein ander zu trennen, ihnen den erforderlichen Spielraum zu lassen. Also die »Kunst der Fuge« zu beherrschen.

Eine Diskrepanz des Konstruierens liegt auch darin, dass der Tragwerks bilder möglichst kraftschlüssige Anschlüsse sucht um wirtschaftlich zu sein und der Bauphysiker möglichst alles zu trennen »versucht, um Wärme- und Schallbrücken hintan zu halten. Dabei die richtigen Wertigkeiten zu finden, ist eine Herausforderung an die Konstrukteure!

Aus Holz ist der Boden und Wasser staut drin,
keimt der Schimmelpilz hurtig und alles wird hin.

Ein Haupteinsatzgebiet von Holz war und ist der Fußbodenbereich! Dies nicht nur in den verschiedensten Holzarten für die Fußbodenoberfläche, auch

Blindböden und Polsterhölzer, vorwiegend aus Nadelholz, sind viel verwendete Fußbodenelemente.

Da ein in Fußböden eingebautes Holz stets von Stauluft umgeben ist, ist es bei erhöhter Holzfeuchtigkeit akut Schimmel gefährdet. Bedenke, Sporen sind in großer Vielzahl stets in unserer Luft vorhanden. Finden diese einen günstigen Nährboden, also z. B. auf Holz mit stauender Feuchte von über 20 %, so keimen diese aus.

Es bilden sich Myzelfäden, welche die Holzzellen zu zerstören beginnen. Solche Pilze brauchen zum Wachstum kein Licht, im Gegenteil, sie bevorzugen ein dunkles, feuchtwarmes Klima, wie es vor allem in Holzfußböden gegen Erde, aber auch in Flachdächern mancher Holzkonstruktionen vorzufinden ist.

Vor allem Holzböden gegen Erde sind durch Pilzbefall besonders gefährdet, besonders dort wo auf die Unterbetonschicht die vorschriftsmäßige Horizontalabdichtung aufgebracht ist und in weiterer Folge dann zwischen den Polsterhölzern sich eine dicke Dämmschicht befindet. Dies ist deshalb so, weil die Horizontalabdichtung nicht weiß, dass sie auch die Funktion einer Dampfsperre in Bezug auf den Fußbodenbau auf der »kalten Seite« hat.

Wenn sich nicht eine hochwertige Dampfbremse nahe dem Gehbelag (Warmseite) befindet, besteht bereits bei Normklimaverhältnissen 20/65 (20°C / 65 % Luftfeuchte) Kondensationsgefahr auf der Abdichtungsschicht und in weiterer Folge Pilzbefall. Dringt durch widrige Umstände auch noch Oberflächenwasser in eine solche Konstruktion, hat das auf der Abdichtungsebene stauende Wasser keinerlei Anlass jemals zu verdunsten. Im Gegenteil, es wird so weit als möglich vom eingebauten Holz absorbiert. Ein solcher Bodenaufbau hat dann ein kurzes Ablaufdatum.

Unsere Vorfahren kannten anscheinend schon die Probleme eines solchen Fußbodenbaus. Daher sind Holzböden in den Hütten der armen Leute gegen Erde stets diffusionsoffen ausgeführt worden.

Nachwort: Die reichen Leute haben dieses Problem weniger gekannt, denn sie wohnten in der Regel stets ein Geschoss über der Erde, in der so genannten »Belle Etage«.

Willst du Holz zum Faulen bringen,
musst du's zwischen Folien zwingen.
Dann dauert's eine Weile,
bis kaputt sind alle Teile.

Seit jeher war man bedacht, Holz so einzubauen, dass es mit Luft umgeben ist, um nicht zu ersticken. So sollen Balkenköpfe stets Luft umspült im Mauerwerk auf Eichenbrettunterlagen aufgelagert werden. Im Gegensatz dazu bestehen heute sogenannte wirtschaftliche Flachdachkonstruktionen aus kastenförmigen Tragelementen, deren Hohlräume voll mit Dämmmaterial gefüllt werden. Solche Elemente erhalten dann meist Folienabdichtungen an beiden peripheren Flächen, oben als Dachabdichtung und gegen die Raumseite, um die Konstruktion bauphysikalisch funktionsfähig zu halten, in Form einer wirksamen Dampfbremse.

Solche Elemente kommen vorwiegend in großformatiger, flach geneigter Ausführung als Dachelement zum Einsatz. Tatsache ist, dass bei solchen großen Flächenelementen keine wirksame Be- und Entlüftung über die Seitenfläche stattfindet. Es stellt sich bei solchen geschlossenen Elementen zuerst die Frage, wie Restfeuchte aus Holz und Dämmung entweichen kann? Als weitere entscheidende Frage drängt sich auf, was machen, wenn aus irgend-einem Grund, entweder durch ein Leck in der Dachabdichtung, oder auch durch eine nicht vollständig strömungsdichte Dampfbremse Feuchtigkeit in den geschlossenen Hohlraum gelangt?

Holz als organischer Stoff, unter warmen und feuchten Verhältnissen luft-dicht abgeschlossen, reagiert entsprechend »natürlich-biologisch«, im Klartext, es beginnt zu faulen.

Das Fatale solcher im ersten Moment wirtschaftlich erscheinender Konstruktionen liegt vor allem darin, dass dieser Zerstörungsprozess meist unbe-merkt, ohne besondere Kontrollmöglichkeit, still und leise vor sich geht.

Diese Konstruktionsart findet auch bei Außenwänden Anwendung, Dampfbremsen innen, Schlagregen- und Windschutzabdichtung außen. Oft-mals nicht ganz strömungsdicht ausgeführt kann bei bestimmten inneren Überdruckverhältnissen unerwünschte Feuchtigkeit in den Zwischenraum eindringen. Ganz akut wird dieses Problem bei einem Wasserrohrbruch.

Richtige Holzkonstruktionen liegen entweder zur Gänze im warmen oder kalten Bereich. Alle Durchdringungen von Holzteilen von warmen Bereichen in kalte Zonen sind mehr oder minder problematisch.

Stark ist, das weiß ein jeder schon,
ein harter Träger aus Beton.
Lieg er auf weicher Zwischenschicht,
Spannungsspitzen gibt es nicht.

Alle Oberflächen, insbesondere Betonbauteile, besitzen eine bestimmte Rauigkeit mit Unebenheiten. Werden solche Teile, z.B. ein Betonträger auf eine Betonkonsole direkt hart auf hart aufgelegt, treten an den Berührungsflächen einzelner hervorstehender Unebenheiten große Spitzenspannungen auf.

Wird dagegen eine im Verhältnis zu den harten Berührungsflächen weiche Zwischenschicht, z.B. eine Hartgummiplatte eingelegt, drücken sich die Unebenheiten von beiden Seiten so weit ein, dass eine fast gleichmäßige Pressung bei der Kraftübertragung erreicht wird. Dieses Konstruktionsprinzip findet man auch bei der Vermauerung von Ziegelsteinen. Der plastische Mörtel in den Fugen gleicht alle Unebenheiten derart aus, dass dadurch eine gleichmäßige, kontinuierliche Lastübertragung von Stein zu Stein stattfindet.

Auch die Zwischenlagen einer Bitumenbahn am Auflager einer Betondecke folgen dem gleichen Prinzip.

Sechstausend Jahr ist der Ziegel bekannt
als Baustoff in fast jedem Land.
Wir spar'n Energie – das bringt ein Problem:
Viel Luft ist im Ziegel, doch kaum mehr Lehm.

Wo es auf unserer Erde Lehmvorkommen gab, baute man überall seit jeher mit diesem Material. Zuerst mit der Hand geformt und an der Luft getrocknet, später wurde dann an vielen Orten der Lehm auf primitiven Feuerstellen zu sogenannten künstlichen Steinen gebrannt. Die Aufbereitung von Lehm und tonigen Massen, mit Zusatz von Sand und anderen Magerungsmitteln erfolgt heute bei uns vollautomatisch. Mit kompliziert geformten Mundstücken werden nun Ziegel in den verschiedensten Größen in Tunnel-, oder früher in Ringöfen, zwischen 900 und 1400°C gebrannt.

Gab es Mitte des 20. Jahrhunderts nur Vollziegel in handlichen Formaten, so kamen danach zuerst der Langlochziegel und später der Hochlochziegel, mit den unterschiedlichsten Lochbildern geformt, auf. Auf diese Weise entstehen nun teilweise wahre »keramische Wunderwerke«, also z.B. Ziegel mit 33 und mehr Luftpänen, mit dazwischen dünnen Ziegelstegen in verschlungenen Mustern angeordnet, also Lochbilder, die einen minimalen Energiefluss durch den Ziegel bewirken und dabei noch die an den Ziegel gestellten statischen Belange erfüllen.

Gefordert durch die immer strengereren Energiesparverordnungen wurde so die massive Ziegelbauweise immer mehr zur Leichtbauweise. Großfor-

matige, dünnwandige, plan geschliffene verklebte Blöcke sind nun Stand der modernen Ziegelbauweise.

Mögen solche Ziegelwände verputzt auch inzwischen hohe Wärmedämmwerte besitzen, die teilweise übertriebene U-Wert Olympiade werden »die Ziegler«, auch wenn sie noch mehr Luft in den Ziegel blasen, nicht gewinnen. Es stellt sich nun die Frage, ob solch »ausgemagerte« Ziegel herzustellen nicht der falsche Weg ist auch in Zukunft den Ruf der Ziegelbauweise zu fördern.

War es doch dieser Bauweise stets immanent, dass sie quasi wie ein Zehnkämpfer alle statischen, bauphysikalischen und bauklimatischen Anforderungen in der Summe gegenüber allen anderen Wandbaustoffen am Besten erfüllte.

Der gebrannte Vollziegel war das erste Fertigteil, das nach einer Zerstörung eines Bauwerkes stets wieder verwendet wurde. So gesehen sind heute unsere Massivziegelbauten, bestehend aus Vollziegel in Kalkmörtel konserviert, wahre Baustofflager. Solche Rohbauten kann man beliebig oft verputzen, ohne dass der Ziegel Schaden erleidet.

Dagegen kann man von manchen extrem dünnwandigen Ziegeln gar nicht mehr den Putz oder Kleber eines Wärmeverbundsystems entfernen ohne die äußereren Ziegelschale zu beschädigen. Eine bestimmte Rückbesinnung vielleicht doch wieder robustere und massivere Ziegel, mit weniger Lufteinschlüssen den Vorzug zu geben und manche übertriebene Wärmedämmanforderungen einer Zusatzschicht zu überlassen, täte der über 6000 Jahre alten Ziegelbauweise gut.

Ein Holzboden nur dann lang nützt,
wenn er vor Erdfeuchte gut geschützt.
Doch bringt die Dichtung neuen Krampf,
denn sie versperrt den Weg dem Dampf.

Bauordnungsgemäß ist in jedem Fußbodenaufbau gegen Erde eine in der Regel bituminöse Feuchtigkeitsabdichtung anzulegen. Auf einem Unterbeton wird diese feuchtigkeitssperrende Schicht fugenlos verlegt. Darüber folgt eine je nach erforderlichem Dämmniveau dicke Wärmedämschicht. Dazwischen werden entsprechende Polsterhölzer angeordnet, auf welche z.B. dann ein hölzerner Blindboden als Unterbau befestigt wird. Als Oberfläche folgt ein Holzboden nach Wahl.

Dieser vorgenannte Fußbodenaufbau ist bereits bei normalem Wohnklima in Bezug auf den Feuchteintrag stark gefährdet, weil die kälteste Schicht in

diesem quasi diffusionsoffenen Aufbau die vorschriftsmäßige Feuchtigkeits sperre ist. Diese wirkt nämlich auch als eine Dampfbremse auf der kalten Seite, da sie Erdtemperatur annimmt. Diese Temperatur entspricht jedoch annähernd der Taupunkttemperatur des Wohnklimas.

Solche Holzfußbodenkonstruktionen benötigen eine hochwertige Dampf bremse unter dem Blindboden, also an der warmen Seite, welche praktisch nur sehr schwer, bis gar nicht herstellbar ist. Nur eine Dämmung mit geschäumtem Glas, fugenlos verklebt, wo also bereits der Dampfsperrwert dieser Schicht gegen unendlich ist, garantiert einen beständigen Holzfußbo denaufbau gegen Erde.

Die Blume aus Eis hat manch' Scheibe verziert,
in Liedern beschrieben, der Welt imponiert.
Kondensat heute am Fensterrand,
Briefe vom Anwalt dir zugesandt!

Heißt es doch in einem alten Volkslied:

»A, A, A, der Winter der ist da!
E, E, E, da gibt es Eis und Schnee.
Blumen blüh'n an Fensterscheiben,
sind sonst nirgends aufzutreiben«.

Sicher haben sich die Wohnverhältnisse in den letzten Jahrzehnten wesentlich verbessert. Neue Baustoffe, Zentralheizungsanlagen bis hin zu kontrollierten Lüftungsanlagen haben vor allem die neuen Energiesparverordnungen hervorgerufen.

Man würde meinen, alle technischen Fortschritte hätten auch alle Probleme im Fensterbereich gelöst. Nein, dem ist nicht so! In Sachen moderner Fenster, genannt Einfachfenster doppelt oder dreifach verglast, haben wir nun zwei bis drei Isolierglasscheiben, mit oder ohne Gasfüllungen und Metallbeschichtungen, dazu eine große Anzahl Fensterstock- und Flügelprofile, aus den verschiedensten Materialkombinationen. Sind diese Entwicklungen wirklich ein Fortschritt gegenüber dem konventionellen Doppelfenster, einfach verglast, bekannt unter dem Begriff Kastenfenster?

Sicher gibt es nun keine Eisblumen mehr am Fenster, die Kinder erfreuen könnten, dafür gibt es jede Menge Kondensat im Bereich des Glaseinstandes und bei manchen Bauweisen auch verschimmelte Fensterleibungen. Waren

die Fenster durch ihre handwerkliche Fertigung stets etwas undicht, wodurch ein gewisser Luftaustausch automatisch gegeben war, so sind nun durch Dichtsysteme kaum mehr die erforderlichen Frischluftsraten durch Selbstlüftung gegeben. Baufeuchtigkeit durch schnelle Bauzeit, mangelhafte Fensteranschlüsse, falsches Heiz- und Lüftungsverhalten haben schon so manche Niedrigenergiewohnung zum Verschimmeln gebracht.

Einige der zeitgemäßen Beanstandungen sind nun Kondensat- und Schimmelbeschäden, eine lukrative Einnahmequelle für viele Gutachter und Rechtsanwälte. Wenn auch ein Großteil solcher Beanstandungen berechtigt ist, so möchte ich dennoch feststellen, dass wir in einer Zeit falscher Perfektion leben. Bei so manchen hinnehmbaren Mängel wird sogleich übersensibel reagiert, aber andererseits werden erhebliche Fehlentwicklungen kommentarlos hingenommen. Bedenke doch, dass die alten Kastenfenster, eine Nutzungsphase von 80–100 Jahren haben und unsere industriell hergestellten isolierverglasten Einfachfenster nur mehr 25–30 Jahre gebrauchstauglich sind und danach Sorgen mit dem Entsorgen machen.

Die Entwicklung einer neuen Fenstergeneration ist angesagt!

Mangels Geburt und mangels Erben
kann ein Baustoff auch nicht sterben.
Als Bezeichnung ist genauer:
Bestands- anstelle Lebensdauer.

Wenn es auch in der Fachsprache üblich ist, die Zeitspanne zwischen Herstellung und Beseitigung einer Baukonstruktion als Lebensdauer zu bezeichnen, so gibt es dennoch keine lebenden und keine toten Baustoffe, sondern nur solche aus anorganischen oder organischen Substanzen. Baustoffe, wie manche meinen, atmen daher auch nicht, sondern absorbieren und desorbieren in diesem Sinn lediglich z.B. Feuchtigkeit.

Jeder Baustoff bzw. jede Konstruktion hat eine Herstellungsphase, eine oder mehrere Nutzungsphasen, und danach werden die Baustoffe auf irgend eine Weise entsorgt, bzw. recycelt. Hier wird zwischen der technischen und der wirtschaftlichen Abbruchreife unterschieden. Zwischen der letzten Nutzungsphase, also der noch Gebrauchstauglichkeit und der Beseitigung kann auch noch eine mehr oder minder lange Phase der Unbrauchbarkeit der Dinge liegen. Zeitgerechte Instandhaltung verlängert jedoch die Nutzungsphasen.

In manchen Gegenden stehen viele Gebäude als nicht mehr nutzbare Ruinen herum, doch ihre Beseitigung lässt auf sich warten. Auch viele Gebrauchsgegenstände, wie z. B. Autowracks teilen dieses Schicksal. Manchmal ist diese Unbrauchbarkeitsphase länger als alle Nutzungsphasen zuvor. Die Zeitspanne von der Herstellung bis zur Entsorgung wird in der Fachsprache aber sehr wohl unter dem Begriff »Lebensdauer« geführt; treffender wäre jedoch dafür, wie oben erläutert, der Begriff »Bestandsdauer«.

Ist ein Fernsehapparat z. B. nach 15 Jahren Gebrauch kaputt, dann stellt man den kaputten Apparat auf den Dachboden, wo er noch eine fast unbeschränkte »Bestandsdauer« haben kann. Beim Entsorgen spielt es übrigens keine Rolle, ob der Gegenstand neuwertig, intakt oder kaputt ist: Es ist stets dieselbe Prozedur.

Eine weitere Herausforderung an die Bauschaffenden besteht darin, die einzelnen oben beschriebenen Phasen der jeweils verwendeten Baumaterialien und Konstruktionen zu bestimmen und in Datenbanken zu sammeln. Diese »Katalogisierung« ist notwendig geworden, da in Zukunft die Herstellungskosten im Verhältnis zu den Nachfolgekosten immer unbedeutender werden.

Ist wo zu schließen ein Fugenraum,
mit Folie, Kitt oder mit Schaum,
dann braucht es beste Qualität;
noch besser, wenn es ohne geht.

Bekanntlich wird die Qualität der Ausführung einer Gesamtkonstruktion vorwiegend durch ihre Fügetechnik bestimmt. Die moderne Fügetechnik bedient sich für die Fugenausbildungen je nach Anforderung entweder eines Fugenschaums, eines plastischen oder elastischen Dichtstoffes oder einer meist selbstklebenden Folie. Am häufigsten wird bei Anschlüssen eine Kombination mehrerer dieser Fugenfüller angewendet.

Diese Fugenmaterialien bedürfen in bestimmten Abständen der Wartung bzw. Erneuerung, damit sie funktionstüchtig bleiben. Schaum schwindet nämlich im Alterungsprozess, Dichtmassen versprüden durch Austrocknung und Folien benötigen einen ebenflächigen glatten Untergrund und einen kontinuierlichen Anpressdruck, um auf Dauer funktionstüchtig zu bleiben.

Daher haben Planer und Ausführende darauf zu achten, dass die diversen Fugen stets so situiert sind, dass sie während der Nutzungsphasen zur Instandhaltung auch entsprechend leicht zugänglich sind.

Tatsache ist, dass es Kitt, Schaum und Folien in der Art, wie sie heute verwendet werden, vor dem Zweiten Weltkrieg noch nicht gegebenen hat. Dennoch bewältigten unsere Vorfahren ihre Anschlussprobleme so gut, dass die Fugen (Baukonstruktionen) sogar noch heute funktionstüchtig sind.

Da wir anscheinend auf Kitt, Schaum und Folie nicht mehr verzichten können, muss unser Bemühen nun darin liegen, die Eigenschaften von Folien, Dichtstoffen (Kittarten) und Schäumen in technischer und ökologischer Sicht noch weiter zu verbessern.

Wer nur vertraut der Bauchemie,
sollt' besser bauen ohne sie.
Doch gilt's zu lösen ein Problem,
schafft man's mit Chemie bequem.

Sind auch manche chemische Zusätze, etwa in der Betontechnologie oder im Holzschutz, aus dem Bauwesen nicht mehr wegzudenken, so hat uns dennoch der übertriebene Einsatz solcher Mittel den berechtigten Groll der »Baubiologen« eingebracht. Allerdings hat der »Chemismus« in Form von neuen Ausstattungsmaterialien, in unseren Wohn- und Arbeitsbereichen das Raumklima bereits derart verschlechtert, dass manche Inhabitanten deshalb unter bestimmten Allergien leiden.

Verschiedene Werkstoffkombinationen, wie Schäume, Kitte und Klebe-
substanzen, werden zu oft natürlichen Baustoffen vorgezogen. Neue, noch teilweise unerforschte Erscheinungen, wie der »Fogging-Effekt« (auch unter der Bezeichnung »magic dust« bekannt), belasten durch Kombination bestimmter Diffusionen aus den Oberflächen solcher chemischer Substanzen das Raumklima. Zu beachten ist auch, dass sich diese Produkte in der Regel auch nicht ohne Probleme entsorgen lassen.

Es gibt Firmen, die preisen »chemische Wundermittel« an, mit denen man bautechnische Gebrechen sanieren kann. Damit sollte man sehr vorsichtig umgehen, denn manche chemische Zusammensetzung zeigt mit der Zeit neben der erwarteten Wirkung auch unangenehme respektive schädliche Nebenwirkungen.

Unter dem Gesichtspunkt ökologischer Bauweise sollte man daher stets bestrebt sein, bauliche Probleme vorerst durch richtige Konstruktionen zu lösen, und nur wenn dies nicht gelingt im Einzelfall zu chemischen Zusätzen greifen. Daher sollte, abgesehen von den diversen Abbindvorgängen, das Bauen vorwiegend ein physikalischer und kein chemischer Prozess bleiben.

Wer innen dämmt die Außenmauer,
ist in Wirklichkeit kein Schlauer:
Der Taupunkt wandert nun zum Raum,
die Speicherwirkung nutzt er kaum.

Eigentlich braucht diese Hochbauregel keine weitere Erläuterung, dennoch möchte ich dazu einige alltägliche Fälle aufzeigen. Wird z.B. ein Wäsche-kasten als sogenanntes Einbaumöbel an einer Außenwand situiert, weiß die darin verstaute Wäsche nicht, dass sie hier gelagert eine hochwertige Innen-dämmung darstellt. Tatsache ist, dass ein solcher Einbaukasten nun ein inte-grierter Bestandteil der gegenständlichen Außenwand ist und somit die Tem-peraturverteilung in der Wand zwischen Außen- und Innenluft entscheidend beeinflusst. So kann es in kalten Jahreszeiten selbst bei einer normenmäßig ausreichenden Außendämmung dazu kommen, dass trocken eingebauchte Wäschestücke zur großen Verwunderung der Hausfrau bei der Entnahme durchfeuchtet oder gar verschimmelt sind.

Der gleichen bauphysikalischen Tatsache begegnet man, wenn unter ein Flachdach eine hochwertig gedämmte Akustikdecke montiert wird. Einen Extremfall stellt auch ein Bett mit voller Bettzeuglade, zufällig situiert über einer mäßig gedämmten Unterführung oder über einem auskragenden Bauteil dar. Über ein angefrorenes Bettzeug braucht man sich dann nicht zu wundern, denn dies ist in einer solchen Situation die logische Folge. Auch die vielseiti-ge Schimmelbildung hinter Einbauküchen bestätigt die vorher genannte Hoch-bauregel.

Wen diese Art der Wissensvermittlung anspricht, soll dann im Buch 100 + 1 Hochbauerkenntnisse [1] schmöken, in dem jede Regel auch bildlich dargestellt ist.

Literatur

- [1] Gamerith, Horst: 100 + 1 Hochbauerkenntnisse. 2007. archin architek-turinformation KEG.
Erhältlich unter office@archin.at oder unter der ISBN 978-3-9501324-8-9.

»Form follows function.«

[»Die Form folgt der Funktion.«]

Louis Henri Sullivan, US-amerikanischer Architekt (1856–1924)



»Lederhosen-Architektur kontra KKU-Architektur«*

Michael Hladik (Hrsg.)

* KKU = Kantig, Kubisch, Ungeschützt

»Architektur ist die Summe von Form, Funktion, Farbe und Licht.«

Professor Gustav Peichl, Architekt und Karikaturist ›Ironimus‹, Wien

Konstruktiver Bautenschutz – über den Sinn des Vordaches

1 Prinzipien der Bautradition

Der größte Feind des Bauwerkes ist das Wasser. Daher versuchte man in der Bautradition penibel, Niederschlagswasser auf schnellstem Weg vom Bauwerk abzuleiten. Ein möglichst geschlossenes, mehr oder weniger steil geneigtes Dach – je nach Konstruktionsart des Dachstuhles – mit ausreichend Überstand über die Außenwände war der beste Garant dafür. Notwendige Bauwerksvorsprünge wie Balkone oder Erker blieben ebenfalls möglichst geschützt hinter dem Vordach.

Da unsere Bautradition bis ins 18. Jahrhundert im ländlichen Bereich eine Baugeschichte des Holzbaus ist und der Schutz vor dem Wasser für den lebendigen Baustoff Holz besonders wichtig ist, wurde dieser konstruktive Bautenschutz sowohl bei der Großform als auch im Detail besonders kulti viert.

Die bewährten Produkte traditionellen Bauens sind lebendige Zeugen des konstruktiven Holzschutzes. Bauten, welche außerhalb dieser Kenntnis errichtet wurden, sind längst zerstört und können nicht mehr als Beispiele falscher Bauweisen herangezogen werden.

2 Von den Formalismen der Moderne und dem Negieren der Naturgesetze

Die Suche nach dem »*Mythos der Reinheit*« in der »modernen Architektur«, wie es Peter Blake [1] kritisch nannte (gemeint damit ist die Abschaffung traditioneller Bauelemente, wie Rahmen, Dachrinnen, Dachvorsprünge und dgl.), kann nicht nur für den modernen Holzbau, sondern auch für den Massivbau gefährlich werden.

Bild 1 (links):
Tempel in Nara
(Japan, 11. Jhd.):
größtes erhaltenes
Holzgebäude der
Welt (zirka 50 x
70 m) mit 10 m
breit ausladendem
Vordach
[Quelle: Eisfeld]



Bild 2 (rechts):
Blockbau mit suk-
zessiven Auskra-
gungen
zum Schutz des
Bauwerkes



Das seit einiger Zeit als modern bzw. fortschrittlich angesehene Haus zeichnet sich aber vielfach gerade durch das *Überwinden* dieser traditionellen Elemente aus – man könnte auch von *Negieren* sprechen.

Und dies obwohl zwischenzeitlich wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen, welche die Problematik strukturloser und vordachloser hoher Gebäude hinsichtlich der Schlagregenbeanspruchung klar aufzeigen. Kennt man die entsprechenden Schaubilder, welche von Schadensgutachtern stammen, steigt einerseits das Maß der Bewunderung für die traditionelle Baukunst, gleichzeitig verstärken sich die Vorbehalte gegenüber der Entwicklung des aktuellen Baugeschehens.

Offensichtlich ist eines der meist übersehenen Probleme die – zugegebenermaßen das logische Denken eines jeden Menschen verletzende – Tatsache, dass die Schlagregenbeanspruchung mit der Höhe eines Gebäudes *zunimmt* und zwar sogar *exponentiell*.

Das bedeutet aber, dass das von vielen Vertretern glatter, moderner Formen immer wieder vorgebrachte Argument – Vordach sei ab der Höhe eines Gebäudes von mehreren Geschossen vollkommen nutzlos, weil es in keinem

Verhältnis mehr zur Höhe der zu schützenden Fassade stünde – grundsätzlich falsch ist. Erstaunlicherweise ist das Gegenteil richtig: Umso höher ein Gebäude, desto größer wird die Beanspruchung durch Schlagregen, desto wirkungsvoller ist es, die Fassade und deren hochtechnische Bauteile wie Fenster zu schützen und desto wirksamer ist – in dem am stärksten betroffenen Bereich – das Vordach!

Gleichzeitig beginnt man beim Studium der Schaubilder, welche diese Problematik so anschaulich offen legen, die Sinnhaftigkeit von Maßnahmen des konstruktiven Bautenschutzes Jahrhunderte- und Jahrtausende alter Bauwerke zu verstehen, welche nicht nur das Dach als schützendes Element kultivierten, sondern auch all die anderen Prinzipien des konstruktiven Bautenschutzes, wie etwa das sukzessive Vorspringen der oberen Geschosse bei Fachwerksbauten, aber auch die Ausbildung der von der Moderne verpönten Gesimse der Architektur des späten 19. Jahrhunderts.

Dazu muss festgestellt werden, dass das Zerschlagen der traditionellen Architektur aus einer revolutionären – wenn auch ahnungslosen – Gesinnung das noch geringere Problem darstellt, als das starrsinnige Festhalten an den Formalismen der Moderne einhundert Jahre danach – also heute.

Das Absurde an dieser Problematik ist die Tatsache, dass gerade die Moderne ihre Argumente immer wieder aus der wissenschaftlich-technischen Schublade holte und die Aspekte der traditionellen Bauweise ins Reich der Mythen verbannte.

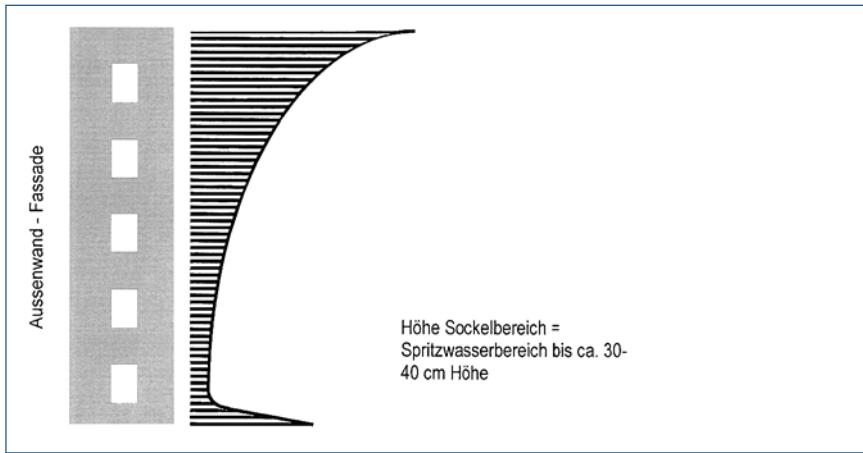


Bild 3:
Überproportional ansteigende
Schlagregenbe-
anspruchung bei
zunehmender
Gebäudehöhe, in
15 m Höhe ca. 12
bis 20 mal stärker
als in 2 m.

An dieser Stelle wird die Enge des Horizontes heutiger Technikgläubigkeit in der Architektur klar, deren Analogie zum einäugigen Wissenschaftsdenken unübersehbar ist.

Das hier abgedruckte Schaubild ist wohl vielen Planern nicht bekannt und ist erst durch die ständig steigende Zahl an Bauschäden auf der Suche nach Ursachen für den vermehrten Auftritt von Algen- und Pilzbefall der Fassaden entstanden. Aber ist es nicht eigenartig, dass Fakten, die mit dem normalen Hausverstand so verständlich zu erklären sind, erst nach fahrlässiger Zerstörung von Volksvermögen und in weltweiter Verbreitung durch die mühsame wissenschaftliche Arbeit von Schadensgutachtern zum Thema gemacht werden, weil die diesen Schäden zugrunde liegende Architektursprache gleich einer heiligen Kuh gepflegt wird.

Wahrscheinlich konnte vor der Analyse von Niederschlagswassermengen an Fassaden niemand ahnen, dass es möglich ist, dass an hohen Fassaden das Wasser aufwärts rinnt und dadurch oben die maximalen Wassermassen auftreten – somit in eine Fließrichtung für die in der Regel planlich kein konstruktiver Bautenschutz eingeplant wird.

Bild 4:

Die Putzindustrie kämpft derzeit massiv mit Problemen von Algen und Pilzbildung an Fassaden. Der Zusammenhang mit Vordachlosigkeit ist unübersehbar
[Quelle: Hladik]



3 Die falschen Antworten auf das Problem

Aber was wird die Antwort sein, wenn eine ausreichend große Zahl an Verfechtern der glatten Containerarchitektur diese Fakten realisiert haben werden? Man wird die Häuser wohl noch dichter bauen. Nach der bauphysikalisch als notwendig erachteten Abdichtung von innen werden die Häuser eben

auch von außen zugeschweißt, die Glas- und Blechhüllen noch glatter, aufwendiger, hochtechnischer, unökologischer. Und mit Friedrich Schiller könnte man ergänzen:

»Es ist der Fluch der bösen Tat, dass Sie fortwährend immer Böses muss gebären!« [2]

Das Hochrüsten unserer Gebäude, welches wir mit aufwendigen, umweltfeindlichen und teilweise sogar giftigen Materialien vollziehen müssen, gleicht schon jetzt dem Einkleiden von Gebäuden mit Regenmänteln. Der Unterschied zu uns Menschen ist allerdings der, dass wir Regenmäntel aus Plastik nur bei Regen tragen müssen, während wir unsere modernen Gebäude dazu verurteilen, über das ganze Jahr, bei Tag und Nacht mit einer Kunststoff-, Metall- oder Glashülle dazustehen – oder mit einer Holzhülle, deren Lebensdauer mutwillig beschränkt wird.

Dort, wo der Schutz nicht mechanisch sondern chemisch erfolgt, wird die Angelegenheit besonders bedenklich. Der Höhepunkt der Auswüchse des chemischen Holzschutzes ist Gott sei Dank seit der rechtmäßigen Verurteilung von Herstellern dieser Gifte überwunden, wenngleich der neue Trend des Holzbau – die vordachlose Kiste der Stahlbetonbauten zu imitieren – auch nur den gegenteiligen Irrtum eines Irrtums darstellt.

4 Das Dilemma der Putzindustrie

Derzeit steht also die Putzindustrie vor dem Dilemma zunehmender Algen- und Pilzbildung – vor allem an hochgedämmten Fassaden. Einen vermeintlichen Ausweg bietet die Industrie durch Beimengen von Fungiziden und Algiziden.

Die Antwort einer Biozid-Expertin im Rahmen einer Baufachtagung über mikrobielle und tierische Fassadenschäden auf die Frage, ob Algizide, Fungizide und anderweitige biozide Putzzusätze nicht umweltbelastend und vor allem gesundheitsgefährdend für den Menschen seien, ist entlarvend und schockierend: »Da kann ich sie beruhigen, diese Gifte sind nicht stark. Die meisten Stoffe sind seit Jahren in der Kosmetikindustrie erprobt!« [3]

Heißt das, dass den Oberflächen unserer Häuser locker zumutbar ist, was unsere Haut seit Jahrzehnten aushält oder ist es eine zusätzliche Erklärung für die Zunahme an Hautallergien?

Inzwischen hat der überwiegende Teil an Schadensgutachtern, wissenschaftlich tätigen Hochbautechnikern sowie Vertretern der Putzindustrie erkannt, dass die Ursachen von Fassadenzerstörung durch Algen-, Pilz- und Flechtenbildung praktisch ausschließlich darin besteht, dass die Wände zu

viel Feuchtigkeit erhalten, welche sie nicht mehr abgeben können. Die Forderung nach konstruktivem Bautenschutz wird unüberhörbar:

»Bewuchs auf Oberflächen ist immer ein Feuchteproblem. Deshalb muss die Feuchtigkeit vermindert werden. In den letzten Jahren wurde jedoch häufig unter dem Stichwort »Moderne Architektur« eine Bauweise forciert, die kaum noch bauphysikalische Schutzmaßnahmen oder konstruktiven Witterungsschutz kennt. Selbst in feuchten Regionen sucht man an Häusern mit tief heruntergezogenem Dach oft vergeblich nach Bewuchs.« [4]

Bild 5:

Weit ausladendes Vordach in zwei Geschossen als konstruktiver Bautenschutz.
Bürogebäude der Österreichischen Bundesforste, Niederösterreich
[Quelle: ÖBF]



Obwohl die Ursachen für diese Probleme bekannt sind, lässt eine vernünftige Schlussfolgerung immer noch auf sich warten, denn einstweilen fühlen sich Fachleute immer noch angehalten, Algizid- und Fungizidbehandlungen von Fassaden zu empfehlen bzw. neuen Putzen diese Stoffe gleich beizumengen, obwohl klar ist, dass die entsprechenden Gifte innerhalb weniger Jahre herausgewaschen werden und ins Grundwasser eindringen. Das erstaunliche ist, dass Vertreter der Putzindustrie sich tatsächlich zu schuldhaften Handlungen hinreißen lassen, deren Ursachen gar nicht in ihrem Bereich, sondern in einer ungeeigneten Formensprache liegen, wobei natürlich da und dort wohl auch der Gedanke mitspielen mag, durch ein neues Produkt die Verkaufszahlen anzukurbeln.

Kritisch hält daher Thomas Klug in seinem Bericht »*Von der Konjunktur der Algen und Biozide*« fest: »

Einige Vertreter just dieser Industrie schicken sich jetzt an, dass systematische (derweil noch legale) Vergiften von Häuserfassaden zu propagieren, um damit Zusatzgeschäfte zu machen und einigermaßen sicher die Gewährleistungsfrist von fünf Jahren vor dem Algenbefall überstehen zu können. [5] Dass hier nicht ganzheitlich und wohl nicht vorausschauend gedacht wird, zeigt die Fortsetzung dieses Berichtes:

»Nach einigen Jahren werden die Biozide aus der Beschichtung ausgewaschen und ins Erdreich bzw. ins Grundwasser gelangt sein. [...] Und was soll geschehen, wenn sich nach dem Auswaschen wieder ein Algenbefall an der Fassade abzeichnet? Ein neuer Gifteinsatz? Wahrlich eine saubere Perspektive.« [5]

5 Und der Holzbau?

Die Putzindustrie versucht also das Problem durch das Beimengen von »Stoffen« zu lösen, die moderne Holzarchitektur geht zum Teil ihren »Holzweg« und propagiert die vordachlose Schachtel aus Holz als Demonstrationsmodell für die Möglichkeit der Beschleunigung der Verwitterung dieses Baustoffs. Viele Architekten bekennen sich zur Vergrauung des Holzes. Daher wollen sie es möglichst gleichmäßig und rasch. Und wenn die Fassade kaputt ist, wird sie eben ausgewechselt. Was dies aber für den mühsamen Kampf des ökologischen Baustoffs Holz für sein schlechtes Image hinsichtlich der Beständigkeit bedeutet, lässt sich leicht ausmachen.

Wir sind uns heute darüber im Klaren, dass der Weg vom chemischen Holzschatz wegführen muss. Aber wir müssen akzeptieren, dass der Weg zurück zur Natur die Kenntnis der Naturgesetze bedingt und dass unsere

Bauwerke, vor allem wenn sie unter ökologischen Bedingungen errichtet werden, Schutz benötigen, sollen sie Bestand haben. Das technische Wissen der Bautradition ist zu nutzen, aber dem stehen oftmals Dogmen der »zeitgemäßen« Architektursprache entgegen.

Bild 6:
Wohnhaus am
Weissensee,
Kärnten



Bild 7:
Wohnhaus am
Wörthersee,
Kärnten
[Quelle: Erlacher]



6 Das Gebot der Stunde lautet, ganzheitlich zu denken

Die Zeichen für eine kranke Gesellschaft werden wohl nirgends so deutlich sichtbar, wie durch die Architektur. Die Parallelen zu fragwürdigen Tendenzen in der Schulmedizin – deren Auswirkungen für das Wohlergehen der Menschen vielleicht noch dramatischer, vor allem direkter erlebbar sind als jene der Architektur – werden anhand dieser Beispiele deutlich. Wie auch in der Schulmedizin werden nicht die (geistig, seelischen) Ursachen eines Problems gesucht, sondern Viren und Bakterien bekämpft. In der Landwirtschaft werden sogenannte Unkräuter und Schädlinge durch giftige chemische Substanzen zerstört – was letztlich durch die Nahrungsmittelkette der Gesundheit der Menschen schadet – und beim Bauen glaubt man Algen und Pilze an Fassaden töten zu müssen.

Somit ist die Architektur ein Spiegel des seelisch geistigen Zustandes unserer Gesellschaft. Das Gebot der Stunde wäre es, ganzheitlich zu denken und innerhalb der geistigen Gesetze zu handeln. Es ist Zeit, die Überheblichkeit unseres Tuns zu erkennen und Demut gegenüber der Schöpfung bzw. der Natur zu üben. Dann wird vieles leichter, besser und harmonischer – auch das Bauen.

Literatur

- [1] Blake, Peter: *Form Follows Fiasco*, Boston/Toronto, 1974
- [2] Schiller, Friedrich
- [3] Antoni-Zimmermann, Dagmar; Firma THOR GmbH
- [4] Im Blickwinkel der Forschung, Mikrobiologie im Bauwesen, Applica, Jg 110, 2003, Nr. 3, Seite 7–12
- [5] Klug, Thomas: Von der Konjunktur der Algen und Biozide, Applica, Jg 110, 2003, Nr. 3, Seite 37–38
- [6] Ronacher, Herwig: *Architektur und Zeitgeist – Irrwege des Bauens unserer Zeit, Auswege für das neue Jahrtausend*, Klagenfurt, 1998

»Vieles wird hinterfragt, zu wenig hinterdacht.«

Raimund Probst, dt. Architekt und Bauschadenexperte (1927–2009)

Was trocken bleibt, bleibt algenfrei!

Einleitung

Die in diversen Fachbüchern und in zahlreichen Fachzeitschriften vorhandene Literatur zum Thema »Algen und Pilze an Fassaden« ist so umfangreich und vielfältig, auch in den Aussagen, dass es bereits verwirrend ist. Insgesamt ist jedoch ein heftiges Bemühen seitens der Hersteller von Beschichtungsmaterialien (Putze, Anstriche) zu erkennen, die Probleme materialtechnisch in den Griff zu bekommen, zumal neueste Erkenntnisse der Wirksamkeitsdauer von Algiziden und Fungiziden ein überraschend schlechtes Zeugnis ausstellen.

Andererseits beharrt man 90 Jahre nach der Erfindung der KKU-Architektur¹ auf dieser Gebäudeform, obwohl sich die Gebäudehülle von einer verputzten Ziegelmauer zu einem High-Tech-Produkt mit recht sensiblen Eigenschaften entwickelt hat.

Der Beitrag formuliert grundsätzliche und kritische Gedanken und schlägt einen Ansatz zur Problemlösung vor.

Bevor man über das Problem Algen und Fassaden spricht, sollte man einige grundsätzliche Überlegungen anstellen.

¹ KKU = **K**antig, **K**ubisch, **U**ngeschützt

1 Rückblick

1.1 Warum gab es früher kaum veralgte Fassaden?

Damals waren die Außenwände von Wohnobjekten ungedämmt, was die Wärme der Innenräume durch das Mauerwerk hindurch zum Teil nach außen entweichen ließ. Dies war zwar unerfreulich, erwärmte aber zugleich die Fassadenoberflächen und führte damit zu einer rascheren Abtrocknung nass gewordener Fassadenflächen. Was ein erfreulicher Nebeneffekt war. Auch wenn es schon damals Objekte mit geringen Dachvorsprüngen gab und auch sehr dunkle Fassadenoberflächen ausgeführt wurden, so war die Bewitterung kein Problem, weil diese schnelle Abtrocknung keine idealen Lebensbedingungen für mikrobielles Wachstum bot. Zudem waren die damaligen Anstriche meist Kalkfarben, also von hoher Alkalität, was ebenfalls jeglichem pflanzlichen Wachstum an Fassaden entgegenstand.

2 Grundsätzliches

2.1 Was sind Algen?

Bild 1:
Besonders stark
veralgte WDVS-
Fassade, mit Dü-
belabzeichnungen



Algen sind pflanzliche Lebewesen der niedrigsten Art. Als Lebensgrundlage genügt ihnen im Wesentlichen ein ausgewogenes Verhältnis aus Feuchtigkeit, Licht und Nährstoffen. Pflanzen können aus Kohlenstoff-Dioxid (CO_2), Wasser und Licht Kohlenhydrate (Zucker) erzeugen; dieser Vorgang wird Photosynthese genannt.

Algen können so klein sein, dass sie selbst kaum im Mikroskop sichtbar sind, können aber auch so groß sein, dass man sie als Nahrungsmittel zubereiten kann. Algen wachsen im ewigen Eis des Südpols gleichermaßen wie in brühend

heißen Geysiren. Algen sind die ersten Organismen, die sich auf frischer, erkalteter Lava zeigen und werden erfolgreich für kosmetische Behandlungen eingesetzt. Etwa 80 000 Algenarten konnte die Wissenschaft bisher schon bestimmen, Schätzungen zufolge soll es etwa an die 400 000 Arten von Algen auf unserer Erde geben.

Wir akzeptieren Algen als fixen Bestandteil unserer Umwelt, unseres Lebens. Aber nicht auf Fassaden!

2.2 Warum stören uns veralgte Fassaden?

Hätte sich die Entwicklung der menschlichen Behausungen von der Steinhöhle zu den heutigen Hightech-Wohnmaschinen so abgespielt, dass wir statt weißen oder farbigen Fassaden mit grünem, pflanzlichen Bewuchs versehene Ansichtsflächen erhalten hätten, würde uns ein wenig grün an den Fassaden nicht im Geringsten stören.



Bild 2
»Green-House«
in Auckland,
Neuseeland.
Kein Fall für eine
Algenbewuchs-
Reklamation!
[Quelle:
Patrik Inglis,
www.pi-net.ch]

Das Ergebnis der über Jahrtausende anhaltenden Entwicklung sind ebenne, glatte, da und dort auch reichlich mit Zierrat versehene oder auch aus unterschiedlichen Materialien bekleidete Fassaden. Die Fassade ist die Visitenkarte des Hausbesitzers. Ob es nun eine einfache Putzfassade an einem Häuschen auf dem Land oder die mit Stuck aufgemotzte Steinwand einer Konzernzentrale im Ballungsraum ist, jegliche Störung des optischen Erscheinungsbildes ist unerwünscht. So wie wir i. d. R. danach trachten, auch das äußere Erscheinungsbild unserer fahrbaren Untersätze, sprich Autos, sauber zu halten, verlangt es die menschliche Gesellschaft auch, dass die Ansichtsflächen von Gebäuden sauber aussehen. So wie uns abblätternde Anstriche und abgefallene Putzteile missfallen, stören uns auch biogene Filme an Fassaden. **Und sind wir uns doch ehrlich, irgendwie schlampig und verludert sehen mikrobiell belastete Fassaden ja wirklich aus.**

2.3 Sind Algen ein optisches oder technisches Problem?

Beides. Zuerst sind Algen jedenfalls ein optisches Problem. Untermimmt man nichts dagegen, setzt sich die pflanzliche Evolution fort. An den abgestorbenen Algenzellen finden Pilzsporen Lebensgrundlagen. Ob das Wurzelsystem von Pilzen, das Myzel, geeignet ist, Feuchtigkeit in die Putz- und Anstrichschichten einzutragen (Dochteffekt), wird von ebenso vielen Experten bejaht wie verneint. Allein eine 50%ige mögliche Schadenskausalität ist aber schon zu viel.

Wenn letztlich dann Flechten und Moose die Fassade besiedeln (Bild 3), wird es technisch brisant. Denn diese Pflanzen stellen Wasserspeicher dar, die dem Fassadenaufbau und unter Umständen sogar dem Wandaufbau auf Dauer Schaden zufügen können. Somit ergibt sich der Schluss: Algenbefall an Fassaden ist ein gleichermaßen optischer wie auch technischer Mangel. Diesbezügliche Reklamationen bestehen dem Grunde nach jedenfalls zurecht!

Bild 3

Moose und Flechten folgen bald den Algen an Fassaden



3 Ausblick

3.1 Den Blickwinkel erweitern

Bei der Beurteilung von mikrobiellen Fassadenschäden, von Bauschäden im Allgemeinen und auch im Beheben von Bau-Problemen herrschen nicht selten lineare Denkweisen, ja sogar eingefahrene Gleise vor. Selbst Experten kamen und kommen bei mikrobiellen Problemen zu verschiedensten und nicht selten auch zu widersprüchlichen Einzelmeinungen, immer ein wenig beeinflusst

von der eigenen Fachrichtung, vom persönlichen Berufsstand, vom Inhalt des Beurteilungsauftrages, leider viel zu oft mit zu engem Blickwinkel. Die Vielfalt der Informationen über Ursachen und Möglichkeiten zur Vermeidung und Sanierung mikrobiell befallener Fassaden ist verwirrend umfangreich. Unzulässig ist, dem Letzten in der Leistungskette, also dem ausführenden Fassader (Stuckateur, Putzer) oder Maler, die Hinweispflicht betreffend eines möglichen mikrobiellen Wachstums zu überantworten. In gleicher Weise ist es nicht statthaft, das Thema nur auf zeitgeistige Bauweisen oder nur auf Materialeigenschaften zu fokussieren. Bei genauer Betrachtung ist eine ganze Reihe von Ursachen zu erkennen, die für mikrobielle Beläge an Fassaden sorgen. Sie können einzeln, gleichzeitig und hintereinander, aber auch gemeinsam wirken.

Die recht unterschiedlichen Parameter (s. Kasten am Ende des Beitrags) haben auch unterschiedlich starken Einfluss auf das Wachstum von Mikroorganismen. Topographie und regionale Klimazustände sind mit entscheidend. Mikrobieller Befall im alpinen Bauraum ist anders zu sehen als jener an der Küste.

3.2 Biozide helfen nicht dauerhaft!

In großen Lettern garantierte man in der Vergangenheit in Prospekten für Beschichtungsmaterialien z.B. »5 Jahre Schutz gegen Algen- und Pilzbefall«. So wie die Erkenntnisse über mit Algiziden bzw. Fungiziden (Sammelbegriff: Biozide) ausgerüsteten Beschichtungsmaterialien wuchsen, so wurden die Werbetexte im gleichen Verhältnis kleiner und die Lautstärke geringer.

Damit die pflanzlichen Lebewesen an Fassaden die abtötenden (bioziden) Wirkstoffe auch aufnehmen können, müssen diese natürlich wasserlöslich sein. Das waren/sind sie aber auch für den direkten Niederschlag – sie werden kontinuierlich ausgeschwemmt, gelangen über die Abwassersysteme in Kläranlagen, wo nicht alle eingesetzten Wirkstoffe auch wirklich abgebaut werden können, und somit in den natürlichen Kreislauf des Wassers (Flüsse, Seen). Bei unzähligen, vor allem privaten Grundstücken wird das Regenwasser noch innerhalb der Grundgrenzen versickert; dort gelangen die Biozide ohne Umweg über eine Kläranlage gleich direkt ins Grundwasser.

Aktuelle Objekt-Forschungsergebnisse aus der Schweiz haben Fassaden-Biozide noch in weit entfernten Gewässern nachgewiesen und zugleich in einer internationalen Forschungsstudie auch eine überraschend kurzfristige Wirksamkeit nachgewiesen.

Die praktischen Erfahrungen in der Vergangenheit, die neuesten Forschungsergebnisse und auch die Umwelthaftungsrichtlinie des Europäischen

Rates 2004/35/EG (UH-RL), gültig seit 30.04.2007, haben die Putz- und Farbenhersteller bereits zur Herstellung von Alternativen zu den bisherigen Produkten veranlasst.

Jene bauschaffenden Geistwerker und Handwerker, die sich mit diesem Thema bis dato noch nicht befasst haben, sind gut beraten, sich dazu kundig zu machen. Die Grundregel dieser Richtlinie lautet nämlich: Wer einen Schaden an der Umwelt verursacht, muss künftig für die Sanierung aufkommen! Doch nicht nur dieses Gesetz, sondern auch unser aller Verantwortungsbewusstsein, dass auch unsere Kinder noch sauberes Trinkwasser benötigen, sollte alle zum Umdenken motivieren.

3.3 Konstruktiver Witterungsschutz ist gefordert!

»Was trocken bleibt, bleibt algenfrei!« (Bild 4) Das ist die erstmals 2003 in Wismar öffentlich gemachte Erkenntnis des Verfassers aus der persönlichen Begutachtung zahlreicher Schadensfälle. Seither hat dieser jeglichem Widerspruch standhaltende Satz zahlreich Einzug erhalten in Herstellerrichtlinien, Prospekte und Aufsätze.

Bild 4:

Was trocken
bleibt, bleibt
algenfrei!



In jedem zu beurteilenden Schadensfall ist die Grundsatzfrage zu stellen: »Gibt es an den bemängelten Flächen kleinere und/oder größere Teilbereiche, die keinen Algen-/und Pilzbefall aufweisen?« In den allermeisten Fällen wird die Antwort darauf sein: Ja! Es ist vielfach dokumentierte Tatsache, dass sich unter auskragenden Betonplatten, unter Erkern und sogar unterhalb von nur wenige Zentimeter vorstehenden Fensterbänken und Dachrändern (Blechkanten), unterhalb von Montagesockeln von Beleuchtungskörpern, unterhalb von außen montierten Temperatur-Fühlern, einfach überall dort, wo Fassaden-Teilbereiche

von Niederschlag verschont blieben, in der Regel auch keine mikrobiellen Belastungen finden.

(Teil-)Flächen, die zwar vom Tau befallen, aber nicht direkt beregnet werden, bleiben i. d. R. algenfrei. Tau alleine scheint zu wenig Feuchtigkeit für mikrobielles Wachstum zu liefern.

4 Verantwortlichkeiten

4.1 Gewährleistung, Prüf- und Warnpflicht

Unpräjudiziert, aus rein technischer Sicht eines Fach-Sachverständigen, ist anzumerken: Das Gewährleistungsgesetz fordert unter anderem: »..., dass die Sache die bedungenen oder gewöhnlich vorausgesetzten Eigenschaften hat...«. Dass eine Fassade grüne Streifen oder Flecken hat, entspricht gleichermaßen nicht den gewöhnlich vorausgesetzten Eigenschaften wie Risse oder Abplatzungen im Fassadenputz. Insofern obliegt aus gutachtlicher Sicht aber bereits dem Planer, der eine Gebäudeform wählt, die Fassadenflächen regelmäßig bewittern lässt, eine diesbezügliche Hinweispflicht an den Bauherren bzw. Nutzer des Objektes (Bild 5). Aber auch der Ausführende hat den Bauherren darauf hinzuweisen, dass bei hoch-wärmedämmenden Fassaden, wie es z.B. Wärmedämmverbundsysteme sind, sowie bei geringem bis nicht vorhandenem Witterungsschutz, die Möglichkeit von mikrobiellem Befall besteht. Wer sich diesen schriftlich gemachten Hinweis bestätigen lässt, braucht spätere Reklamationen nicht zu befürchten. Besonders clevere Unternehmer beachten den letzten Abschnitt dieses Aufsatzes im Besonderen.



Bild 5
KKU-Architektur
ist anfällig für
Algenbefall

4.2 Mit der Prüf- und Warnpflicht allein, kann man keine Häuser bauen

Die Prüf- und Warnpflicht kann nicht zum einzigen selig machenden Grundsatz des Bauens gemacht werden! Die Prüf- und Warnpflicht ist ein wichtiges Instrument für qualifiziertes Bauen, jedoch kann man mit der Prüf- und Warnpflicht allein keine Häuser bauen. Das spezielle Problem der mikrobiellen Fassadenschäden, aber auch dessen Lösung, muss als **allgemein bekanntes Bauwissen** verankert werden. Es kann nicht wirklich von Produktherstellern oder von handwerklichen Dienstleistern verlangt werden, dass sie bereits vor Auftragserteilung auf die Möglichkeit späterer Algen- und Pilzschäden an ihren Produkten und Leistungen hinweisen müssen. Das wäre so, als müssten Autohersteller den Käufer darauf aufmerksam machen, dass er mit diesem Fahrzeug auch einmal einen Unfall erleiden kann.

Die Szenarien der grünen Fassaden im Detail und öffentlich aufzuzeigen, wäre die Pflicht der zahlreichen Interessensgruppierungen, der Industrie- und der Handwerksverbände. An dieser Stelle ist auch ein gesamtheitliches Denken von gewerblichen Auftraggebern, wie z. B. privaten und öffentlichen Bauträgern, nachdrücklich einzufordern. Warnende und Bedenken anmeldende, also ihre Prüf- und Hinweispflicht erfüllende Auftragnehmer, dürfen nicht als Lästlinge von später zu vergebenden Aufträgen ausgesgrenzt werden, sondern sollen vielmehr als qualitätsbewusste Partner in besonderer Weise anerkannt werden, denn schließlich helfen die schon zum Zeitpunkt der Errichtung eines Gebäudes mit, die späteren Instandhaltungskosten geringer zu halten.

4.3 Mitverschulden des Auftraggebers

Nicht beim privaten Auftraggeber, aber sehr wohl beim gewerblichen Auftraggeber ist auch die Frage des Mitverschuldens zu stellen. Von dieser Seite wird sehr oft ein Mitverschulden mit dem Argument »...*wir bedienen uns schließlich Fachleuten...*« in Abrede gestellt. Sobald sich aber ein Auftraggeber eines professionellen Vertreters (Architekt, Baumeister, Projektmanager) bedient, ist er fachkundig vertreten und kann eigene Fach- und Sachkenntnis nicht mehr in Abrede stellen. Natürlich hat so ein fachkundiger Vertreter des Bauherren, z. B. die örtliche Bauaufsicht (ÖBA), nicht die Aufgabe, Ausführende vor ihren eigenen Fehlern und Irrtümern zu bewahren, sondern hat im speziellen Fall den Bauherren vor der Gefahr von späteren Veralgungen zu warnen. Sachverständige, die eine mikrobiell befallene Fassade diagnostizieren, sollten deshalb auch die Erfüllung der Sorgsamkeitspflicht eines allenfalls am Objekt tätigen Architekten, Bauführers oder einer ÖBA nicht unbeachtet lassen.

5 Ein Lösungsansatz

Wenn wir die gesellschaftspolitisch forcierten, vom Gesetzgeber aus energetischen Überlegungen zwingend vorgegebenen Wandaufbauten umsetzen und langfristig von mikrobiellen Belastungen frei halten wollen, müssen aus heutiger Sicht die Oberflächen der Fassaden weitgehend trocken gehalten werden. Nur entsprechende konstruktive Maßnahmen können das bewirken! Das Beharren auf zeitgeistigen Konstruktionsformen (KKU-Architektur) ist gleichermaßen zu überdenken wie der kontinuierliche Fingerzeig des Einen auf den Anderen. Naturgesetze und meteorologische Besonderheiten dürfen weder bei der Planung noch bei der Ausführung und auch nicht bei einer allfälligen gutachtlichen Bewertung von mikrobiellen Fassadenschäden außer Acht gelassen werden.

6 Hege und Pflege

Die effektive Lebensdauer von Bauteilen und / oder Bauteilschichten, insbesondere solcher, die im ständigen Kontakt mit dem Umgebungsklima des Objektes stehen, z. B. Fassaden, hängt von mehreren Faktoren ab, maßgeblich aber auch von der Hege und Pflege. Zahlreiche aufwendige Sanierungen von mikrobiellen Fassadenschäden würden sich vermeiden lassen, wenn sich seitens der Hauseigentümer bzw. der Benutzer der Objekte mehr Bewusstsein hinsichtlich der Hege und Pflege von Fassaden entwickelt hätte. Es ist eine Selbstverständlichkeit, dass wir mit dem Auto in mehr oder weniger kurzen Abständen durch einen Waschtunnel fahren, schon kleinste Steinschläge lassen den Besitzer im schlechtesten Fall den Lackreparaturstift zücken. Vielen, eigentlich den meisten Hausbesitzern ist nicht bewusst, dass auch die Fassade eine entsprechende Hege, sprich Kontrolle und erforderlichenfalls auch gleich eine kleine Pflegemaßnahme benötigt.

Bei solchen Fassadenkontrollen ist nicht nur mikrobieller Befall bereits im Ansatz erkennbar, sondern im Anfangsstadium auch mit relativ geringem Aufwand zu beseitigen. Es ist ein Irrtum, anzunehmen, dass eine fertige Fassade an einem Gebäude die nächsten 40 – 50 Jahre mangelfrei bestehen bleibt, wenn man sich überhaupt nicht darum kümmert. Besonders merkwürdig sind für einen Fachgutachter jene Hausbesitzer, die zuerst einmal etliche Jahre zuschauen, wie die Fassade grüner und grüner wird, und dann aber heftig auf Schadenersatz pochen, weil es ja nicht sein kann, dass eine Fassade nach so kurzer Bestandszeit schon so veraltet ist.

Hier obliegt auch dem Ausführenden eines Wärmedämmverbundsystems oder dem Ausführenden eines Anstrichs die Informationspflicht an seinen Auftraggeber, dass die erbrachte Bauleistung auch einer entsprechenden regelmäßigen Kontrolle bedarf. Derartige Kontrollen sind nicht nur auf biogenen Befall der Fassadenflächen durchzuführen, sondern es ist im Besonderen auch Augenmerk auf alle An- und Abschlüsse des WDVS zu legen.

Clevere Unternehmer machen aus der Not eine Tugend und schließen nach Fertigstellung einen Wartungsvertrag ab, nach dem sie sich verpflichten, einmal jährlich das Objekt genauer zu besichtigen (natürlich gegen Entgelt) und aufgefallene Mängel in einer Checkliste festzuhalten. Erteilt der Bauherr dem Unternehmer den Auftrag zur Pflege oder gar zur Sanierung, so kann dieser die Wartungskosten dann wieder in Abzug bringen. Zahlreiche Firmen im internationalen Tätigkeitsumfeld des Verfassers haben sich damit bereits ein zusätzliches Standbein geschaffen.

7 Warum heißt mikrobieller Befall auf Holz »Patina«?

Zuletzt darf auch hinterfragt werden, warum bei stark bewitterten Holzfassaden der schnell sichtbare Verwitterungsprozess (auch Algenbildungen) mit der »Edelbezeichnung« Patina hingenommen (Bild 6), ja durch bewusste Weglassung von Imprägnierungsmittel sogar noch gefördert wird, während der gleiche Vorgang an Putzfassaden Rechtsanwälte und Sachverständige beschäftigt.

Bild 6:
Patina =
Mikrobieller Befall
auf Holz



Einige Gründe für Algen und Pilze an Fassaden

- Ideale Lebensbedingungen (Feuchtigkeit, Luft, Licht).
- Die dünnen Deckschichten von Wärmedämmverbundsystemen unterkühlen oft gegenüber der Umgebungsluft (Kondensfeuchte),
- und halten oft über längere Zeit Feuchtigkeit,
- insbesondere dann, wenn die Fassaden regelmäßig bewittert werden.
- Organisch gebundene Deckschichtmaterialien enthalten organische Bindemittel, die für mikrobielle Beläge fördernde Lebensgrundlage sein können.
- Eine Mehrzahl von bauschaffenden Geistwerkern der Gegenwart will nicht wahr haben, dass die sensibler gewordenen Hightech-Außenwandsysteme einerseits das Objekt schützen und sehr spezielle bauphysikalische Aufgaben übernehmen, aber andererseits selbst Witterungsschutz benötigen.
- In den Beschichtungsstoffen enthaltene Algizide und Fungizide müssen wasserlöslich sein, um von den Einzellern aufgenommen zu werden und wirken zu können. Sie werden daher auch entsprechend rasch wieder ausgeschwemmt. Algizid und/oder fungizid ausgerüstete Beschichtungsmaterialien haben also eine begrenzte Wirksamkeitsdauer.

»Es zeichnet einen gebildeten Geist aus, sich mit jenem Grad der Genauigkeit zufriedenzugeben, den die Natur der Dinge zulässt, und nicht dort Exaktheit zu suchen, wo nur Annäherung möglich ist.«

Aristoteles, einflussreichster Philosoph der Antike (484 v. Chr.–322 v. Chr.)

Qualitätsstufen bei Putzoberflächen

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit dem Thema Oberflächen bei Putz und Trockenbauflächen, welches immer wieder auch Gegenstand für Begutachtungen und Bewertungen von Sachverständigen im Stuckateurhandwerk ist.

1 Problemstellung

Die veränderten Bauweisen und die damit verbundenen sehr individuellen Ansprüche der Architektur an die Oberflächen brachten und bringen immer wieder Ärger und Probleme im Bereich der Oberflächen bei Putzen, aber auch bei Trockenbauflächen bei Gipskarton- und Gipsfaserplatten und bei der Abwicklung von Bauvorhaben mit sich.

1.1 Wo liegen die Probleme im Einzelnen?

Der doch sehr geänderte Stil des heutigen Ausbaus und gesteigerte Ansprüche der Architekten und Bauherren verlangen zunehmend nach sehr feinen, sehr oft auch glatten Untergründen, die dann meist nicht mehr, wie in der Vergangenheit, mit einer Raufasertapete oder einem relativ groben Putz, sondern direkt mit einem nicht strukturierten Farbanstrich oder anderen feinen Oberflächen-Techniken versehen werden. Dazu kommen spezielle Beleuchtungen, die oft auch die Flächen anstrahlen und so zusätzliche Anforderungen an die Oberflächen bringen.

1.2 Eine Antwort darauf: Die Entwicklung eines Merkblattes

Um die hier immer mehr auftauchenden Probleme, Diskussionen und Streitigkeiten zu minimieren, war deshalb das Ziel der Verbände, hier länderübergreifend eine Lösung für diesen Problembereich zu erarbeiten. Das Ergebnis: Das Merkblatt »Putzoberflächen im Innenbereich« und hier speziell »Qualitätsstufen für abgezogene, glatte und gefilzte Putze« [1]. Dieses Merkblatt lehnt sich an das bereits länger existierende und bewährte Merkblatt »Verpacktelungen von Gipsplatten – Oberflächengüten« [2] an.

2 Was will das Merkblatt?

Das erklärte Ziel war, einheitliche Kriterien auch für sehr individuelle Ansprüche bei der Planung und für die Planung, die Ausschreibung und die Ausführung festzulegen. Dabei mussten Regelungen sowohl für recht einfache Ausführungen als auch für sehr gehobene Ansprüche gefunden werden.

2.1 Es beginnt mit der Planung und der Aufstellung der Leistungsbeschreibung

Sehr oft sind die vom Planer/Auftraggeber gewünschten abgezogenen, geglätteten, oder gefilzten Putzoberflächen sowie die geforderten Ebenheitstoleranzen in den Leistungsverzeichnissen nicht ausreichend beschrieben.

Zur Beschreibung der gewünschten Qualität tauchen dann völlig undefinierbare Begriffe wie malerfertig, streichfertig, anstrichbereit, oberflächenfertig, tapezierfertig, streiflichtfrei, u. a. als Anforderung auf. Jeder versteht hier etwas anderes darunter. Mit solchen Begriffen wird nicht exakt und klar beschrieben, welche Oberflächengüte bzw. Oberflächenqualität der Auftraggeber letztlich erwartet. Dazu kommt, dass in der Praxis sehr häufig für unterschiedliche Eigenschaften subjektive Maßstäbe angesetzt werden, die sich neben der Ebenheit vor allem an optischen Merkmalen, z. B. Streiflicht, orientieren.

2.2 Weitere Kriterien

Ebenso sind in korrekten Anforderungen an Putze eben auch die handwerklichen Grenzen der Ausführungsmöglichkeiten in den verschiedenen Qualitätsstufen und die notwendige Zeitabfolge für solche Arbeiten zu berücksichtigen.

Ziel war deshalb auch, für diese Probleme Hilfestellung für alle Beteiligten zu geben. Entstanden ist nun dieses Merkblatt. Neben einer kurzen Beschreibung über die Vorbereitung und Vorbehandlung von Putzuntergründen werden abgezogene, geglättete und gefilzte Putze in jeweils 3 bzw. 4 verschiedene Qualitätsstufen (Q1–Q4) eingeteilt und jeweils die Anforderungen für jede einzelne Qualitätsstufe beschrieben.

Solche Beschreibungen sind für alle abgezogenen, geglätteten und gefilzten Putze für alle Qualitätsstufen vorhanden.

Hier sei angemerkt, dass dieses Merkblatt in Deutschland bereits in den neuen DIN-Normen aufgenommen ist und inzwischen als normative Regel Gültigkeit hat.

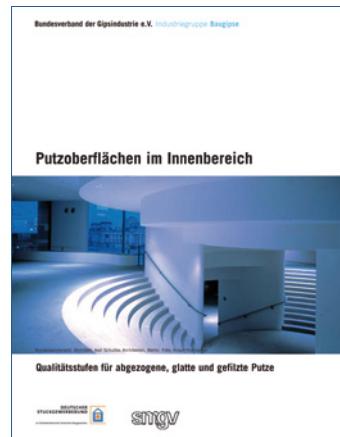


Bild 1:
Das Merkblatt
»Putzoberflächen
im Innenbereich«

4. GEGLÄTTETE PUTZE

Putze der Qualitätsstufe 1 sind in Abschnitt 3.1 behandelt.

Q2

4.1 Geglätte Putze, Qualitätsstufe 2 (Q2 – geglättet), [Standard]

Diese Oberfläche entspricht der Standardqualität und genügt den üblichen Anforderungen an Wand- und Deckenflächen.

Putzoberflächen der Qualitätsstufe 2 sind geeignet für:

- Dekorative Oberputze > 1,0 mm
- mittel- bis grobstrukturierte Wandbekleidungen, z.B. Rau- faser tapeten (Körnung RM oder RG nach DIN 6742)
- matte, gefüllte Anstriche/Beschichtungen (z.B. Dispersionsanstrich), die mit grober Lammfell- oder Strukturrolle aufgetragen werden.

Wird die Qualitätsstufe 2 (geglätteter Putz) gewählt, sind vereinzelte Abzeichnungen, wie z.B. Traufelstriche, nicht auszuschließen. Schattenfreiheit bei Streiflicht kann mit dieser Ausführung nicht erreicht werden. Geglättete Putze können ein- oder zweilagig auf ggf. vorbehandeltem Putzgrund ausgeführt werden.

4.1.1 Einlagige Ausführung (Q 2 – geglättet)

Einlagig geglättete Putze werden vorzugsweise als Gipsputz oder gipshaltige Putze auf ggf. vorbehandeltem Putzgrund ausgeführt.

Ein standardmäßig geglätteter Gipsputz wird wie folgt ausgeführt: Nach dem Putzauftrag erfolgen das Abziehen und das Ausrichten des Putzes. Zusätzlich erfolgt das Filzen des Putzes; die so aufgeschlämmt Fläche wird anschließend geglättet.

In der Schweiz wird häufig die Putzfläche nach dem Ausrichten mit noch nicht abgebundenem Gipsmörtel geglättet.

4.1.2 Zweilagige Ausführung (Q2 – geglättet)

Auf einen planebenen, rau abgezogenen, abgebundenen Unterputz aus Gips-, Gipskalk-, Kalkgips-, Kalk- oder Kalkzementputz kann, ggf. nach Vorbehandlung, zum Glätten eine geeignete Putzglätte aufgetragen werden.



4.2 Geglätte Putze, Qualitätsstufe 3 (Q3 – geglättet)

Die Qualitätsstufe 3 entspricht erhöhten Anforderungen an die Putzoberfläche und ist durch zusätzliche, über die Standardqualität (Q2 – geglättet) hinausgehende, Maßnahmen zu erreichen.

Putzoberflächen der Qualitätsstufe Q3 – geglättet sind geeignet für:

- Dekorative Oberputze ≤ 1,0 mm
- fein strukturierte Wandbekleidungen
- matte, fein strukturierte Anstriche/Beschichtungen.

Die Qualitätsstufe 3 beinhaltet alle Ausführungen der Qualitätsstufe 2. Zusätzlich wird in einem weiteren Arbeitsgang die Putzoberfläche entweder mit einem Glättgang oder mit einem Glättputzauftrag überarbeitet.

Bearbeitungsspuren, wie z.B. Traufelstriche, werden weitgehend vermieden. Auch bei der Qualitätsstufe 3 sind bei Streiflicht sichtbar werdende Abzeichnungen nicht ganz auszuschließen. Grad und Umfang solcher Abzeichnungen sind gegenüber dem Standard Q2 – geglättet geringer.

Bild 2:
Beispiel der
Beschreibungen
für die Q2 u. Q3
bei geglätteten
Putzen

3 Vorteil für Planer und Handwerker: Mehr Klarheit!

Der Planer hat hier den Vorteil, dass er jetzt für seine Anforderungen an die Oberflächen individuell seine gewünschte Qualitätsstufe aussuchen kann und mit einer einfachen Anforderung, z. B. Putzoberfläche nach Q3 des Merkblattes, diese anfordern kann und der Ausführende weiß, was der Planer erwartet.

3.1 Wichtig: Q2 = Standard

In diesem Merkblatt ist auch festgelegt, dass dann, wenn keine genaue Definition der Anforderung an den Putz erfolgt, automatisch die Standardausführung nach Q2 je nach geforderter Putzart gilt.

Ein weiteres Hilfsmittel bei den Beschreibungen der jeweiligen Qualitätsstufen ist die Angabe, wofür diese Oberfläche geeignet sein soll, z. B. »für Dekorative Oberputze > 1 mm, etc.«.

3.2 Zweck des Putzes angeben

Der Planer sollte deshalb bei der Beschreibung immer auch angeben, welche Endbeschichtung, Anstrich, Tapete, Dekorputz, usw. hier geplant sind. Bei der Planung sind aber auch die handwerklichen Grenzen einer Ausführung zu beachten.

4 Handwerkliche Grenzen

Eine handwerkliche Leistung wird, speziell bei den Oberflächen, auch heute noch trotz allem Maschineneinsatz überwiegend von Hand getätig. Es liegt also auf der Hand, dass solche Leistungen nicht die exakt gleichmäßigen oder mathematisch genauen, ebenen Oberflächen wie bei einer Roboterbearbeitung haben können.

4.1 Unregelmäßigkeiten unvermeidlich

Gewisse Unregelmäßigkeiten und Unebenheiten sind daher normal und können auch keinen Mangel darstellen. Es kann selbst bei den jeweils höheren Qualitätsstufen nicht darum gehen, dass z. B. in der höchsten Stufe Q4 dann ein absolut industriemäßig gleichmäßiger und ebener Putz herauskommen muss, der keinerlei händische Merkmale mehr haben darf. Dies ist schlichtweg nicht möglich.

4.2 Oft unterschätzt: Streiflicht!

Reklamationen bei Putzoberflächen werden auch oft durch Einwirkung von Streiflicht verursacht. Streiflicht kann durch einfallendes Tageslicht, z. B. bei geschoss hohen Fenstern, entstehen oder durch entsprechende Beleuchtungskörper, die auch die Putzflächen streifend anstrahlen; hervorgerufen werden dann oft wellige und optisch sehr störende Oberflächen, die erst sichtbar werden, wenn der entsprechende Lichteinfall gegeben ist.

Hier wird sehr oft beim Putzausführenden reklamiert und der Handwerker kann hier sehr wenig, bzw. oft nichts dafür. Dies kann auch bei der Wahl der höchsten Qualitätsstufe Q 4 der Fall sein.

5 Wie erreiche ich dann auch hier bessere Oberflächen?

Wenn Flächen ohne solche Einschränkungen gewünscht und geplant sind, dann bleibt nichts anderes übrig, als die Flächen möglichst sehr genau herzustellen und bei den letzten Arbeitsgängen die später herrschenden Bedingungen mit entsprechender Beleuchtung bei der Ausführung zu simulieren und dann weitere Lagen aufzutragen und die Flächen angemessen zu bearbeiten.

5.1 Erfahrungen in Deutschland mit diesen Regeln

Die bisherigen Erfahrungen mit diesen Regelungen zeigen, dass die Streitfälle deutlich zurückgegangen sind. Allerdings ist festzustellen, dass diese »Neuen« Regeln noch nicht überall bekannt sind. Insbesondere im Bereich der Planer wäre eine stärkere Anwendung sicher wünschenswert.

5.2 Verankerung im Regelwerk

Da der Inhalt dieses Merkblattes inzwischen in der neu überarbeiteten Putznorm DIN V 18550 in Anlage B aufgenommen wurde, sind diese Bestimmungen und Regelungen nun bei uns auch normativ gültig und verbindlich. Wenn, wie vielfach üblich, bei Ausschreibungen auf die derzeit gültige Norm verwiesen wird, so sind auch diese Regeln verbindlich vereinbart.

6 Wo gibt es jetzt noch Probleme?

6.1 Bewertung der einzelnen Qualitätsstufen

Probleme bereiten in einzelnen Fällen die Bewertungen der einzelnen Qualitätsstufen. Hier ist teilweise eine starke Unsicherheit bei Planern und Ausführenden vorhanden, wie die ausgeführten Arbeiten einzustufen sind.

6.2 Weitere Beobachtungen

Zu beobachten ist auch, dass manche Planer jetzt alle Flächen vorsorglich in einer höheren Stufe ausschreiben als vom geplanten Zweck her notwendig. Dies führt dann in manchen Fällen dazu, dass die Handwerker hier dann gerne spekulieren. Streitereien, warum ein Putz in Nebenräumen unbedingt in Q3 sein muss, sind dann die Folge.

6.3 Klagen über eine schlechtere Ausführung

In Einzelfällen sind auch Klagen von Architekten zu hören, die jetzt über eine schlechtere Ausführung als vorher berichten. Beim genaueren Hinsehen hat der Architekt die Arbeiten ohne Angabe der Qualitätsstufe wie bisher ausgeschrieben. Der Unternehmer führte dann wie vorgesehen den Putz in Stufe Q2 (Standard) aus. Dies ist dann oft schlechter als vorher, als offensichtlich immer eine höhere Qualität geboten wurde.

7 Fazit aus deutscher Sicht

Die Regelungen zu den Putzoberflächen mit den etablierten Qualitätsstufen haben sich insgesamt, trotz der vorhandenen Anfangsprobleme, sehr positiv auf die Reklamationsquoten in diesem Bereich ausgewirkt. Ich bin sicher, dass sich auch die noch vorhandenen Probleme im Umgang mit den Regeln und bei der Bewertung relativ schnell einspielen werden und diese dann auf breiter Basis akzeptiert und angewandt werden.

8 Zum Merkblatt »Oberflächen bei Gipsplatten« [3]

Grundsätzlich ist das Merkblatt vom Schema her genau gleich wie die bereits behandelten Qualitätskriterien bei den Putzoberflächen aufgebaut. Dieses Merkblatt war in gewisser Beziehung ja auch der Pate zur Entwicklung des

Merkblattes für die Putzoberflächen. Auch hier sind im Wesentlichen die Anforderungen in 4 Qualitätsstufen (Q1 – Q4) eingeteilt und detailliert beschrieben. Es erübrigt sich deshalb hier eine nochmalige Beschreibung der einzelnen Punkte.

9 Bewertung von Außenputzen

In Anbetracht der hier doch sehr vielfältigen und auch regional verschiedenen Ausführungsarten und Formen wurden hierzu noch keine vergleichbaren Regelungen ausgearbeitet. Einen ersten Ansatz gibt es in Form eines Merkblattes der Stuckateur- und Malerverbände mit dem Titel »Strukturierte Putzoberflächen – visuelle Anforderungen«, das inzwischen in der zweiten Auflage seit 2008 veröffentlicht ist [4].

Dieses Merkblatt kann als Regelwerk zusätzlich zu den maßgeblichen Regeln der Putz- u. Ebenheitsnormen zur Bewertung von Oberflächen bei strukturierten Putzoberflächen Hilfe leisten. Die hier enthaltenen Regeln und Hinweise sind aber mehr allgemein gehalten.

Literatur

- [1] Merkblatt »Putzoberflächen im Innenbereich – Qualitätsstufen für abgezogene, glatte und gefilzte Putze«, Bundesverband der Gipsindustrie e. V. Industriegruppe Baugipse, 2008, Hrsg. Deutscher Stuckgewerbebund im Zentralverband Deutsches Baugewerbe, Berlin, Schweizerischer Maler- und Gipserunternehmer-Verband, Wallisellen
- [2] Merkblatt 2, »Verspachtelungen von Gipsplatten – Oberflächengüten«, Industriegruppe Gipsplatten im Bundesverband der Gips- und Gipsbauplattenindustrie e. V., Darmstadt April 2003
- [3] Merkblatt 2, »Verspachtelung von Gipsplatten – Oberflächengüten«, Bundesverband der Gipsindustrie e. V. Industriegruppe Gipsplatten, Darmstadt, 2007 die österreichischen Gipskartonplatten – Hersteller WKO, Bundesinnung der Bauhilfsgewerbe Österreich WKO
- [4] Merkblatt »Strukturierte Putzoberflächen – visuelle Anforderungen«, Hauptverband Farbe, Gestaltung, Bautenschutz, Frankfurt, Bundesverband Ausbau und Fassade, Berlin, März 2008

»Es ist unklug, zu viel zu bezahlen, aber es ist noch schlechter, zu wenig zu bezahlen.

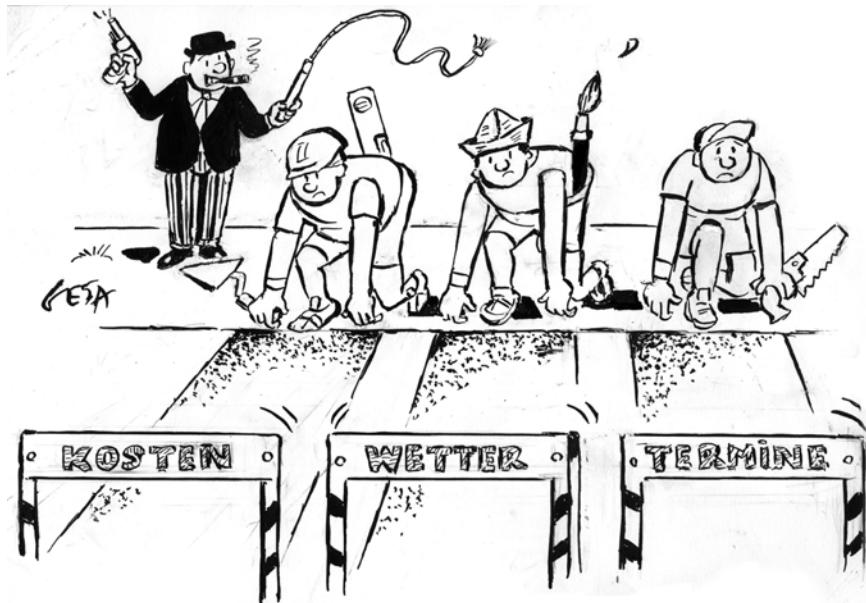
Wenn Sie zu viel bezahlen, verlieren Sie etwas Geld – das ist alles.

Wenn Sie dagegen zu wenig bezahlen, verlieren Sie manchmal alles, da das Gekaufte die ihm zugesetzte Aufgabe nicht erfüllen kann.

Das Gesetz der Wirtschaft verbietet es, für wenig Geld viel Wert zu erhalten.

Nehmen Sie das niedrigste Angebot an, müssen Sie das Risiko, das Sie eingehen, hinzurechnen. Und wenn Sie das tun, dann haben Sie auch genug Geld, um für etwas Besseres zu bezahlen.«

John Ruskin, engl. Schriftsteller (1819–1900)



*Mit Billigstpreis-Angebot an den Bauherrn die Startqualifikation geschafft!
Der Hürdenlauf am Bau kann nun beginnen!*

»Geschwindigkeit ist nur dort angebracht, wo Präzision bereits Gewohnheit ist.«

Architekten Kampits & Gamerith, Graz

Schnell bauen heißt feucht bauen – feucht bauen heißt schadensträchtig bauen !

1 Gegebenheiten

1.1 Ist-Zustände an und in unseren Bauwerken

Schimmelalgen in den Wohnungen, Algen an den Fassaden, abplatzende Beschichtungen, abfallende Fliesen, aufwölbende Bodenbeläge, Blasen bildende Dichtungsbahnen am Dach, ungewöhnliche Rissbildung an jungen Bauteilen und Bauwerken, Risse in Wand und Decken, Putzrisse, rostende Kantschutzprofile, Putzabplatzungen und sogar Deckenputzabstürze nach vielen Jahren des Bestandes, sind einige der vielen Zeichen, die uns sagen wollen:
Wir bauen zu schnell!

Wir befinden uns im Zeitalter des schnellsten Bauens seit Menschengedenken. Gibt man die Stichworte »kurze Bauzeit« in eine der bekannten Internet-Suchmaschinen ein, erhält man über 121.000 Treffer. Das Thema scheint viele zu beschäftigen – bewusst und ungewollt gleichermaßen. Viele machen damit auch gute Geschäfte, denn das Streben nach ordentlicher Bauqualität wurde schon vor langer Zeit vom vorrangigen Streben nach maximalem Gewinn überholt. Es ist nicht mehr gefragt, was notwendig und gut ist, sondern was es kostet und was es an Gewinn bringt.

Baubereiche, die früher von stolzen Handwerkern mit viel Bauerfahrung ausgeführt wurden, sind nun mit Akkord-Monteuren besetzt, die Industrie-Halb- und Fertigprodukte applizieren. Eine unüberschaubare Vielfalt von Produkten und Systemen beherrscht das Bauwesen, in seltensten Fällen ausreichend lang erprobt und mit anderen, üblicherweise aufeinandertreffenden Baustoffen oder Bauteilen abgestimmt. Allzu oft bekommt man den Eindruck, das Versuchslabor der Hersteller heißt »Baustelle«. Nicht selten wird deshalb

beim Eintreten von Mängeln oder Schäden mangelnde Ausführungsqualität als Ursache in Betracht gezogen bzw. behauptet. Sie ist auch am leichtesten nachweisbar.

Untersuchungen von Schadensfällen haben eine sehr markante Erkenntnis gebracht: Feuchtigkeit zum Zeitpunkt der Arbeiten und noch im Baustadium eintretende Feuchtigkeit von außen und Kondensationsfeuchte im Inneren sind von wesentlicher Bedeutung für viele Schadensfälle.

1.2 Zeit ist Geld

Immer kürzere Ausführungszeiten sind für feuchtigkeitsbezogene Schadensfälle ebenso verantwortlich, wie immer risikofreudigere Handwerksunternehmen, die auch in kürzesten Bauzeitplänen kein Problem erkennen können oder wollen. Man kann sich fast nicht des Eindrucks erwehren, dass ein regelrechter Wettbewerb entstanden ist, wer wohl die kürzeste Bauzeit schafft. Und das, obwohl es eigentlich kein Preisgeld gibt.

Auch die Industrie liefert sich einen Wettbewerb mit Produkten die noch schnellere Bauarbeiten ermöglichen (sollen), bei noch tieferen Temperaturen einsetzbar sind, Produkte, welche die Baugeschwindigkeit noch schneller werden lassen. Produkte, deren Langzeitverhalten jedoch meist völlig unbekannt ist. Produkte, deren Eigenschaften nicht mehr beherrschbar sind, wie z.B. die sog. QS-Produkte, die zwar eine Verarbeitung von WDVS-Beschichtungen auch unterhalb der Frostgrenze zulassen, aber nicht mehr verarbeitbar sind, wenn die Materialtemperatur über +10°C steigt. Das aber ist keine Ausnahme und passiert sogar an kältesten Wintertagen.

Der Einsatz von speziell oder rasch abbindenden Bindemitteln lässt zwar in bestimmten Bereichen eine schnellere Bauweise zu, eine schnellere Trocknung des Bauwerks erfolgt dadurch aber nicht und ist auch kein Schutz gegen von außen einwirkende Feuchtigkeit.

Ist ein Schaden entstanden, werden meist alle Beteiligten zu mehr oder weniger gleichen Anteilen zur Kasse gebeten. Es ist ein Preisgeld, aber mit negativem Vorzeichen, und heißt im Klartext »Schadensbehebung mitfinanzieren«.

1.3 Naturgesetze pfeifen auf Bauzeitpläne!

Naturgesetze lassen sich vom ausschließlichen Gewinn- und Rendite-Streben nicht außer Kraft setzen. Chemische und/oder physikalische Abbinde- und Erhärtungsprozesse erfordern bestimmte bauklimatische Voraussetzungen und benötigen zudem eine bestimmte Zeitspanne für den Prozess. Man kann diese Vorgänge nur bis zu einem sehr bestimmten Maße einengen und in

ihrem Ablauf etwas beeinflussen, außer Kraft zu setzen vermag die auf Naturgesetzen beruhenden Abläufe niemand.

Baugeschwindigkeitsbeschleunigung durch Verwendung spezieller Zusatzstoffe und -mittel sind auch nicht des Problems Lösung, weil z. B. ein frühhochfester Beton auch die begleitende Materialeigenschaft hat, sehr feinporig zu sein, was die erforderlichen Trocknungszeiten verlängert. Ein zu früh bekleidetes Betonbauteil ist im Zusammenwirken mit der in ihm eingesperrten Feuchtigkeit jedenfalls schadensträchtig.

Die Parkettbödenhersteller z. B. haben dies längst erkannt und es durchgesetzt, dass in Regulativen festgeschrieben wurde, dass überall dort, wo im Zeitraum der Planung bereits klar ist, dass später Parkett verlegt wird, die Feuchtigkeitsabdichtung der auf der Ausgleichsschüttung aufgelegten Folie nicht ausreichend ist und deswegen die Beton-Geschossdecke mit einer diffusionsdichten Beschichtung zu versehen ist. Warum wohl? Und wo wird die im Beton enthaltene Restfeuchtigkeit entschwinden? Die Antwort können zahlreiche Verputzer geben, wenn sie einmal mehr vor Scherben des herabgefallenen gipshaltigen Deckenputzes stehen.

1.4 Wasser kontra Zeit

Wasser erfüllt im Beton, im Mörtel, in der Spachtelmasse, in der Beschichtung, in der Farbe, in der Imprägnierung usw. zwei grundlegende Aufgaben: Zum einen wird es benötigt zum Vermengen und Vermischen der Komponenten. Ohne Wasser wäre keine plastische Konsistenz möglich, das Vermengen und das Applizieren des fertigen Gemenges würden nicht machbar sein. Zum anderen wird Wasser für den chemischen und/oder physikalischen Umsetzungsprozess benötigt. Das nicht zum Abbinden benötigte Wasser muss entweichen, verdunsten. Wird es dabei behindert, wird sich der Verdunstungsprozess verlangsamen, keinesfalls aber aufhalten lassen. Es ist das Naturgesetz des Partialdruckausgleichs, dass Feuchte aus einem Bauteil, aus einer Schicht, jedenfalls entweicht. Dafür bedarf es aber Zeit.

Zeit brauchen nicht nur Fertigteile aus Beton, um nach ausreichender Erhärtung eingesetzt werden zu können. Zeit benötigt auch die ggf. von außen in ein Bauteil oder Bauwerk eingedrungene Feuchtigkeit, um wieder verdunsten, abtrocknen zu können.

Diese Erkenntnis hat schon jeder Sachverständige gemacht, der im Bereich Ausbau und Fassade zu tun hatte. Aber auch die Bewohner von neu errichteten Wohnobjekten könnten dazu ein Lied singen.

2 Folgen und Erkenntnisse

»Wer schnell baut, baut feucht – wer feucht baut, baut schadensträchtig«

Bei einem zu schnell und zu feucht errichteten Haus, das auch nur zu einem kleinen Teil schadhaft wurde, gibt es stets viele Verlierer, auch wenn es gelingen sollte, dass man nur einem der Beteiligten den »Kostenrucksack« umhängt.

Als ein in einer Region Wohnender, in der Fremdenverkehr ein bedeutender Wirtschaftsfaktor ist, weiß der Verfasser von Hotelbauten zu berichten, bei denen die zukünftigen Sanierungskosten bereits in die Betriebskalkulation mit einfließen.

Befragt, warum denn noch im Dezember die Familien in eine Wohnanlage einziehen müssen, wo doch noch drei Monate vorher, im September, im Innenbereich feuchtigkeitsintensive Leistungen wie Putz und Estrich ausgeführt wurden und es seither sehr kühl und feucht war, antwortete der Verantwortliche eines Bauträgers mit einer kleinen Rechnung: Drei Monate früherer Einzug mal Anzahl der Wohnungen, abzüglich der zu erwartenden Behebungskosten aufgrund noch nicht ausgetrockneter Baumasse, ergibt einen Sanierungsbedarf von voraussichtlich »X«. Mit einem Schmunzeln merkte der Angesprochene weiter an, dass er sich die Sanierungskosten wohl von den Firmen »zurückholen« werde, denn diese würden ja schließlich auch später noch für sein Unternehmen tätig sein wollen.

Das zu kommentieren erübrigts sich.

Wenn man die Zeit, die später für den Zank und Hader rund um eingetretene Schadensfälle aufgewendet wird, vorher in die Verlängerung des Bauzeitplanes gesteckt hätte, hätte man möglicherweise mehr verdient.

3 Arten der Feuchtigkeitsbelastungen

3.1 Unzureichender Witterungsschutz der Rohbauleistungen

Bastoffe lagern Nässe ein und trocknen erst über lange Zeiträume hinweg aus. Die damit einhergehenden Schwindvorgänge wirken dann gleichermaßen langfristig.



Bild 1:
Geradezu
akribisch wer-
den hier die fünf
frei stehenden
Rauchfänge gegen
Witterungsein-
fluss geschützt,
während das
gesamte Mau-
erwerk rundum
völlig ungeschützt
bleibt

3.2 Hohe Stofffeuchtigkeit zum Zeitpunkt der Ausführung

Beschichtungen von zu jungem Beton, zu frühes Verputzen oder Dämmen von noch zu feuchtem Mauerwerk und Bauteilen führt zu Problemen, früher oder später. Bekleidungen von Außenwänden vor, während oder unmittelbar nach Durchführung von Innenausbauarbeiten werden in unzähligen Regulativen abgelehnt, doch die ignoriert man, solange es möglich ist.

3.3 Feuchtigkeitseinwirkung unmittelbar nach erfolgter Bauleistung

Niederschlag kann durch noch offene Fenster- und Türöffnungen eindringen sowie über noch nicht fertige Balkonplatten und Terrassen. Zusätzlich kann Eintrag von Feuchtigkeit durch weitere Bauleistungen (Putz, Estrich, Anstrich, Beschichtungen...) erfolgen ohne ausreichenden Abtransport der feuchten, oft warmen Innenluft, ohne Belüftung.

Bild 2:
WDVS-Montage
auf sichtbar nas-
sem Mauerwerk.
Wohin sollen die
Rohbaufeuchte
und der aktiv
eingedrungene
Niederschlag aus-
trocknen?



3.4 Feuchtigkeitseinwirkung aufgrund von Mängeln in anderen Gewerken

Feuchtigkeitseinwirkung aufgrund noch nicht fertiger und / oder mangelhafter und / oder schadhaft gewordener Bauteile z. B. durch noch nicht fertig gestell-

Bild 3:
Die vom Archi-
tekten geplante
besondere Form
des Dachrandes
und die nicht
fertigen Spengler-
arbeiten durch-
nässen partiell
den Rohbau. Eine
Durchfeuchtung
des gesamten
Mauerwerks bis
an die Innensei-
te ist die Folge
(s. Bild 4)



te Dacheindeckungen, nicht eingefasste
Kamine und Schächte, durch (noch) nicht
gedämmte Bauteile, an denen die Bau-
feuchte kondensieren kann und sich da-
durch an diesen Schichten Wasser bilden
kann. Insbesondere bei Verwendung von
Baustoffen mit wasserlöslichen Bindemitt-
eln (z. B. Gips) kann hier ein Schaden aus-
gelöst werden, der erst nach Jahren sicht-
bar wird.



Bild 4:
Ergänzung zu
Bild 3; Die von
außen eingedrungenen Feuchtigkeit
hat sich in der
ersten Ziegelreihe
hochgezogen

3.5 Luftdichtes Bauen

Auch das ist im indirekten Sinn als eine Art Feuchtigkeitsbelastung zu sehen. Denn die immer dichtere Bauweise lässt der im Bauwerk enthaltenen Feuchte immer weniger Chance, über Nebenwege auszudiffundieren. Schnell bauen, feucht bauen und dann auch noch die Schotten dicht machen, das kann einfach nicht gut gehen.

4 Untergrundprüfung

Dem Ausführenden einer Bauleistung obliegt die Prüfung der beigestellten, vorangegangenen Bauleistung. Er hat diese mit einfachen Mitteln zu prüfen.

In den zahlreichen Merkblättern und Richtlinien in D, A und CH finden sich dazu Hinweise, Anleitungen und sogar Prüftabellen. Sogar die Prüfung auf vorhandene (zu hohe) Feuchtigkeit ist mit tabellarischen Checklisten möglich, leicht durchführbar und als erste Orientierungshilfe klar erkennbar. Messtechnische Feststellungen von Feuchte können damit aber nicht ersetzt werden.

Insbesondere Feuchtigkeitsauswanderungen und Kondensaterscheinungen an noch jungen »grünen« Betonbauteilen unter bereits aufgebrachten Putzlagen können bei Vorhandensein wasserlöslicher bzw. aufweichender Bestandteile (Bindemittel, Haftbrücken) bald zu Schäden führen, die zuerst einmal

noch unerkannt bleiben, die sich erst nach Jahren in Form von Ablösungen und bei Deckenputzen auch in Form von Abstürzen darstellen.

Nur trockene und vor allem trocken bleibende Bauteile können solche Schäden verhindern! Nicht selten war es dem ausführenden Beschichter, Putzer oder Stuckateur gar nicht möglich diese versteckten Feuchtegehalte festzustellen.

4.1 Feuchtigkeit

4.1.1 Feuchtigkeit messen

Auch wenn es nicht zur normgemäßen Prüfpflicht des Auftragnehmers gehört, in den Untergrund eindringende Untersuchungen und Prüfungen vorzunehmen, sollte jeder Ausführende im Falle des Verdachts, dass es noch zu hohe Feuchten im Untergrund gibt, dem Bauherrn empfehlen, die Feuchtigkeit des zur Bearbeitung überlassenen Untergrundes messtechnisch prüfen zu lassen.

4.1.2 Trocknung beschleunigen!

Eine sehr wesentliche Bedeutung kommt der Abfuhr der Feuchtigkeit der Innenraumluft zu.

Die Raumluft nimmt, Ihrer Temperatur entsprechend, eine bestimmte Menge Feuchtigkeit auf, die aus den Baustoffen (Wänden, Decken) stammt. Verbleibt diese Luft im Raum, bleibt auch die Feuchtigkeit dort. Öffnet man idealerweise gegenüberliegende Fenster, so wird sich schnell ein Austausch von trockener Außenluft mit feuchter Innenluft einstellen. Wind beschleunigt den Vorgang. Länger als 20-30 Minuten braucht dieser Vorgang nicht, dann sollten wieder die Öffnungen verschlossen werden. Der beschriebene Vorgang beginnt nun aufs Neue. Die Art der Lüftung hat auch einen Namen: Stoßbelüftung.

Rohbauten, die mit sog. Fensterblindrahmen (Blindstöcken) ausgestattet sind, haben den Nachteil, dass die mit Folie bespannten Öffnungen, fast hermetisch dicht verschlossene Räume ergeben, die kaum zu belüften sind. Aber auch an Objekten bei denen die Fenster bereits versetzt sind und diese dann zum Schutz vor Verschmutzungen innenseitig ebenso foliengeschützt und somit abgedichtet werden, sind gleichermaßen kaum zu belüften. Lüftung und Feuchtigkeitsabtransport erfolgen durch bloßen Zufall über Stiegenhäuser und Dachbodenluken, meist aber gar nicht.



Bild 5:
Mit Folien verschlossene Fensteröffnungen behindern den Abtransport von feuchter Innenluft und damit den Austrocknungsprozess

4.1.3 Mechanische Trocknung als Kalkulationsfaktor

Wer aus rein monetären Überlegungen schnell baut, muss in seiner Kalkulation Kosten für Trocknungsmaßnahmen zwischen einzelnen Bauleistungen und jedenfalls vor dem Beginn der Nutzung berücksichtigen. Die Notwendigkeit, den richtigen Zeitpunkt, die Dauer und Intensität der Trocknungsmaßnahmen müssen die Praktiker zwar bekannt geben, doch nicht auch automatisch die Kosten dafür übernehmen.

Der Einsatz von Trocknungsgeräten kann Bauzeiten verkürzen helfen, allerdings muss das wiederum mit großer Fachkenntnis erfolgen. Trocknungsgeräte können den Abbindeprozess erheblich nachteilig beeinflussen, wenn z.B. einer Mörtelschicht (Putz) oder einer Betonlage (Estrich) das notwendige Wasser zum Abbinden zu rasch entzogen wird. Verdurstete Putzflächen oder Estriche sind dann zwar schnell trocken, aber auch schadhaft.

Will man weiterhin in so rasanten Geschwindigkeiten bauen, wird man überlegen müssen, ob man nicht die mechanische Trocknung in gleicher Weise als Standard-Grund-Positionen in Ausschreibungen und Angebote aufnimmt, wie es heute bereits mit Selbstverständlichkeit für die Baustelleneinrichtung und -räumung sowie für die Baurestmassenentsorgung der Fall ist.

4.1.4 Auch Trockenbau fordert trockene Voraussetzungen

Nach diesen Ausführungen wird der Gedanke entstehen: »Dann müssen wir eben das Wasser weglassen und trockener bauen!«! Dazu muss entgegengehalten werden, dass auch die Wahl der Ausbauvariante ›Trockenbau‹ trockene Grundbauteile voraussetzt.

Sowohl im Trockenbau, als auch im Holzbau werden strenge Anforderungen an trockene Ausbaubedingungen gestellt. Niemandem würde einfallen, mit dem Trockenausbau zu beginnen, wenn das Dach noch nicht dicht

ist oder wenn an den obersten Geschossen gar noch betoniert und gemauert wird. Niemand würde einen Holzbau errichten unter Missachtung und Weglassung jeglicher Witterungsschutzmaßnahmen. Eines der wichtigsten Zwischenziele beim Holzfertigbau ist die Ausführungsstufe »Notfoliendicht«! Ein Begriff, den man Planern und Ausführenden von in Massivbauweise hergestellten Objekten etwas mehr begreiflich machen sollte.

4.2 Schutz der eigenen Leistung

Die in allen Bauhandwerksnormen enthaltene Verpflichtung des Auftragnehmers zur Sicherung der eigenen Leistungen gegen schädliche Witterungseinflüsse ist im Schadensfall eine kaum rekonstruierbare Leistung, die aber einen ebenso wesentlichen Schadensfaktor darstellt. Auch dann, wenn er in Gutachten manchmal nur auf Vermutungen aufgebaut ist.

Dass alle Handwerker, sogar die Maler, gemäß unseren gültigen Normen verpflichtet sind, Tagwasser, Meteorwasser, Niederschlag, Schmelzwasser von Schnee, oder wie immer man diese von außen einwirkende Nässe bezeichnet, beseitigen müssen, ist im Hinblick auf bereits durchfeuchtete Bauteile und Untergründe technisch nicht erklärbar und baupraktisch auch nicht durchführbar, für die Leistung des betroffenen Handwerkers sogar als schwer bedenkliche Voraussetzung für dessen Arbeiten zu sehen und im Falle von Schäden auf Grund von Feuchtigkeitseinwirkungen aber dazu geeignet, falsche Verantwortlichkeiten zu erkennen.

Die genormte Verpflichtung der Belüftung der Innenräume durch den Baumeister und durch den Verputzer bzw. Stuckateur ist angesichts fehlender Dächer und Einfassungen, eine ebenso schwierig bis unmöglich durchzuführende Leistung. Wie effizient man Räume lüften kann, wenn noch nicht einmal die letzten Obergeschosse gebaut sind, braucht dabei nicht hinterfragt werden.

5 Schnell bauen heißt auch schneller produzieren

Schnell bauen kann nicht nur ein Problem mit der Feuchtigkeit mit sich bringen. Schnell bauen, kann auch bedeuten, die Komponenten schneller produzieren. Dass sogar Normen dem Streben nach noch schnellerem Bauen dienlich gemacht werden, zeigen die bereits vorgenommenen Veränderungen von Materialnormen für Polystyrol-Dämmplatten. War früher eine dreimonatige Lagerung der fertigen Schaumblöcke Pflicht und der Aufdruck des frühest zulässigen Einbaudatums die genormte Regel, ist es nun Normenstand, dass

es diese Angaben nicht mehr braucht. Nur der Hersteller kann das Produktionsalter über die am Beipackzettel aufgedruckten Codes nachvollziehen, der Verarbeiter wird im Unklaren gelassen. Dass man das Alter angelieferter organischer Dämmstoffe nicht prüfen kann, ist bekannt. Dass die dreimonatige Ablagerungszeit aber vom Hersteller des Ausgangsmaterials, des Polystyrol-Granulats, noch immer empfohlen wird, ist ebenso wenig bekannt.



Bild 6:
Deutlich einfallende WDVS-Flächen neben stabil stehenden Kanten, wie z. B. bei Dehfugen, lassen ein Schwinden der Dämmenschicht vermuten, nicht ausreichend abgelagerte und zum starken Nachschwinden neigende EPS-Dämmplatten sind die Ursache

Bild 7:
Keine Abzeichnung von Gewebebahnen, dafür aber Heraustreten der Dübelköpfe und einfallende Fugenbereiche.
Nicht nur ein Problem der Schichtdicke

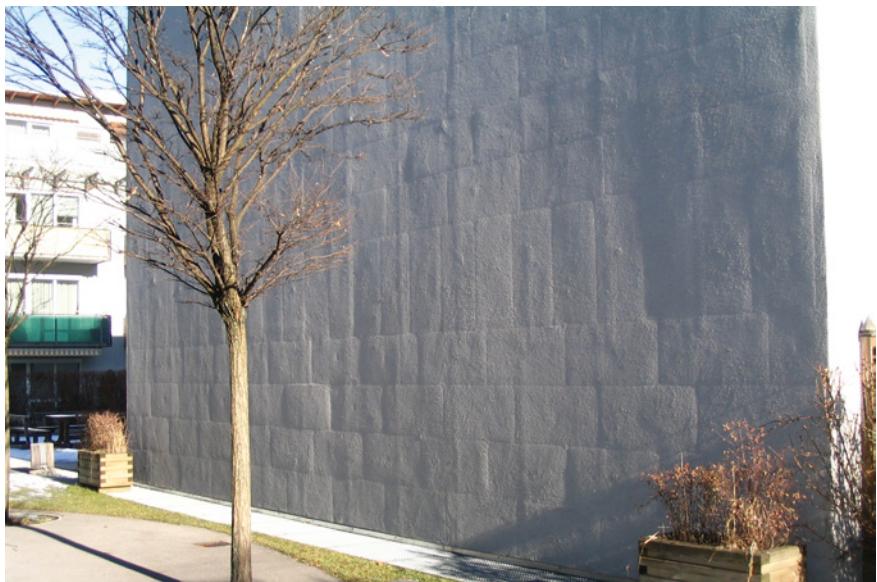


Bild 8:
Gleich breite, klaffende Lager- und Stoßfugen können kein Ausführungsfehler sein



In Schadensfällen solcher Art, sind stets auch Versäumnisse bzw. Fehler des Ausführenden zu finden und relativ leicht als eine Ursache festzuschreiben. Materialmängel, wie zum Beispiel zu große Restschwindung bei zu jungem, nicht abgelagertem Dämmstoff, sind dagegen schwer bis kaum nachweisbar.

6 Mit der Prüf- und Warnpflicht kann man keine Häuser bauen!

Die Sinnhaftigkeit der normativen wie gesetzlichen Prüf- und Warnpflicht (Anmeldung von Bedenken) ist unbestritten. In vielen Schadensfällen kann sie aber weder als versäumt, noch als erfüllt bewiesen werden, weil es bei Schadensuntersuchungen und Laborversuchen immer wieder deutlich hervorkommt, dass es Feuchtigkeitseinflüsse gibt, die zeitlich und daher auch verantwortungsmäßig gar nicht zuordenbar sind.

Im Schadensfall dann einfach die Prüf- und Warnpflicht des Ausführenden in den Mittelpunkt der Betrachtungen zu ziehen, ist nicht zulässig

7 Banken, Bauherren und Planer sind mitverantwortlich für Bauschäden!

Bei der Erhebung von Schadensursachen darf die Prüf- und Warnpflicht der Ausführenden nicht vorrangig gesehen werden, sondern auch die Mitverantwortung der Finanziers, der Auftraggeber und der Planer ist zu hinterfragen. Wenn man sich bewusst ist, dass auch der Bauzeitplan ein Plan ist, dann ist bei zweifelsfrei zu kurzen Bauzeiten auch die Mitverantwortung klar zu erkennen.

Natürlich wird diese Feststellung auf die Gegenmeinungen prallen, dass es immer wieder viele ausführende Unternehmen gibt, die sich bewusst auf derart kurze Bauausführungszeiten einlassen. In Kenntnis der ständig dichter werdenden Wettbewerbssituation im Bauwesen ist dies völlig verständlich, unverständlich aber ist, dass diese Wettbewerbssituation dann ausgenutzt wird, um im Schadensfall meist nur den/die Ausführenden zur Verantwortung zu ziehen, bloß weil kein Nachweis für die erfüllte Warnpflicht vorliegt.

8 Wer schreibt, der bleibt!?

Wer sich um nichts schert, Prüf- und Warnpflichten nicht nachweislich erfüllt und keine Bedenken anmeldet, hat zwar Beschäftigung, aber auf lange Sicht gesehen keinen Verdienst, weil er sich ja später an der Schadensregulierung zu beteiligen hat.

Der harte Wettbewerb wird in allen Hierarchieebenen des Bauens ausgenutzt und führt auch zu geradezu schizophrenen Situationen. Derjenige, der sich seiner Verantwortung bewusst und bestrebt ist, Qualität zu bauen, verliert Aufträge für kommende Projekte, nur weil er zuviel gewarnt hat. Wenn es früher hieß »*Wer schreibt, bleibt!*« so heißt es heute immer öfter »*Wer schreibt, fliegt!*«, denn nicht selten werden pflichtbewusste Handwerker zu späteren Ausschreibungen gar nicht mehr eingeladen.

9 Zurück zur Vernunft!

Auch wenn wir uns im Zeitalter des schnellsten Bauens seit Menschengedenken befinden, dürfen wir nicht übersehen, dass alle an einem Bauwerk Tätigkeiten gemeinschaftlich die Verantwortung tragen, sie schulden gemeinsam den Bauerfolg. Wir müssen abkehren von einseitigen Schuldzuweisungen und zurückkehren zum »**Bauen mit Verstand und Vernunft**«! Erforderliche Trocknungszeiten und klimatische Einflüsse müssen wieder ihren Platz bekommen in der Bauzeitplanung und müssen auch wieder mehr Beachtung in der Ausführung finden.

Andernfalls werden wir uns zunehmend mit schadhaften Bauobjekten befassen müssen und Schäden an der Bausubstanz als Regel sehen.

Statische Rissursachen

1 Vorwort

»Statische Rissursachen« – Ursachen – Beurteilung – Vermeidung – Sanierung. Es ist zwischenzeitlich Usus, tragende, statische Bauteile schlanker, dünner, in größeren Abständen und auf schlechteren Baugründen auszuführen. Statisch zulässige Bauteilverformungen (Durchbiegungen) sind zwar dem Fachplaner für Statik bekannt, aber selten werden die das Gesamtwerk konzipierenden Architekten auf diese »Bandbreite« hingewiesen. Auch hat die Abkehr der monolithischen Bauweise zu einem Sammelsurium an verschiedensten Wandbaustoffen zu »lebenden« Untergründen geführt. Die auf diesen Bauwerken weitere Leistungen zu erbringenden Professionisten und Subunternehmer (Handwerker) können die Gegebenheiten – aufgrund ihrer fachspezifischen Kenntnisse – nicht korrekt beurteilen und müssen zudem auf fachgerechte Mauerwerke und Decken vertrauen können. Die Hinweispflicht des Statikers gegenüber dem Planer und die (eingeschränkten) Möglichkeiten der Untergrundprüfung durch den nachfolgenden Leistungserbringer, sollten Inhalt dieses Beitrages sein.

Bild 1:
Falsches Anheben
einer Bodenplatte
bei einem Neben-
gebäude in Selt-
schach



2 Statik

Angekündigt sind statisch zulässige Verformungen – Tendenzen im Bauwesen mit schlanker Statik, größeren Stützweiten und damit größer werdenden Verformungen – Hinweispflicht des Statikers an den planenden Architekten – Untergrundprüfung durch den Handwerker – Grenzen des Fachwissens

Im Detail ausgemacht wurde »von der Praxis für die Praxis« mit Schwerpunkt Wohnbau. Der Artikel ist eingebettet in Beiträgen über Rissentstehung, über Risse in der Hülle des Bauwerks, dann weiter im Tragwerk (Mauerwerk, Betonteilen) und springt nach der »Statik« zu solchen deren Ursache in Bodenproblemen liegen.

Was kann ich jetzt noch über Risse sagen, was Sie nicht schon bisher gelesen haben? Es bleibt ein Ausflug in die Gedankenwelt der reinen Statik mit ihren Zusammenhängen um dann überzuleiten auf praktische Beispiele.

2.1 Zusammenhänge

Wir kennen drei Bereiche, die elementar zusammenhängen:

- Einwirkungen von außen und innen (Kraft, Moment)
- Materialeigenschaften (Spannung, E-Modul)
- Querschnittsformen (Fläche, Widerstandsmoment).

Ausgedrückt wird dies durch die Formeln:

Spannung ist Kraft/Fläche bzw. Spannung ist Moment/Widerstandsmoment.

Aus Spannungen (gedanklich inneren Kräften) entstehen Verformungen und letztlich bei Überschreiten von Grenzen Risse.

Diese Wirkungen kann man nun gesamt im Bauwerk oder aber in einzelnen Bauteilen selbst betrachten, die Ansätze sind gleich.

Wir kennen vielfältige Querschnitte, vom Holzrundstamm, dem Rechteck als Holzbalken bis zur Elementdecke, den T- und TT-Trägern aus Stahlbeton bis zu Profilstählen, Rohren und anderen Sonderquerschnitten. Je wertvoller das Material selbst ist, desto sparsamer aber rationeller werden die Querschnitte. Als charakteristische Daten gelten Fläche, Widerstandsmoment und Trägheitsmoment.

Die Materialeigenschaften werden ausgedrückt im Elastizitätsmodul und Kennziffern für Grenzen der Traglast. Es verstärkt sich der Eindruck, dass immer druckfestere Materialien angeboten werden, was meist auf Kosten der Elastizität geht.

Die Querschnitte mit ihren Materialien bilden nun einzelne Elemente und letztlich das ganze Bauwerk auf die nun unsere Einflüsse (z. B. Kräfte) einwirken. Die Tendenz zu großflächigen Elementen zur Verringerung der Bauzeit ist sichtbar.

Damit zum letzten Teil der Faktoren – den Einwirkungen. Der Statiker nennt sie mit der physikalischen Größe »Kraft«, wobei sprachlich schlampig Lasten, Gewicht, Masse untermischt werden (auf die Unterschiede wird hier nicht eingegangen).

2.2 Kraftfluss

Jede auftretende Kraft versucht auf schnellstem Weg zum Erdschwerpunkt zu gelangen. Dabei »fließt« sie durch die Elemente, nimmt stets den kürzesten Weg und scheut nicht davor, sich dabei beliebig zu teilen. Sie nimmt dabei keine Rücksicht auf das Konzept des Statikers – letzterer ist gut beraten, den Fluss durch die Elemente richtig zu überlegen (ein Vergleich mit fließendem Wasser ist durchaus angebracht).

Beim Fluss durch die Elemente entstehen primär zwei Auswirkungen: direkt entlang der Kraftrichtung – Druck – und damit Stauchungen des Elementes. Allerdings auch quer dazu (nach Poisson) andere Spannungsarten (Zug, Schub, auch Druck). (Bild 2)

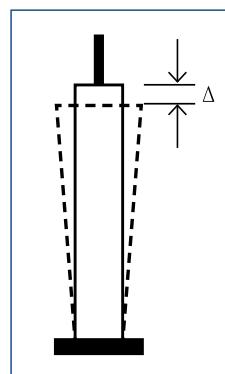
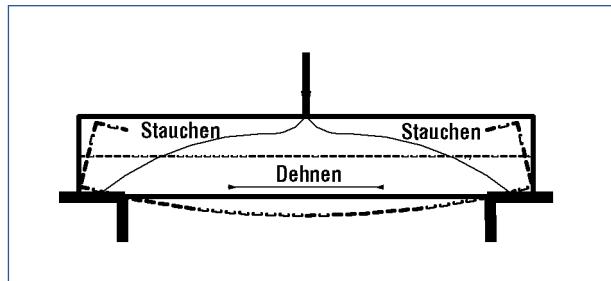


Bild 2:
Kraftfluss entlang
des Elementes

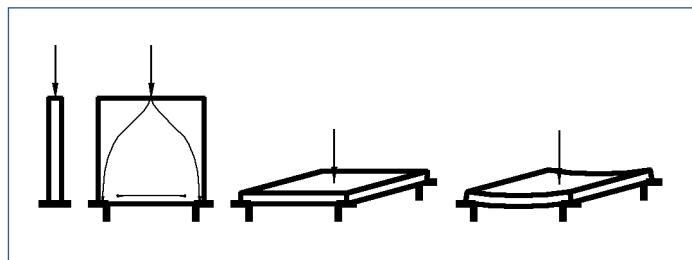
Bei erforderlicher Umlenkung der Kraftrichtung entstehen Biegungen – einem Wechselspiel aus Zug- und Druckspannungen (Durchbiegungen). (Bild 3)

Bild 3:
Umlenkung des
Kraftflusses im
Träger



Die äußeren EINwirkungen haben immer AUSwirkungen im Inneren des Materials, die besonders bei mehrdimensionalen Elementen zu beachten sind. (Bild 4)

Bild 4:
Mehrdimensionales Element



2.3 Theoretische Dimensionsüberlegungen

Im ersten Beispiel betrachten wir die normgerechte Durchbiegung eines Trägers – allgemein kann man diese mit 1/300 der Spannweite annehmen (es gibt reichlich zulässige Durchbiegungsgrößen in den Normen, die sich manchmal auch widersprechen, obiger Wert ist die häufigste Grenze):

Trägerlänge 6000 mm, angenommene Durchbiegung daher 20 mm – berechnet werden die Verlängerung des Bogens und die Größe des Klaffens am Trägerende bei einer Wandstärke von 300 mm. (Bild 5)

Das Ergebnis zeigt eine Verlängerung um 0,18 mm und eine Kluft von 4 mm.

Daraus lassen sich Schlüsse für Biegerisse und Klaffen beim Auflager schließen.

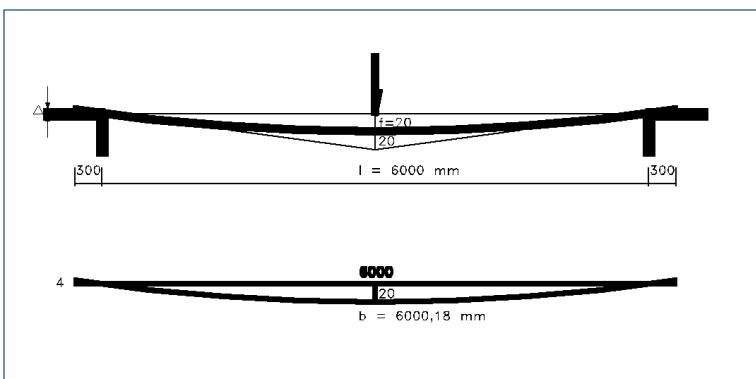


Bild 5:
Bs. mit durchgebogenem Träger

Beim zweiten Beispiel betrachten wir eine Maueröffnung von 1000 × 1000 mm, die sich theoretisch um 10 mm verschiebt. Berechnet werden die Veränderungen der Diagonalen. (Bild 6)

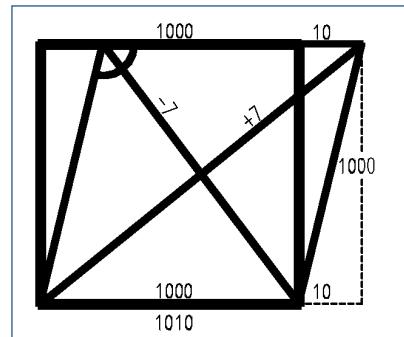


Bild 6:
Bs. mit Diagonalenveränderung einer Öffnung

Das Ergebnis zeigt eine Verlängerung, bzw. Verkürzung um je 7 mm. Daraus lassen sich Schlüsse für Verformungen in den Ecken ziehen.

Im dritten Beispiel wird eine Betonsäule von 3000 mm Höhe mit der maximal möglichen Kraft belastet (Knickung vernachlässigt, Betongüte C25/30 ang.) und die Verkürzung berechnet. (Bild 7)

$$P = \frac{\sigma p \times A}{2,5}$$

$$\Delta = \frac{\sigma \times l}{E}$$

$$\Delta = 1 \text{ mm}$$

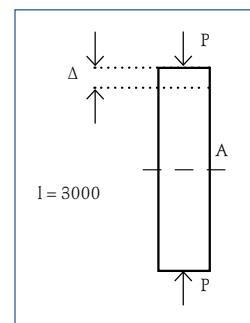
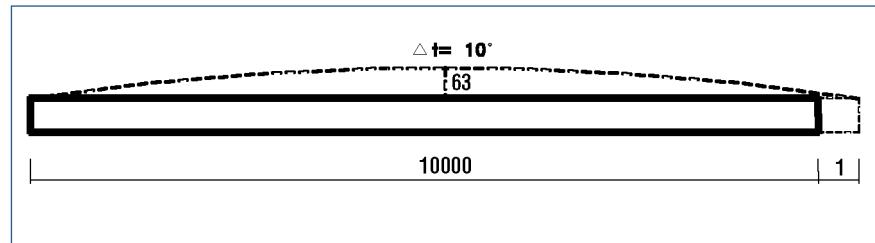


Bild 7:
Bs. mit Stauchung einer Betonsäule unter Belastung

Das Ergebnis zeigt eine Verkürzung von 1 mm. Daraus lassen sich Schlüsse für Verformungen in mehrgeschossigen Bauwerken und solche für Ziegel-Mauerwerk ziehen.

Im vierten Beispiel errechnen wir die Verlängerung einer 10 m langen Betonmauer bei einer Erwärmung von 10 °C und berechnen, welche Verbiegung sie bei dieser Temperatursituation aber einseitigem Einfluss erleidet: (Bild 8)

Bild 8:
Verlängerung
einer Mauer unter
Temperaturein-
fluss, theoretische
Wölbung



Das Ergebnis zeigt eine Verlängerung von 1 mm, eine Verwölbung hätte einen Stich von 63 mm. Daraus lassen sich Schlüsse für das Anordnen von Fugen und die Auswirkung von verschiedenen Temperaturunterschieden in Bauwerken ziehen.

3 Risse

Durch Verformungen entstehen innere Zwänge, die sich je nach dem inneren Zusammenhalt auch als Risse entladen. Oft geschieht dies auslösend durch dynamische Einwirkungen (Bautätigkeit, Verkehr, Erdbeben). Dabei entstehen vorerst neue Gleichgewichtszustände.

3.1 Ursachen

Einwirkungen von innen:

- Volumenveränderungen durch Temperatur, Feuchte, chemische Vorgänge.

Einwirkungen von außen durch statische oder dynamische Kräfte:

- direkte (auf das Element selbst) und indirekte (durch Nachbarelemente), Verformung im Auflagerbereich
- Bauteile zueinander (Fugen, offen oder verschlossen)
- Bodenveränderung (Setzungen, Grundwasser, Feuchtigkeit)

3.2 Beurteilung

Bei der Beobachtung von Rissen werden festgestellt:
 Rissbreite (mit Risslupe, transparenter Rissenschablone, Metalllehren), Risstiefe und Veränderung in der Tiefe, Rissverlauf im Element, weitere Risse in der Umgebung. Erst ein Gesamtrissbild kann Aufschlüsse über die Ursache geben.

3.3 Arten von Rissen

Schädliche – Schutzmaßnahmen, Ursachenforschung erforderlich (meist größer als 0,25 mm).

Wichtige – aus psychologischen und ästhetischen Gründen zu bearbeiten.

Unschädliche und unwichtige – keine weiteren Maßnahmen erforderlich (meist kleiner 0,25 mm).

3.4 Risse im Bauwerk

Tolerierbar sind (ohne ästhetische Gründe) bei normalen Lufteinflüssen:

- in trockenen Räumen Rissbreiten von 0,25–0,30 mm
- allgemein im Freien Rissbreiten von 0,20–0,25 mm.

Es gibt kein Bauwerk ohne Risse. Jedes Bauwerk lebt, atmet, bewegt sich. Risse sind wie Falten im Gesicht eines Menschen (je älter desto mehr und man kann sie nur zeitweise überschminken). Über diese Tatsache sind unbedingt alle statisch Unkundigen aber am Bau Beteiligten zu informieren.

Der Statiker ist Bindeglied in einer Informationskette und darf den planenden Architekten nicht als einziges Gegenüber betrachten. Das Koordinierungsband reicht vom Bauherrn über die Planung, Statik bis zu allen »angrenzenden« Handwerkern. Wichtig dabei ist die Übergabe der Informationen ohne Lücken – besser sogar mit weitem Übergriff (Infolücken sind eine der häufigsten Schadensursachen).

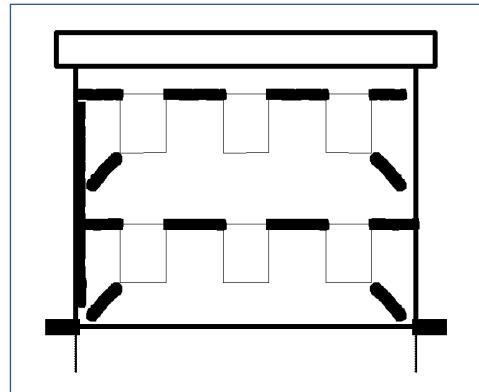
4 Häufigste Schadenstellen, Ursachen und Vermeidung

4.1 Schwindrisse

Großflächige Volumenveränderungen zufolge Feuchte, Schwinden und Temperatur treten in Nähe und parallel zu Quermauern auf. (Bild 9)

Die Ursache liegt im unterschiedlichen Schwindverhalten. Abhilfe (Minderung) schaffen WDVS, wenig häufiger Wechsel verschiedener Materialien und die Ausführung von Wandrosten (siehe später).

Bild 9:
Hausansicht mit
Rissen zufolge
Volumenverände-
rungen

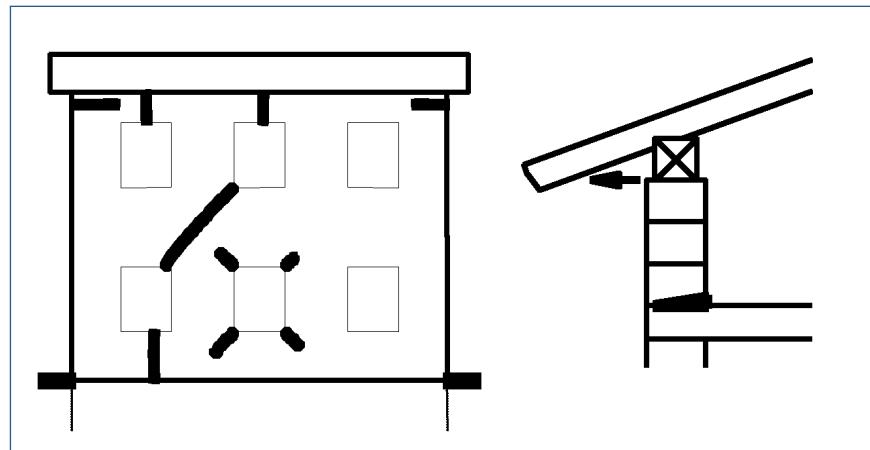


4.2 Risse durch die Gesamtbewegung des Objektes

Wind, Erdbeben, asymmetrische äußere Belastungen u.ä. erzeugen Risse in allen Schwachzonen (Öffnungsreihen), entlang von Brüstungen, am Fuß von Giebelwänden usw. (Bilder 10 + 11)

Bild 10:
(links) Hausansicht
mit Rissen zufolge
Lasteinwirkungen

Bild 11:
(rechts) Fehlende
Verankerung



Vermeidung und Minderung erfolgt durch gute Verschließungen (Ecken und Maueranschlüsse) und Roste (Deckenhöhe, Sturzbereich, Brüstungsbereich), ausgeführt wie in Vorschlägen der Erdbebennormen.

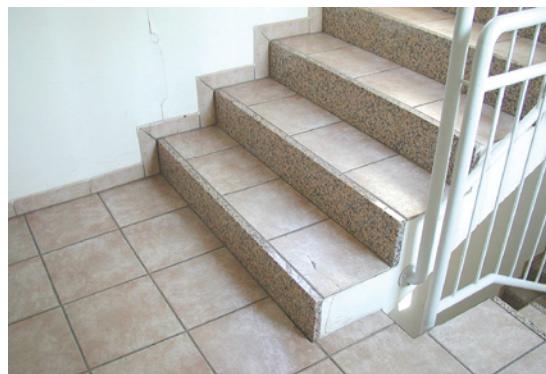


Bild 12:
Stadlerweiterung
ohne Fuge

Bild 13:
Riss im ausgebau-
ten Stiegenhaus
eines Wohnhauses

4.3 Risse im Biegeträger

Im Stahlbetonbau wird der gerissene Zustand der Bemessung sogar zugrunde gelegt, die Stützweiten werden immer größer und Bewehrung wird minimiert. Signifikant sind dabei die auftretenden Rissmöglichkeiten: (Bild 15)



Bild 14:
Auflagerbewe-
gung in einem
Gewerbegebäude

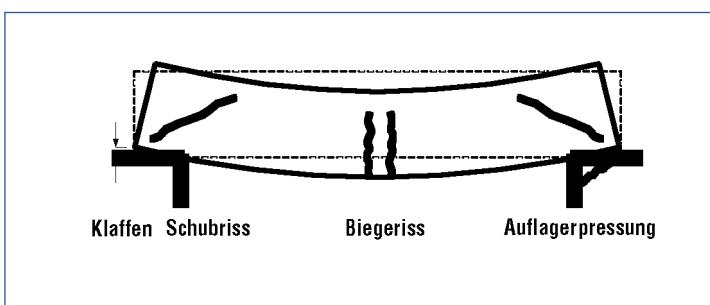


Bild 15:
Risse am
Biegeträger

Vermieden können sie durch die Wahl größerer Dimensionen, verkleinert im Stahlbetonbau durch richtige Bewehrungsführung und allgemein durch Erhöhung der Materialgüte (mit dem Nachteil der Spröde) werden.

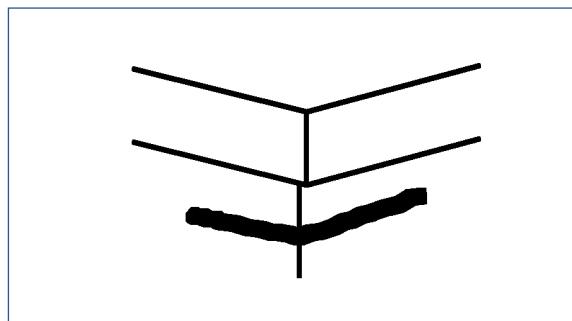
4.4 Risse in Platten

Sie treten wie beim Biegeträger auf, hierzu kommen wegen der flächenhaften Kraftverteilung das Aufschüsseln in den Ecken, Öffnen der (verschlossenen) Fugen bei Elementdecken und Risse in Krafrichtung auf der Druckseite (Balkonplatten in Kragrichtung an der Unterseite). (Bild 17)

Bild 16:
Aufschüsselung
der Garagendecke
bei einer Wohn-
anlage



Bild 17:
Drillbewegungen
an Plattenecken
(schüsseln)



Neben den Maßnahmen zur Vermeidung mit größeren Dimensionen gelten richtige Bewehrungsführung auch auf der Druckseite des Stahlbetons und – wichtig – eine Drillbewehrung und Ankereisen in den Ecken. Ein Problem

stellen die Fugen in Elementdecken dar, weil die Querbewehrung viel höher zu liegen kommt und die FT- Hersteller kein offenes Ohr für dieses Problem haben. Ähnlich liegt das Problem bei allen Hohlsteindecken, dort treten Risse wegen der verschiedenen Materialien schon viel früher auf. In beiden Fällen ist ein sorgfältiges Schließen der Fugen erforderlich.

4.5 Risse in tragenden Innenwänden

Vertikale Risse treten bei allen Anschlüssen zu Nachbarmauern und horizontale zu den Deckenanschlüssen auf. Weiters treten alle bekannten Rissbilder in den Ecken der Öffnungen und meist horizontal in Verlängerung der Stürze auf. Die Ursache liegt in den Schwind-, Temperatur- und Bewegungsvorgängen im Objekt. Vermieden bzw. vermindert können Risse nur in geeigneter Materialwahl (ähnliches Schwindverhalten), Anschluss- und Rostbewehrungen werden.

Durch die Tendenz der Scheibenbauweise treten sehr häufig Risse im Giebelbereich auf, vor allem dann, wenn in Firstebene die Aussteifung mit Materialien anderen Schwindverhaltens erfolgt. Diese Situation erfordert ein sorgfältiges Zusammenspiel von Planung und Statik. (Bild 18)

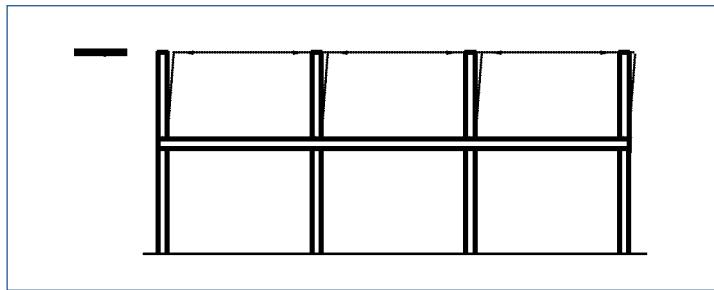


Bild 18:
System in Scheibenbauweise unter horizontaler Belastung

Risse in nichttragenden Wänden stellen einen Sonderfall dar. Abgesehen davon, dass bei Kraftkontakteen die Schubrisse in der Regel sehr groß werden, stören sie im Objekt den örtlichen Kraftfluss. Hier sind unbedingt die allgemein gültigen Bauregeln zu beachten, dass elastische Zwischenschichten einzubauen sind und das Aufstellen der Wände im obersten Geschoss zu beginnen hat.

Wände auf Decken, die deren Bewegung mitmachen (weil sie unterhalb nicht weitergehen) zeigen dies durch treppenförmige Schubrisse zu den Ecken entlang der Ziegelfugen. Abhilfe und Minderung wären in solchen Fällen durch ein möglichst langes Einschalen der Decken und spätes Mauern der Wände möglich.

Gerade im Wandbereich mit den neuen Klebetechniken und immer größer werdenden Elementtafeln versprüden praktisch die Systeme, ein Spannungsausgleich beschränkt sich auf weniger Bereiche und damit sind dann spontan auftretende Risse vorprogrammiert. Wachsame Konstrukteure sind gefragt.

Bild 19:
Kantenpressung
von Fertigteilen in
einem Wohnhaus



4.6 Informationskette zur Vermeidung

Wesentlichste Forderung zur Vermeidung von Risseschäden ist eine gezielte und funktionierende Informationskette und zwar nicht nur zwischen dem Statiker und planenden Architekten, sondern viel weiter zurück bis zum Bauherrn (Information, dass gewisse Bewegungen und Risse unvermeidlich sind) und nach vor zu den ausführenden Gewerken (Ausschalfristen, Abläufe des Mauerns usw.). Man könnte es eine »Baukoordinierung der zu erwartenden Bewegungen« nennen. Dabei hat über die Vorgänge der Statiker die größte Informationsmenge und ist verpflichtet, Warnung und Ergebnis an die richtigen Stellen weiterzugeben – er wiederum muss von der planenden Seite, aber auch der Bodenmechanik voll informiert werden. Die ausführenden Handwerker haben sich Informationen über zu erwartende Verformungen zur Bauzeit, über Überhöhungen beim Schalen und Ausschalzeiten beim Statiker zu holen, sie sollen sich nicht scheuen zu warnen, wenn ihnen einige Systeme zu gering dimensioniert erscheinen und der Baugrund Sorgen bereitet.

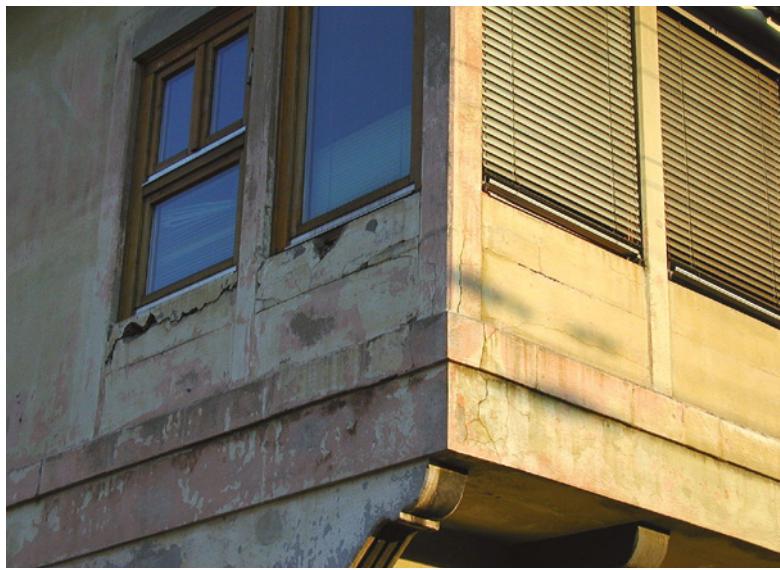


Bild 20:
Risse zufolge
Materialwechsels
in einem Büro-
gebäude (vor dem
Abbruch)

4.7 Behebung

Die Behebung von Rissen ist oft eine Frage der Kosten und des Nutzens.

Der brutalste Weg wäre Risse zu belassen, damit zu leben und diese nur zu beobachten (nach dem Motto – Zuschmieren umsonst, der Riss kommt wieder).

Der seriöseste Weg liegt im Beseitigen der Ursachen (wenn möglich) und dann ein Verschließen mit elastischen, verträglichen Materialien.

Der wahrscheinlichste Weg liegt in einem Abwägen vernünftiger Aufwandskosten und Sanierungsmitteln mit dabei größtmöglicher Wirkung – aber auch zu akzeptieren, dass Risse dann kleiner, später aber doch wieder auftreten. Über die Mittel selber wurde und wird in Seminaren und diesem Buch ausreichend berichtet.

4.8 Psychologische Anmerkung

Wir leben mit Rissen im Bauwerk und übersehen sie gleichsam. Wahrgenommen werden Risse erst bei Eintritt dynamischer Ereignisse (Bauarbeiten, Verkehr, Erdbeben). Dann beobachtet man genauer und dabei werden »erstmals« Risse gesehen. Heikel wird dies besonders bei Bauarbeiten ohne vorherige Beweisaufnahme bei den Nachbarn, weil auftretende Erschütterungen von Menschen sensibel und verstärkt wahrgenommen werden. Es ist bekannt, dass Erschütterungen von Menschen subjektiv 20–30fach größer wahrgenommen werden als sie es tatsächlich sind.

5 Zusammenfassung

Alle inneren und äußeren Einwirkungen fließen gleichsam durch das Bauwerk, beleben und beatmen es, erzeugen fast zwangsweise Spannungen und Entspannungen bis sie über die Fundamente in den Boden abgeleitet werden. Selten hat ein Riss nur eine Ursache, meist sind es Kombinationen von Einflüssen. Ein gemeinsames Betrachten der Vorgänge aller Beteiligten und dem Austauschen des Wissens erhöht das Verständnis aller und führt zu konstruktiven Maßnahmen zur Minderung von Rissen und Vermeidung von Schäden.

Ein interessantes Gebiet mit großer Rückwirkung auf die Gebäude und ihrer Statik liegt allerdings in der Bodenmechanik, weil wir unsere Wirkungen gleichsam dem Untergrund übergeben und dieser darauf reagieren muss (die wesentlichsten statischen Risse kommen daher).

Aber das ist Stoff des nächsten Beitrages.

Literatur

- [1] Gänßmantel, Jürgen: Risse in Decken und Wänden. Deutschland: Forum-Verlag, 2004
- [2] Schubert, Peter: Mauerwerk – Risse vermeiden und instandsetzen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2004
- [3] Krapfenbauer: Bautabellen, Auflage 2004. Wien: Jugend & Volk, 2004
- [4] Flesch: Baudynamik praxisgerecht. Wiesbaden & Berlin: Bauverlag, 1993
- [5] Riccabona: Baukonstruktionslehre. Wien: Manz-Verlag, 2004
- [6] Önorm EN 1998-1 Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
- [7] Kusterle, Lukas: Vermeidung von Putzschäden-Putzinstandsetzung. Berichtband der Fachtagung, 1992

Innendämmung: Womit und wie viel?

1 Einleitende Erwägungen

Sucht man heute im Internet nach Ausführungen zum Thema »Innendämmung«, so finden sich bei einer bekannten Suchmaschine ca. 295.000 Eingaben, und nach Präzisierung auf »Innendämmung Gebäudehülle« immer noch etwa 32.700 Treffer (August 2011). Ist also zum Thema nicht längst schon alles gesagt?

Nebst den zahllosen Überschneidungen, gegensätzlichen Meinungsäußerungen und inhaltlichen Widersprüchen fehlt bei einer solchen Auflistung naturgemäß die erhoffte Kohärenz resp. »inhaltliche Abrundung«. Diese Tatsache mag es rechtfertigen, dass an dieser Stelle der Versuch unternommen wird, das Thema aus baupraktischer Sicht auf wenige Seiten zu reduzieren. Die spezifischen Eigenschaften (resp. Auswirkungen) von Innendämmungen auf die »Wohnhygiene«, die »Behaglichkeit«, die »Bausubstanz« und den »Energieverbrauch« sollen angesprochen werden.

Der Beitrag ist bewusst »baupraktisch« und nicht »hochwissenschaftlich« gehalten, soll aber trotzdem auf gefestigte technisch-physikalische Einsichten abstehen. Ein paar provokative Meinungsäußerungen und »Seitenhiebe« auf gewisse Randerscheinungen bei der Planung von Hochbauten (»Diffusionshysterie«, »Wärmedämmwahnsinn«, »Normierungseifer«) sind dabei durchaus beabsichtigt.

2 Qualitative Abhängigkeiten

Es sind im Wesentlichen drei Themenkreise, die den Praktiker interessieren:

Wie wirkt die Innendämmung auf den Gesamtquerschnitt?

Gedacht wird dabei meistens an »Diffusion« und (allenfalls) an »Temperaturspannungen«, welche beide der Bausubstanz schaden könn(t)en.

Wie verändert die Innendämmung das Raumklima?

Diese Frage wird in der Regel mit dem Themenkomplex »Speicherverhalten« verknüpft.

Welchen energetischen Nutzen soll die Innendämmung erbringen?

Hier ist eine sich öffnende Schere zwischen den normativ stets schärfer werdenden U-Wert-Vorschriften einerseits und einem bauphysikalisch, betriebswirtschaftlich oder ökologisch noch sinnvollen Dämmmaß andererseits unübersehbar.

Für die genannten Kriterien, nämlich »Behaglichkeit«, »Wohnhygiene«, »Bausubstanz« und »Energieverbrauch«, deren Beurteilung natürlich möglichst positiv ausfallen sollte, existieren verschiedene Kenngrößen mit (teils behördlichen) Grenzwerten wie folgt:

Für die Beurteilung der Behaglichkeit:

Im Sommer: Wärmeträgheit der Hülle gegen Raumtemperaturschwankungen sowie nomineller Speicherquerschnitt gegen »Übertemperaturen« aus Einstrahlung

Im Winter: Anrechenbares Speicherverhalten für »nutzbare Abwärme« sowie innere Oberflächentemperatur der Hülle gegen »Kältestrahlung«

Für die Beurteilung der Wohnhygiene:

Innere Oberflächentemperatur der Hülle gegen Schimmelpilzbildung

Für die Beurteilung der Bausubstanz:

Diffusionsverhalten des Bauquerschnitts gegen innere Durchfeuchtung aus winterlicher Wasserdampfwanderung resp. »sommerlicher Inversionslage« (Vergleichende) Temperaturschwankungen resp. Spannungen in der Tragkonstruktion aus äußerer Temperatureinwirkung

Für die Beurteilung des Energieverbrauchs:

U-Wert-Vorschriften vs. minimierter Gesamtenergiebedarf (der Gebäudehülle).

Einzig diese Kenngröße und die davon abhängige Oberflächentemperatur sind nicht von der Schichtenfolge des Bauquerschnitts beeinflusst!

3 Typische Beispiele

Um die Frage dieses Beitrags: »Innendämmungen: Womit und wieviel?« unter Berücksichtigung der drei den Praktiker interessierenden Themenkreise (siehe oben) zu beantworten, sollen nachstehend drei typische Beispiele behandelt werden. Das fallweise dominierende Beurteilungskriterium wird dabei kritisch beleuchtet.

Nicht näher eingegangen wird auf die generelle Verpflichtung, bei der Neuplanung oder bei der Um- oder Nachrüstung dafür zu sorgen, dass die innere Oberflächentemperatur der Außenhülle stets jenen Wert einhält, welcher unter den herrschenden Klimabedingungen (innen und außen) erforderlich ist, um hier die relative (langzeitige) Luftfeuchte nicht über 80 % ansteigen zu lassen. Die Einhaltung dieser Bedingung ist nicht »innendämmungsspezifisch«, sondern sie ist allgemeingültig und nach normativen Regeln nachzuweisen. Sie ist bei Innendämmungen aber speziell auch mit Blick auf das »Wärmebrückenproblem« bei seitlich eingebundenen Wänden und entlang der Deckenauflager auf Außenwand zu beachten. Hier können durch Innendämmung Auskühlungen der angrenzenden freien Oberflächen und daraus Grenzwertüberschreitungen entstehen, welche sich bei der raumseitig (noch) ungedämmten (Sanierungs-)Wand nicht einstellen würden.

3.1 Beispiel A: Neubau Sichtbetonfassade mit Innendämmung

Dieses Beispiel bezieht sich auf den interessierenden Themenkreis: »Wie wirkt die Innendämmung auf den Gesamtquerschnitt?«. Zur Sprache kommt das Diffusionsverhalten bei gegebener Innendämmung sowie die äußere Temperatureinwirkung auf die Tragwand als Folge der fehlenden thermischen Abdeckung/Außendämmung.

Wählen wir einen gängigen Fassadenquerschnitt mit (Kennwerte WUFI®-Datenbank):

- 180 mm Sichtbeton außen ($\lambda \sim 1,60 \text{ W/mK}$; $\rho \cdot c \sim 1955 \text{ kJ/m}^3\text{K}$; $\mu \sim 180$)
- var. 150 mm, 200 mm, 250 mm Innendämmung
($\lambda \sim 0,040 \text{ W/mK}$; $\rho \cdot c \sim 51 \text{ kJ/m}^3\text{K}$; $\mu \sim 1,3$)

- 15 mm Innenputz ($\lambda \sim 0,20 \text{ W/mK}$; $\rho \cdot c \sim 722 \text{ kJ/m}^3\text{K}$; $\mu \sim 8,3$).

Ferner (WUFI® Light, Standard):

$$R_{si} = 0,125 \text{ m}^2\text{K/W}, R_{se} = 0,0588 \text{ m}^2\text{K/W}, \theta_e \text{ mittel} = 6,4^\circ\text{C}.$$

Zur diffusionstechnischen Beurteilung stehen mehrere Methoden zur Verfügung:

- Die »Glasermethode« unter Verwendung eines sog. »Klima-Zeitraffers« (Legende Tabelle 1)
- Die »Glasermethode« unter Verwendung von individuellen Klimaverläufen innen und außen im Jahresgang [1]
- Die »Methode WUFI®« mit Angabe von Kondensataufnahme und -verteilung durch Sorption [2].

Gemäß Tabelle 1 resultieren sowohl hinsichtlich jährlichem Maximalkondensat (K_j) als auch bezüglich dessen Austrocknungsmöglichkeit (A_j) → Bedingung 1: ($A_j \geq K_j$) recht unterschiedliche Ergebnisse. Problematischer noch als der »Bilanzwert« je nach Rechenmodell ist dabei das Ergebnis (K_j) für sich allein betrachtet, weil in gewissen Regelungen nicht nur das Berechnungsmodell an sich (mit Klima-Zeitraffer), sondern auch die daraus resultierenden Grenzwerte (je nach Materialien) definiert sind. Da solche Grenzwerte aber auf unrealistischen Klimavorgaben basieren, führt dies unter Fachleuten immer wieder zu heftigen Diskussionen, welche oftmals in eine wahre »Diffusionshysterie« auszuarten drohen. Tatsächlich ist es so, dass das bewährte »Verfahren Glaser« nach wie vor brauchbare Ergebnisse liefert, sofern die Berechnung auf realistischen Klimadaten (im Jahresgang) aufbaut. Jedenfalls muss auch beim »Verfahren WUFI®« – ebenfalls basierend auf akkumulierten Klimawerten im Jahresgang – zunächst »im Hintergrund« ablaufend der resultierende Feuchteausfall ermittelt werden, bevor dieser je nach Sorptionsvermögen in den angrenzenden Materialien verteilt und als »WUFI®-Ergebnis« dargestellt werden kann.

Dämm-stärke d_{WD} [mm]	* Glaser »im Zeitraffer«		Glaser nach Σ -Häufigkeit [1]		WUFI®Light IBP 4.0 [2] Gesamtwassergehalt		U-Wert [W/m²K]
	K_J max [g/m²]	A_J möglich [g/m²]	K_J max. [g/m²]	A_J möglich [g/m²]	K_J max. [g/m²]	A_J möglich [g/m²]	
150	2871 ** $\Delta K \sim 837$	2034	5450 ** $\Delta K \sim 4995$	455	~ 5500 ** $\Delta K \sim 4000$	~ 1500	0,243
200	2393 ** $\Delta K \sim 695$	1698	4655 ** $\Delta K \sim 4280$	375	~ 4750 ** $\Delta K \sim 3550$	~ 1200	0,186
250	2078 ** $\Delta K \sim 619$	1459	4050 ** $\Delta K \sim 3730$	320	~ 4250 ** $\Delta \sim 3250$	~ 1000	0,151

* Winter: innen 20 °C/50 % RF, außen –10 °C/80 % RF während 60 Tagen

* Sommer: innen = außen je 12 °C/70 % RF während 90 Tagen

** ΔK = kumulativer jährlicher Zuwachs!

Tabelle 1:
Kondensationsvergleich für verschiedene Berechnungsmethoden

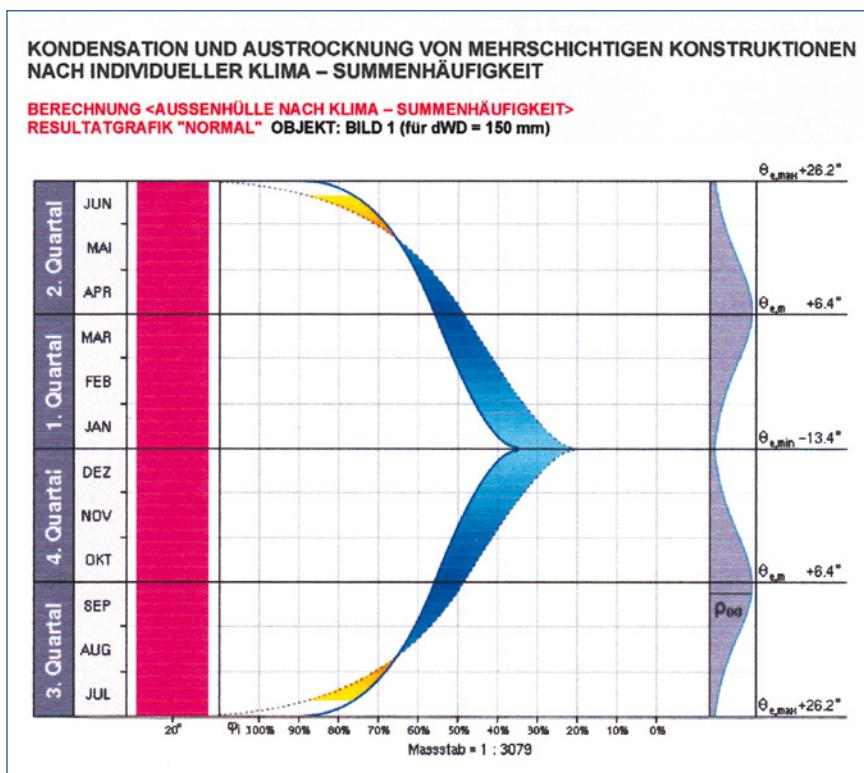
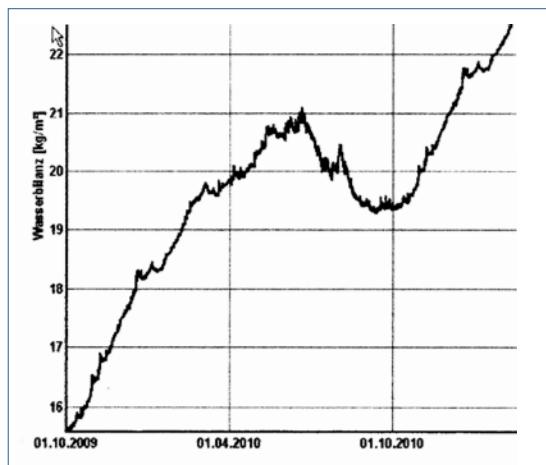


Bild 1:
Kondensation und Austrocknung (aus $d_{WD} = 150$ mm) nach dem Modell:
»Glaser-Summenhäufigkeit« (Bildausschnitt) [1]

Bild 2:
Gesamtwasser-
gehalt (aus d_{WD}
= 150 mm) nach
»WUFI®Light«
(Standard) [2]



Beim fraglichen Beispiel A stellen wir fest, dass die gewählte »diffusionsoffene« Innendämmung ohne ergänzende Dampfsperre bei jeder Berechnungsmethode zu große Kondensatmengen zwischen Dämmung und Betonwand generiert. Im Gegensatz zum steigenden Risiko von Oberflächenfeuchte bei

zunehmender Dämmstärke im Bereich von konstruktiven Wärmebrücken (was hier rechnerisch nicht dargestellt ist), nimmt die berechnete Querschnittsfeuchte/Kondensation mit zunehmender Innendämmstärke dank höherem Diffusionswiderstand tendenziell etwas ab.

Der Unterschied zwischen »Glaser-Summenhäufigkeit« und »WUFI®« bei der Austrocknung ist darauf zurückzuführen, dass diese beim Modell »Glaser- Σ -Häufigkeit« [1] nur solange berücksichtigt ist, wie ($\theta_i \geq \theta_e$) vorliegt. Bezuglich der jährlichen Maximalfeuchte K_j ergeben die zwei Verfahren – ganz im Gegensatz zum »normativen Zeitraster« – sehr ähnliche Resultate.

Der ganzen (Interpretations-)Problematik, was denn real an Feuchte auftritt und was materialtechnisch noch verantwortet werden kann (losgelöst von normativen Grenzwerten, die auf unrealistischen Ergebnissen basieren), kann man sich mit einer so genannten »dampfdichten Innendämmung« wie Schaumglas (oder allenfalls Extruderschaum) elegant entziehen. Es findet dann ganzjährig überhaupt keine Kondensation statt.

Was bei dampfdichten Innendämmungen hingegen zu beachten ist, sind die »sommerlichen Inversionslagen«, indem hier die Wasserdampfwandlung »von außen nach innen« zwischen Traghülle (z.B. diffusionsoffener, gut dämmender Gasbeton!) und Schaumglas gestoppt wird. Es ist dann entscheidend, dass im Temperaturgefälle mit ($\theta_e > \theta_i$) der Wärmedämmbeitrag der Außenhülle (Gasbeton) anteilmäßig nicht zu groß, bzw. die Stärke der dampfsperrenden Innendämmung nicht zu klein ist und so zu sommerlicher Kondensatausscheidung führt. Beim vorliegenden Beispiel mit nur sehr geringem Wärmedurchlasswiderstand des Sichtbetons besteht aber diesbezüglich keine Gefahr.

Neben der »Diffusionsproblematik«, welche u. U. ungünstig auf die Bausubstanz einwirkt und primär bei Innendämmungen auftritt, ist die Entscheidung für eine Innendämmung auch aus Sicht der »Baumechanik« negativ besetzt. Im fraglichen Beispiel A wirkt die tägliche Schwankung der Außenlufttemperatur ungedämpft auf die äußere Oberfläche. Durch die Dämpfung dieser Außenamplitude innerhalb des Betonquerschnitts reduziert sie sich bis zur angrenzenden Innendämmung um ein erhebliches Maß. Es bildet sich daraus im Tagesgang eine um maximal $|\Delta\theta|$ pendelnde Temperaturdifferenz, welche im Betonquerschnitt unerwünschte Zwängsspannungen erzeugt. Ist der Querschnitt dagegen mit einer entsprechenden Außendämmung abgedeckt, werden bis zur Außenseite des Betons erstens die absoluten Temperaturextreme auf dessen Oberfläche, zweitens aber auch die pendelnde maximale Temperaturdifferenz $|\Delta\theta|$ in seinem Querschnitt selber deutlich reduziert.

Ein Vergleich zwischen Innendämmung und Außendämmung mit den für Beispiel A gewählten Materialschichten – basierend auf dem Bauphysiker vertrauten »periodischen Eindringtiefe«, hier mit einer Außentemperaturamplitude von $\pm 10K$ um den Mittelwert $\theta_{e\text{ mittel}} = 20^\circ\text{C}$ – ergibt die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse.

Aus statisch-baumechanischer Sicht wäre beim gezeigten Beispiel A statt der Innendämmung klar die thermisch schützende Außendämmung vorzuziehen, zumal die realen Temperaturschwankungen der Außenluft resp. Oberfläche deutlich höher als $\pm 10K$ ausfallen können.

Dämm-schicht	Extreme $\theta_{\max.} / \theta_{\min.}$						Querschnitts-differenz $\leq \Delta\theta $		
	Außenseite Beton			Innenseite Beton			$d = 150$ [mm]	$d = 200$ [mm]	$d = 250$ [mm]
	$d = 150$ [mm]	$d = 200$ [mm]	$d = 250$ [mm]	$d = 150$ [mm]	$d = 200$ [mm]	$d = 250$ [mm]			
Außen-dämmung	23,5°C / 16,5°C	22,5°C / 17,5°C	21,8°C / 18,2°C	20,6°C / 19,4°C	20,4°C / 19,6°C	20,3°C / 19,7°C	2,9K	2,1K	1,5K
Innen-dämmung	+ 30°C / + 10°C			+ 21,8°C / + 18,2°C			8,2K		

Tabelle 2:
Dämpfung von
Temperaturextre-
men und Quer-
schnittsdifferenzen
im Beton je nach
Schichtfolge

3.2 Beispiel B: Energetisch motivierte Sanierung einer denkmalgeschützten Fassade

Mit diesem Beispiel B werden offene Fragen laut zweitem Themenkreis besprochen:

»Wie verändert die Innendämmung das Raumklima?«. Von Interesse ist hier vorab die raumklimatische Wirkung einer Innendämmung im Vergleich zur ungedämmten (Massiv-)Wand.

Die Thematik ist bekannt: Aus gestalterischen Gründen kommt für eine geplante, energetische oder umnutzungsbedingte Sanierung der Fassade nur eine nachträgliche Innendämmung (bzw. auf keinen Fall eine Außendämmung) in Betracht. Neben den in Beispiel A erörterten Fragen hinsichtlich Bausubstanz und Wohnhygiene interessiert stets auch die mögliche Veränderung des Raumklimas (und des Energiehaushalts) durch diesen Eingriff. Es fragt sich konkret, wie sich dadurch das »Speicherverhalten« der Wand verändert.

Geeignet für Relativvergleiche ist die in Bauphysikerkreisen vertraute »Auskühlkennzeit« [3], welche die Wirkung der Wärmeträger des Gesamtquerschnitts sowohl für winterliche als auch sommerliche Klimabedingungen ausdrückt. Das damit erfasste Trägheitsverhalten unterscheidet sich aber vom anrechenbaren Speichervermögen (gegen raumseitige Überschusswärmе aus Sonneneinstrahlung, Personenbelegung und inneren Wärmequellen aus Geräten etc.), mittels welchem in der Energiebilanz die nutzbaren Wärmegewinne berücksichtigt werden. Die Berechnung erfolgt auch hier nach dem Modell der »periodischen Eindringtiefe« für eine (raumseitige) 24 h-Amplitude. In Anbetracht des geringen Speichereffekts bei Innendämmungen erscheint aber der dazu vorgegebene, komplexe Rechenaufwand zur Differenzierung der nutzbaren Wärmegewinne als (zu) aufwändig.

Um das raumseitige Speichervermögen als vergleichenden Indikator gegen sommerliche oder winterliche Überschusswärmе hinreichend zu berücksichtigen, kann man sich – auf der sichereren Seite liegend – ebenso gut auch direkt der (statischen) »Wärmespeicherungszahl« [3] bedienen, welche bei der Ermittlung der informativen »Auskühlkennzeit« ohnehin anfällt. Die praktische Gegenüberstellung von Beispiel B mit Verwendung der eingangs definierten Materialschichten (hier ohne Putz) liefert die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse:

Anrechenbare Speicherung [kJ/m ² K]		Wärme- speicherungszahl (WSP) [kJ/m ² K] ²⁾	Auskühlkennzeit (z) [h]
+ Innendämmung [mm]	Sichtbeton d = 180 mm ¹⁾		
+ 0	173 (173)	137 (137)	11,2 (11,2)
+ 20	139 (173)	14,2 (272)	11,3 (60,1)
+150	30,8 (173)	13,8 (340)	15,5 (382)
+200	23,2 (173)	12,7 (345)	18,7 (507)
+250	18,6 (173)	12,6 (348)	22,8 (633)

Tabelle 3:
Raumklimatisch relevante Kennwerte für Schichtenaufbau wie Beispiel A (hier aber ohne Putz)

¹⁾ Anrechenbares Speichervermögen, abgemindert um den normativen Einfluss R_{si}

²⁾ Wärmespeicherungszahl (WSP) unter Berücksichtigung von R_{si}
(Klammerwerte mit alternativer Außendämmung)

Der raumklimatische »Nachteil« der Innendämmung gegenüber der Außenwärmeschicht kommt sowohl über die Wärmespeicherungszahl oder den anrechenbaren Speicherwert als auch durch eine sehr geringe Auskühlkennzeit (z) zum Ausdruck (Vergleich: Klammerwerte für Außendämmung!). Dabei nimmt das raumseitige Speichervermögen mit steigender Innendämmung tendenziell ab und die Wärmeträgheit des Gesamtquerschnitts nur unbedeutend zu.

Ein besonderes Thema in Bezug auf die Raumklimaverhältnisse bildet die Frage des »Feuchteausgleichs« durch so genannte sorptionsfähige Dämmstoffe. Von diesen erhofft man sich, dass sie bei zu hoher Luftfeuchte den Überschuss an sich binden und so zwischenspeichern (Frage: Woher weiß der Dämmstoff, was an Luftfeuchte im Raum erwünscht ist?). Desgleichen erhofft man sich im geeigneten Moment eine »Umkehrung«, indem die früher aus der Luft oder durch Schlagregen etc. von außen zugeführte Feuchte »dosiert« an die Raumluft abgegeben wird (Frage: Zur »Entwässerung« des Querschnitts oder zur erhofften Luftbefeuchtung?).

Nicht zu übersehen bei der (zeitgerechten?) Wirkungsweise ist jedenfalls die Tatsache, dass hierfür größtmögliche Offenporigkeit von Oberfläche und Querschnitt erforderlich ist. Dies wiederum impliziert so genanntes diffusionsoffenes Material, welches im Prinzip zu hohe Kondensatmengen generiert und dementsprechend raumseitig mit einer separaten Dampfsperre versehen werden müsste (womit aber die Sorptionsfähigkeit abgedeckt wird!). Um

diesem Dilemma zu entgehen, müsste man ergänzend eine »atmungsfähige« Dampfsperre verwenden, wie sie am Markt mit viel Werbung angepriesen wird. Eine solche verspricht größtmögliche Wasserdampfdurchlässigkeit im feuchten Milieu (zur Austrocknung von Wasser) und größtmögliche Sperrwirkung im Trockenzustand (gegen Wasserdampf-Wanderung). Da aber das Sorptionsverhalten des Dämmstoffs dabei vermutlich auch den Feuchte- und »Diffusionsgrad« dieser Dampfsperre selber beeinflussen dürfte, ist hieraus fast zwangsläufig mit einem »diffusionstechnischen Kurzschluss« zu rechnen.

Da bei einer zwingend erforderlichen Innendämmung die Raumklimaverhältnisse tendenziell immer relativ schlecht ausfallen (Ausnahme: u. U. bei nur temporärer Raumbeheizung), empfiehlt es sich erst recht, dafür mit einem möglichst diffusionsdichten Dämmstoff wenigstens die in Beispiel A angesprochene Bausubstanz »im Griff« zu halten.

3.3 Beispiel C: Umnutzung / Kellerausbau zu Wohnraum

Abschließend wird mit Hilfe eines dritten Beispiels auf den Themenkreis: »Welchen energetischen Nutzen soll die Innendämmung erbringen?« eingegangen. Aufgezeigt wird eine gewisse Diskrepanz zwischen behördlich-normativen Sanierungsansprüchen und deren (oft) ineffizienter Wirkung. Ebenso wird hier eine Unterscheidung hinsichtlich Dämmstärke je nach bestehender Bausubstanz und Erdeinbindung vorgenommen.

Beginnen wir mit der zweiten Vergleichsbetrachtung. Angenommen, ein auf Wohnnutzung umzüsternder Kellerraum sei ca. 3 Meter ins Erdreich eingebunden. Bevor wir uns der energetisch motivierten Bemessung der Dämmstärke der Kellerwand (gegen Erdreich), einer klassischen Innendämmung also, zuwenden, ist eine vorgängige Abklärung zweckmäßig:

Ist die jetzige Kellerwand trocken? Und wenn ja, dann deshalb, weil sie sich in trockenem Erdreich befindet oder eine funktionierende Drainage aufweist? Oder aber, weil gegen den (belüfteten?) Kellerraum ein permanenter Feuchteaustausch im Sinne von »selbst-regulierender Sorption« erfolgt?

Sollte dagegen die bestehende Kellerwand permanent feucht sein, so muss diese zunächst mittels geeigneter Drainage- oder Dichtungsmaßnahmen (auch gegen aufsteigende Feuchte!) in einen permanent trockenen Zustand überführt werden. Ist dieser Zustand erreicht, kann hier eine möglichst diffusionsperrende Innendämmung (auch) energetisch bemessen werden. Weitere Erwägungen dazu siehe unten.

Ist hingegen zu vermuten, dass die jetzt trockene Kellerwand auf einen funktionierenden Feuchteaustausch mit dem Kellerraum zurückzuführen ist, so

muss man sicherstellen, dass dies auch mit einer Innendämmung noch möglich sein wird. In diesem Fall ist tatsächlich eine möglichst diffusionsoffene Ausführung zu empfehlen, gleichzeitig aber sicherzustellen, dass nicht durch übermäßige Dämmstärke die jetzige Kellerwand bis zur Kondensatausscheidung (je nach Raumnutzung / Raumklima) abgekühlt wird. Somit: Diffusionsoffene Ausführung in möglichst geringer Dicke, welche lediglich aus der Forderung nach Schimmelpilz- und Schwitzwasser-Freiheit bemessen sein sollte.

Die Frage nach der (auch) energetisch zweckmäßigen resp. normativ erforderlichen Dämmdicke kann in jenen Fällen diskutiert werden, wo entweder mit Sicherheit keine erdseitige Feuchte vorliegt oder diese mit dichtungstechnischen oder sonstigen Baumaßnahmen bleibend abgewendet worden ist. Die energetischen Vorschriften sind allerdings (namentlich bei Renovierungen und Umnutzungen) zu hinterfragen:

Tonangebende Institutionen im baulichen Energiebereich fordern in der Schweiz beispielsweise, dass künftig gegen erdberührte Wände mit mehr als 2 m Erdeinbindung ein Einzel-U-Wert von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ als Zielgröße für Neubauten und ein Wert von maximal $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei Umnutzungen und Umbauten einzuhalten sei. Ähnliches gilt nach den Mustervorschriften der Kantone. Zielvorgaben im Bereich von $0,10 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ je nach Land und »Gebäudelabel« dürften als öffentliche Richtschnur nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Man muss sich einmal fragen, wohin dieser überbordende Normierungseifer im baulichen Energiebereich noch führen soll. Betrachtet man nicht nur die mit zunehmender Dämmdicke (bloß degressiv) zunehmende Einsparung an niederwertiger Heizwärme (Anergie), sondern auch den hierbei linear zunehmenden Bedarf an hochwertiger Arbeits- resp. Prozessenergie (Exergie) zur Herstellung der Dämmstoffe, so findet sich ein energetisch-ökologisches Optimum bezüglich U-Wert und Dämmstärke, welches von derart extremen Zielwerten oft heute schon deutlich »überschossen« wird.

Dazu das praktische Beispiel C1:

Eine (noch) ungedämmte Betonkellerwand $d = 250 \text{ mm}$ (mit den Kennwerten gemäß Beispiel A) sei $3,0 \text{ m}$ ins Erdreich eingebunden. Nach konventioneller Berechnungsweise ist zur Einhaltung eines geforderten U-Wertes von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ergänzend eine Dämmstärke (Lambda $0,040 \text{ W/mK}$) von rund 190 mm Innendämmung erforderlich, denn die bei Einzel-U-Werten übliche Abstufung in Funktion der Einbindungstiefe signalisiert, dass in der Vorgabe die Mitwirkung des Erdreichs schon berücksichtigt ist.

Bestimmt man hingegen zuerst den vorhandenen U_0 -Wert (Rohbau + individuelle Mitwirkung des Erdreichs, noch ohne Dämmschicht), so resultiert im Beispiel ein Wert $U_0 \sim 0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$. Zur Einhaltung des Zielwertes entsprechend $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ist damit nur noch eine Dämmdicke von ca. 150 mm erforderlich. Was gilt jetzt?

So oder so: Bemisst man die Dämmstärke der fraglichen Wand für deren energetisch-ökologisches Optimum nach [4], statt für einen normativen »Fixwert« von bspw. $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, ergeben sich u.U. deutlich abweichende Ergebnisse.

Dazu das praktische Beispiel C2 mit folgenden Einflussgrößen:

Planungshorizont $n = 75$ Jahre; $U_0 \sim 0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nutzungsdauer Wand resp. Ersatzvornahme nach je $m = 25$ Jahren

Grauenergieinhalt (Prozessenergie) Dämmstoff 3000 MJ/m³ (Entsorgungsaufwand eingeschlossen), $\lambda \sim 0,040 \text{ W/mK}$

»Verzinsung« Exergie Dämmstoffe 2,5 %, Anergie Heizwärme 0,0 % variierend: Heizgradtage 3000 K·d, 4000 K·d, 5000 K·d.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4:
Öko-optimale
Dämmstärke zu
Beispiel C2, je
nach Heizgrad-
tagen. Relative
Amortisations-
zeit [rA2] der
Überschuss-Stärke
 Δd , bezogen auf
 $d_{\text{opt.}}$ [5], [6]

Heizgradtage [K·d]	$U_{\text{opt.}}$ [W/m ² K]	$d_{\text{opt.}}$ [mm]	Δd^* [mm]	rA2 von Δd^{**} [Jahre]
3000	0,252	111	39	16,5
4000	0,221	133	17	19,0
5000	0,200	152	- 2	∞

*) »Überschuss« bezogen auf $d_{\text{opt.}}$
falls $U_{\text{soll}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ aus

» $R_{\text{Erdreich}} + d_{\text{WD}} = 150 \text{ mm}$ « bemessen ist

**) Gilt nur, wenn die »Verzinsung« von hochwertiger Prozessenergie ebenfalls mit 0 % ange- setzt wird; sonst kann der Aufwand aus Δd energetisch nie zurück »gezahlt« werden

Abgesehen davon, dass gerade bei Renovierungen und Umnutzungen innen liegende (Zusatz-)Dämmungen oftmals durch bauphysikalische oder sonstige Gegebenheiten begrenzt werden müssen, zeigt Beispiel C2, dass auch der energetisch motivierten Dämmstärke gewisse »Vernunftgrenzen« gesetzt sind. Jedenfalls ist aus energetisch-ökologischer Gesamtschau der optimale Dämmwert (U-Wert resp. Dämmstärke) von verschiedenen situativen Gegebenheiten bestimmt. Eine Übereinstimmung mit momentan (?) gültigen

Zielwerten des Gesetzgebers ist dabei rein zufällig und u. a. von den herrschenden Klimabedingungen (Heizgradtage) bestimmt. Im Zusammenhang mit Innendämmungen sollten jedenfalls »normative Pauschalvorschriften« immer zuerst auf ihre individuelle Umsetzbarkeit hinterfragt werden.

4 Fazit

Tendenziell erhöhen namentlich bei Renovierungen zunehmende Dämmstärken von Innendämmungen die Schadensrisiken für den Gesamtquerschnitt der Außenwand. Innendämmungen sollten deshalb hier nach dem Motto »Soviel wie nötig, so wenig wie möglich« geplant werden. Normalerweise sind dazu diffusionsdichte Dämmstoffe (vorab Schaumglas) zu bevorzugen. Andernfalls sind aufwändige, raumseitige Dampfsperren als Ergänzung zu einer »diffusionsoffenen« Dämmung in der Regel unvermeidlich. »Atmungsaktive« Dampfsperren sind dabei – speziell bei Kellerausbauten und Umnutzungen – mit Vorsicht zu genießen.

Das »Soviel wie nötig« ist primär durch den Anspruch auf Schimmelpilzfreiheit resp. Wohnhygiene bestimmt. Wird dieser Anspruch nach individueller Berechnung auch mit einem höheren als dem normierten Grenzwert eingehalten, so sollte dieser im Interesse der Bausubstanz bevorzugt werden dürfen.

Bei der diffusionstechnischen Nachweisführung ist die konventionelle Methode nach Glaser (als Alternative zu den »Sorptionsberechnungen nach WUFI®« beispielsweise) für den Praktiker weiterhin tauglich, sofern unter »Verfahren Glaser« eine Berechnung mit Verwendung von realen (Innen- und) Außenklimahäufigkeiten je nach Nutzung und Standort, und nicht der unbrauchbare Klima-Zeitraffer (Legende Tabelle 1) verstanden wird.

Bezüglich äußerer Temperatureinwirkung ist zu sagen, dass mit den (unerwünschten) Temperaturschwankungen und -extremen, welche bei Innendämmungen quasi ungedämpft auf das Tragelement der Wand (Sichtbeton, Stahlständerbau o. ä.) einwirken, ein deutlicher Nachteil gegenüber der (alternativen?) Außendämmung oder der Kerndämmung vorliegt.

Entsprechend der allgemeinen Erwartung beeinflusst die Innendämmung auch das Raumklimaverhalten gegenüber der nichtabgedeckten Innenfläche merklich. Trotzdem muss dieser Einfluss den Planer natürlich nicht à priori von einer Innendämmung abhalten.

Weiter ist der (als besonders günstig propagierte) Einfluss von so genannten sorptionsfähigen und klimastabilisierenden Dämmstoffen zu relativieren. Die Aufnahme und Zwischenspeicherung von übermäßigiger (?) sommerlicher

Raumluftfeuchte oder die Spende von Speicherfeuchte an zu trockene (?) winterliche Raumluft müsste jedenfalls erst noch modellhaft sowie »im realen System« und mit einem daraus abgeleiteten praktischen Rechenansatz ausgewiesen werden. Es bleibt vorerst fraglich, ob sich der erhoffte Ausgleich stets zum rechten Zeitpunkt in die »richtige Richtung« hin einstellt.

Insbesondere bei Renovierungen mit ausgesprochen energetischer Zielsetzung ist ein Interessenkonflikt in doppelter Hinsicht erkennbar. Entweder ist die Dämmstärke in vielen Fällen mit bauphysikalischer Begründung zu begrenzen (gegen Querschnittsfeuchte bei gewollt diffusionsoffener Lösung / feuchter Kellerwand) oder die normative Anforderung an den »Einzel-U-Wert« steht in keinem vernünftigen Verhältnis mehr zur zu erwartenden Effizienz. Letzteres kann nach der ökologischen Zielvorgabe: »Prozessenergie Dämmstoffe plus akkumulierter Heizwärmebedarf über den Planungshorizont = minimal« im Einzelfall überprüft werden. Entsprechende Berechnungsinstrumente [4], [5] stehen außerhalb des Normenwerks zur freien Verfügung.

Literatur

- [1] Weder + Bangerter AG: Kondensation und Austrocknung nach Klima-Summenhäufigkeit.
URL: <http://apps.cellularglassengineering.com/de/programs/p17/> [Stand: 26.08.2009]
- [2] IBP-Software: WUFI®. URL: <http://www.wufi.de/> [Stand: 26.08.2009]
- [3] Weder + Bangerter AG: Auskühlkennwert und Wärmespeicherungszahl (etc.). URL: <http://apps.cellularglassengineering.com/de/programs/p20/> [Stand: 26.08.2009]
- [4] IG Oeko-Priority®: Für vernünftige Dämmdicken am Gebäude.
URL: <http://www.oekopriority.ch/> [Stand: 26.08.2009]
- [5] IG Oeko-Priority®: Für vernünftige Dämmdicken am Gebäude.
URL: http://www.oekopriority.com/front_content.php?idcat=5/ Amortisation von Wärmedämmsschichten der Gebäudehülle.zip [Stand: 26.08.2009]
- [6] Weder + Bangerter AG: Erwägungen zur Amortisationszeit.
URL: <http://www.baudaten.com/pdf/amortisation.pdf> [Stand: 26.08.2009]

III Bauen – Ausführung – Details

*»Wir beherrschen die Dinge mathematisch,
ohne zu wissen, wie sie funktionieren.«*

Albert Einstein (1879–1955)

Forschungsprojekt: Architektur versus Technik – Sockel- und Fensteranschluss

Der Holzhausbau erlebt derzeit durch eine allseitige Akzeptanz eine rasante Entwicklung. So reicht die Palette vom einfachen Typenhaus über individuelle, industriell oder gewerblich gefertigte Einfamilienhäuser bis hin zu kommunalen Mehrgeschoszbauten. In den letzten Jahren zeigte sich jedoch, dass Forderungen zeitgemäßen Bauens mit derzeit marktüblichen Standardlösungen nicht ausreichend zufrieden gestellt werden können, da sie entweder unsichere Konstruktionen darstellen, technisch überholt oder nicht praxistauglich sind. Davon besonders betroffen sind der Sockelbereich und die Fensteranschlüsse, die durch zahlenmäßig steigende, aber aus technischer Sicht teilweise bedenkliche Ausführungsvarianten in den Fokus des Interesses gekommen sind.

Hierzu initiierte die Holzforschung Austria im Jahr 2006 das Forschungsprojekt »Architektur versus Technik – Sockel und Fensteranschluss«, welches das Ziel verfolgte Lösungen zu erarbeiten, die sowohl umsetzbar und praxistauglich als auch bautechnisch und bauphysikalisch einwandfrei sind und somit einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung im Holzbau leisten. Im Anschluss sind beide Teilbereiche zusammengefasst.

1 Sockelanschluss

Ziel des ersten Teils des Projektes war es, hinsichtlich der Sockelproblematik auf aktuelle architektonische Vorgaben und Komfortwünsche der Nutzer, aber auch auf die schon in Kraft tretende veränderte Gesetzeslage hinsichtlich barrierefreien Bauens mit technischen Lösungen zu reagieren und somit Schäden zu vermeiden, welche den Holzhausbau in Misskredit bringen können.

Die Realisierung schwellenfreier Übergänge zählt unbestritten zu den kritischsten Detaillösungen an Gebäuden – insbesondere im Holzbau – und setzt neue Ausführungen voraus. Die meisten feuchtebedingten Bauschäden werden nach wie vor durch Eindringen von Regen- oder Grundwasser verursacht. Auch Schmelzwasser und in der Konstruktion befindliches Kondensat in flüssigem und gefrorenem Zustand sind als Schadensursache nicht zu vernachlässigen. In diesem Fall kommt dem konstruktiven Feuchteschutz ein besonderer Stellenwert zu, denn kaum ein anderes Holzbauteil ist schwieriger auszutauschen als eine zerstörte Schwelle.

Um die komplexen Zusammenhänge zwischen Diffusion, Flüssigwasser, konstruktiver Ausführung und in letzter Konsequenz Dauerhaftigkeit systematisch untersuchen zu können, gliederte sich das Projekt in folgende Abschnitte:

- Konstruktion und Objektanalyse
- Laboruntersuchungen zum Thema Diffusion
- Simulationsberechnungen mit WUFI®2D
- Feldversuche an zwei Forschungsgebäuden
- Erarbeitung von Leitdetails.

Wie schon in der Einleitung festgestellt, wird aufgrund aktueller architektonischer und auch barrierefreier Vorgaben in vielen Bauvorhaben die Fußschwelle der Außenwände unter das Außenniveau des Geländes bzw. des Terrassenbelages gelegt. Dies bedingt die Erforderlichkeit einer zusätzlichen Abdichtung gegen Flüssigwasser von außen. Aufgrund dieser Abdichtungsmaßnahmen ergeben sich dampfdiffusionstechnisch geänderte Voraussetzungen, die mittels Laboruntersuchungen und Simulationsberechnungen analysiert wurden. Insbesondere wurde die Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen auf der Konstruktionsinnenseite untersucht, um bei einer Außenabdichtung von ca. 50 cm Höhe schädliche Kondensatbildung in der Konstruktion und eine Durchfeuchtung der Fußschwelle zu vermeiden. Dabei musste das Diffusionsverhalten abgeklärt werden. In umfangreichen Laboruntersuchungen wurde die Fragestellung beantwortet, ob der Diffusionsstrom

bei unterschiedlichen innen- und außenseitigen Abdichtungshöhen diffus, linear oder abfallend durch die Außenwandkonstruktion verläuft. Des Weiteren wurde das Rücktrocknungspotenzial im Sockelbereich untersucht.

Die Ergebnisse zur Thematik Diffusionsstrom zeigten, dass dieser bei den gegebenen Randparametern annähernd linear durch die Außenwandkonstruktion verläuft. Dies bedeutet, dass Innen- und Außenabdichtungen gleich hoch auszuführen sind, aus Sicherheitsgründen wird jedoch innen eine um ca. 10 cm höhere empfohlen.

Sowohl die Ergebnisse der Laborversuche, der Simulationsberechnungen und der bisherig durchgeführten Feldversuche zeigten, dass einerseits eine ausreichende Innenabdichtung notwendig ist, andererseits diese nicht zwangsläufig dichter sein muss als die äußere.

Die Untersuchungen zeigten weiters, dass bereits Abdichtungsmaßnahmen auf der Innenseite von s_d -Werten um ca. 7 m ein zusätzliches Anfeuchten der Holzkonstruktion, obwohl als Außenabdichtung sehr dichte Materialien (Hochzug ca. 50 cm; s_d -Wert ≥ 170 m) eingesetzt wurden, verhindern. Dies bedeutet, dass bei trockenem Holz es in Folge von Diffusion zu keinem schädlichen Feuchteintrag kommt. In Bezug auf das Rücktrocknungsverhalten dieser Ausführungsvariante, bei feuchterem Konstruktionsholz (Fußschwellen mit Holzfeuchten von 25 % bis 30 %), musste jedoch festgestellt werden, dass dieses nur als gering zu bezeichnen ist bzw. der Austrocknungsprozess sehr langsam vor sich geht. Dies ist einerseits auf die eingesetzten Materialien und andererseits auf die bauphysikalisch relevanten Klimata im Schwellenbereich zurückzuführen. Die Austrocknung kann mehrere Jahre dauern, folgerichtig ist daher mit einer Schädigung (z.B. Schimmel- und Fäulnisbildung) zu rechnen.

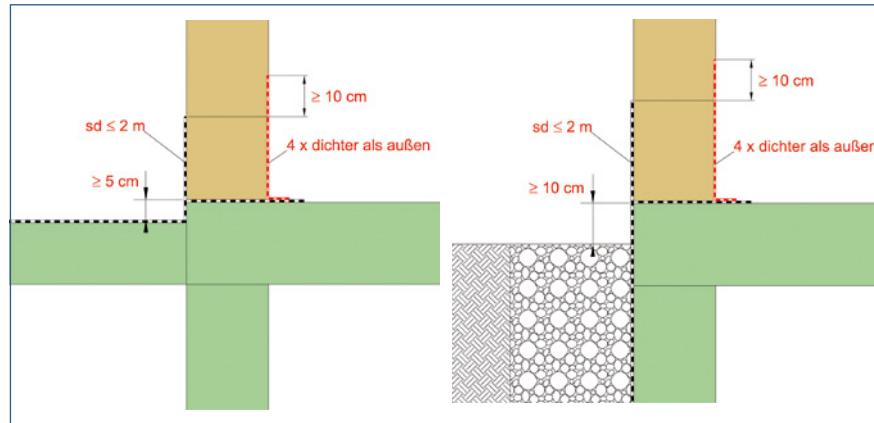
Da ein möglicher Feuchteintrag in die Konstruktion während der Produktion, der Montage und/oder der Nutzung nicht ausgeschlossen werden kann, sollten Konstruktionen mit ausreichendem Austrocknungspotenzial ausgeführt werden. Ein solches wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes lediglich bei diffusionsoffeneren Ausführungen (s_d -Wert von ca. 1,0 m) nach außen hin festgestellt.

Bauphysikalisch stellt die Ausführung mit einer außenseitigen diffusionsoffeneren Abdichtungsfolie (s_d -Wert $\leq 2,0$ m) und ausreichender Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Beschädigung sowie einer mindestens 4x dichteren inneren Dampfbremse (damit ist die Möglichkeit des Verzichts eines chemischen Holzschutzes laut ÖNORM gegeben) eine gute Lösung dar, welche auch über ein gutes Austrocknungspotenzial verfügt.

Im Feldversuch wurde auch festgestellt, dass bereits kleine Leckagen der äußereren Abdichtung, bedingt durch Ausführungsmängel und/oder Alterung, zu Flüssigwassereintrag unter der Schwellenkonstruktion in das Innere des Gebäudes kam. Aus diesem Grund sollte jedenfalls ein geometrischer Höhenunterschied (Stufe) zwischen Kellerdecke bzw. Fundamentplatte und angrenzendem Erdreich von mindestens 10 cm bzw. angrenzender Terrasse von mindestens 5 cm ausgeführt werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse dieses Forschungsprojektes zum Thema Sockelanschluss sind in den nachfolgenden Prinzipskizzen zusammengefasst.

Bild 1:
Grundprinzip des Sockelanschlusses,
siehe Kommentar am Ende des Beitrags [Quelle:
Holzforschung Austria]



Gemäß ÖNORM B 2320: 2005 – Wohnhäuser aus Holz [1] werden hinsichtlich der Anforderungen an den Feuchtigkeitsschutz der Fußschwelle folgende Forderungen gestellt:

Holz darf niemals mit dem Erdreich in Berührung kommen. Wohnhäuser aus Holz sind daher auf geeignete (z. B. gemauerte oder betonierte) Unterbauten zu stellen, sodass unter Berücksichtigung von Geländeform bzw. Lage des Bauplatzes eine Sockelhöhe von mind. 30 cm sichergestellt ist. Dieses Maß darf dann unterschritten werden, wenn besondere technische Vorkehrungen (z. B. wirksame Drainagen, Verblechungen) zum Schutz des Holzes, speziell jedoch für die Schwellenkonstruktion getroffen werden.

Die Fußschwelle darf nicht unter dem Außenniveau eingebaut werden.

Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Lösungsvorschläge stellen solche »besondere[n] technische[n] Vorkehrungen« dar und sind in 12 Leitdetails übersichtlich dargestellt, die auf www.dataholz.com veröffentlicht sind. Hierzu ein Beispiel (Leitdetail 4):

Leitdetail 4:	Niveau abgesenkt mit Gitterrost
Bauweise:	Rahmenbauweise
Fassadentyp:	Putzfassade
Anschluss:	Erdreich
Sockelhöhe:	≥ 150 mm
Schwellenniveau:	≥ 100 mm
Technische Bewertung:	+

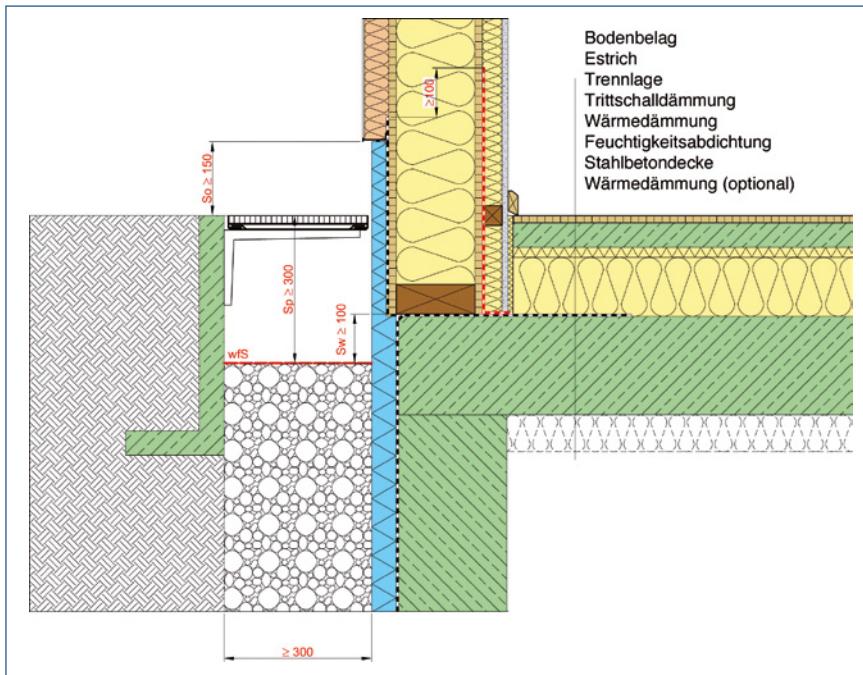


Bild 2:
Niveau abgesenkt mit Gitterrost
[Quelle: Holzforschung Austria]

2 Fenster- und Fensterbankanschluss

Der zweite Teil des Forschungsprojektes behandelt die Thematik Fenster- und Fensterbankanschluss. Aufgrund der Erhöhung des Wärmedämmniveaus aller beteiligten Bauwerkskonstruktionen kommt zwangsläufig auch dem verbindenden Konstruktionsdetail Fensterfuge eine erhöhte Bedeutung zu. Einerseits kommt es durch Konvektion zu zwar kaum messbaren Luft- und Wasserdampfströmungen, andererseits können diese jedoch zu Durchfeuchtungen der Holzkonstruktion führen.

Auch von außen wird an die Fensterfugen eine hohe Anforderung hinsichtlich des Witterungsschutzes gestellt. Eintrittsstellen für Wasser gibt es beim Fensteranschluss viele: z. B. Leibungskanten, -bretter und Fensterbankanschlüsse. Obwohl mittlerweile die verschiedensten Dicht- und Klebebänder zur Schlagregendichtheit verlegt werden und der Markt modernste Fensterbanksysteme anbietet, kommt es zu Feuchteschäden. Darüber hinaus werden Fensterkonstruktionen mit immer geringeren Leibungstiefen bis hin zu flächenbündigen Ausführungen eingebaut. Obwohl diese Ausführungen technisch nicht zu befürworten sind, werden sie aufgrund architektonischer Vorgaben in vermehrtem Maße so hergestellt.

Gesicherte holzbautechnische Lösungen für Fensterfugenkonstruktionen, die sowohl von außen die Anforderungen der Dichtheit (Schlagregen) als auch von innen aus bauphysikalischer Sicht funktionieren, waren das Ziel.

2.1 Fensteranschlussfuge

Die bisher vorhandene Regel der Technik im Bereich des Fenstereinbaus (ÖNORM B 5320: 2006 – Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore in Außenbauteilen [2]) berücksichtigt konstruktive und bauphysikalische Besonderheiten des Holzbaues (z. B.: exakt definierte Fugenbreiten, hoher Vorfertigungsgrad im Werk, hygroskopische Materialien, trockene, diffusionsoffene und luftdichte Bauweise) nur unzureichend. Ziel war es, in Untersuchungen aussagekräftige Ergebnisse bezüglich Diffusions- und Konvektionsverhalten im Fugenanschluss und regendichtem Anschluss des WDVS und der Fensterbank zu erhalten, um die gestellten Anforderungen in der Norm dahingehend zu überarbeiten, dass diese auch für den Holzbau anwendbar sind.

In mehreren Versuchsreihen wurden unterschiedliche Fensteranschlussfugenausführungen im Differenzklima untersucht, wobei der Fugendämm- bzw. -dichtstoff (PU-Schaum, Weichzellenschaum, Mineralwolle), die Innen- und Außenabdichtung (keine, diffusionsoffen, diffusionsdicht) variierten. Die Ergebnisse zeigten hinsichtlich des Diffusionsverhaltens der einzelnen Abdichtungsmaterialien keine Unterschiede, selbst bei bauphysikalisch falscher – z. B. bei außen dichter – Ausführung der Fensteranschlussfuge kam es zu keiner schädlichen Erhöhung der Holzfeuchtigkeit.

Aus den Versuchsergebnissen kann geschlossen werden, dass der Diffusionsstrom innerhalb der Fuge bei Behinderung desselben, z. B. durch dampfdichte Abdichtungsmaßnahme auf der Außenseite über die diffusionsoffenen Materialien seitlich der Fuge (Konstruktionsholz der Wand bzw. Holzfenster

auf der anderen Seite), ausweicht. Ist diese Möglichkeit der Diffusionsoffenheit jedoch nicht gegeben, kann es zu schädlichem Kondensatausfall kommen.

Die Ergebnisse zeigen weiters, dass es selbst bei Fugenausführung ohne innenseitige diffusionsdichte Abklebung zu keiner Überschreitung der maximal erlaubten Holzfeuchte und keinem Kondensatausfall basierend auf Diffusion kommt, unabhängig vom eingesetzten Fugendichtstoff, sofern der Einbau ordnungsgemäß dicht (Fuge vollständig mit Dichtstoff ohne Hohlräume ausgefüllt) ausgeführt war. Sobald die Fuge jedoch undichte Stellen aufweist, kommt es zu Feuchteansammlungen infolge von Konvektion. Da angenommen werden muss, dass der Fenstereinbau auf Baustellen nicht immer wie oben beschrieben ausgeführt wird, ist die Verwendung einer zusätzlichen Abdichtungsmaßnahme zwingend, um einen **luftdichten** Anschluss zu gewährleisten.

Die in der ÖNORM B 5320 [2] gestellte Forderung, dass die »raumseitigen Dichtungsmaterialien einen höheren Diffusionswiderstand als die außenseitigen Dichtungsmaterialien aufweisen« gilt somit nicht für den Holzbau mit diffusionsoffener Bauweise.

2.2 Fensterbankanschluss

Generell hat die äußere Fensterbank die Aufgabe, das ablaufende Oberflächenwasser von Fenster und Fassade kontrolliert abzuleiten. Als Bestandteil der Wetterschutzebene des Fensters sollte sie das Eindringen von Niederschlagswasser in die Konstruktion verhindern. Dazu muss der Anschluss der Fensterbank an das Fenster und an die Leibung des WDVS dicht ausgeführt werden.

Bei den am Markt befindlichen Fensterbanksystemen kommt es immer wieder zu Wassereintritten und folglich zu Feuchteschäden, welche oft aufgrund einer späten Schadensmanifestation gravierend sein können.

Ziel war es in erster Linie die diversen Leckagestellen zu eruieren und zu qualifizieren und in weiterer Folge Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

Es wurden 24 Fensterbankanschlussysteme untersucht, dabei handelte es sich um Standardeinbauten, die sowohl in der Fertighausindustrie als auch im Zimmereigewerbe üblich sind, um Sonderlösungen von Fensterbankkonstruktionen und um Ausführungen mit zweiter Dichtebene.

Im Zuge der sehr umfangreichen Untersuchungen mussten folgende Wassereintrittspforten identifiziert werden:

- Verarbeitungsfehler:

Der Fensterbankanschluss ist geometrisch bedingt anspruchsvoll. Er hat z. B. mittels Dichtbändern, Anputzleisten und /oder Dichtstoffen dauerhaft dicht zum Baukörper angeschlossen zu sein. Dies bedingt eine exakte Verarbeitung aller eingesetzten Materialien. Obwohl im Zuge des Forschungsprojektes äußerst sorgfältig gearbeitet wurde, mussten auch hier immer wieder Verarbeitungsfehler festgestellt werden. Dies betraf insbesondere das unzureichende Komprimieren von Dichtungsbändern, das Nichtvorhandensein von ausreichenden Auflagerflächen für Dichtbänder oder Anputzleisten oder aber auch die Unverträglichkeit einzelner verwendeter Materialien.

Besonderes Augenmerk ist bei der Montage der Endprofile auf eine ausreichende Distanz zwischen Endprofil und Fensterbank hinsichtlich der Aufnahme des temperaturbedingten Längenausgleichs zu legen. In der Regel werden die Endprofile ohne Distanz direkt auf die Fensterbank aufgesteckt bzw. bei den Systemen der fix montierten Endprofile wird ein zu geringer Abstand eingehalten, wodurch es aufgrund der Längenausdehnungen zu Putzabrissfugen kommt.

Bild 2:
Schlecht
eingebautes
vorkomprimiertes
Dichtband
(links zu wenig
komprimiert;
rechts zu straff
um die Ecke
gezogen) im
Bereich der
Leibung [Quelle:
Holzforschung
Austria]



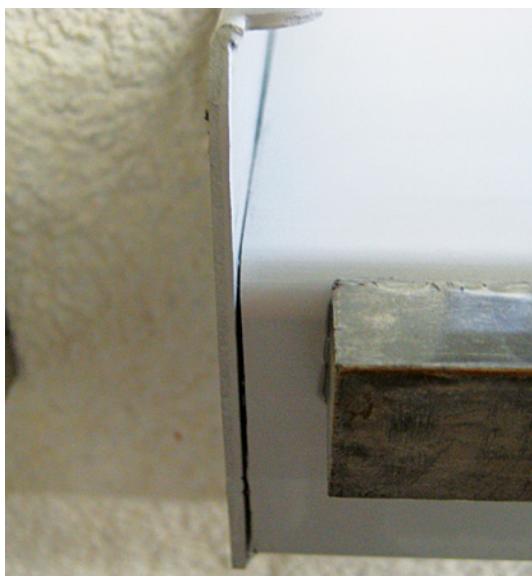


Bild 3:
Zu geringer
Abstand zwischen
Fensterbank und
fix am Fenster
montiertem
Anschlussprofil
[Quelle: Holzfor-
schung Austria]

- Putzabrißfugen:

Aufgrund der Längenausdehnung von etwa +/- 3 mm bei den verwendeten 2 m langen Alu- oder Gussmarmorfensterbänken kam es in den Anschlussbereichen des WDVS immer wieder zu mehr oder weniger massiven Putzabrißfugen. Insbesondere der seitliche Anschluss der Fensterbankanschlüsse zum Putz stellt eine große Herausforderung dar. Die meisten eingesetzten Endabschlüsse sind nicht dazu geeignet die temperaturbedingten Längenausdehnungen der Fensterbank aufzunehmen, sodass sich diese irreversibel in das Putzsystem eindrücken bzw. Putzabrisse verursachen. Auch im oberen Anschlussbereich der Endabschlüsse kommt es zu entsprechenden Bewegungen und einem Auftreten von Scherkräften. Um den Wassereintritt bei Putzabrißfugen zu minimieren ist die Verwendung von vorkomprimierten Dichtbändern oder Anputzprofilen in den Anschlussbereichen obligatorisch.

Eine Vermeidung der Putzabrißfugen ist nur dadurch möglich, dass entsprechende Endprofile entwickelt werden, die auch tatsächlich in der Lage sind, die auftretenden Längenänderungen aufzunehmen.

Die Bewegungen im Anschlussbereich zwischen WDVS und Fenster in der Leibung konnten in der Regel durch die eingesetzten vorkomprimierten Dichtbänder oder Anputzleisten einwandfrei aufgenommen werden.

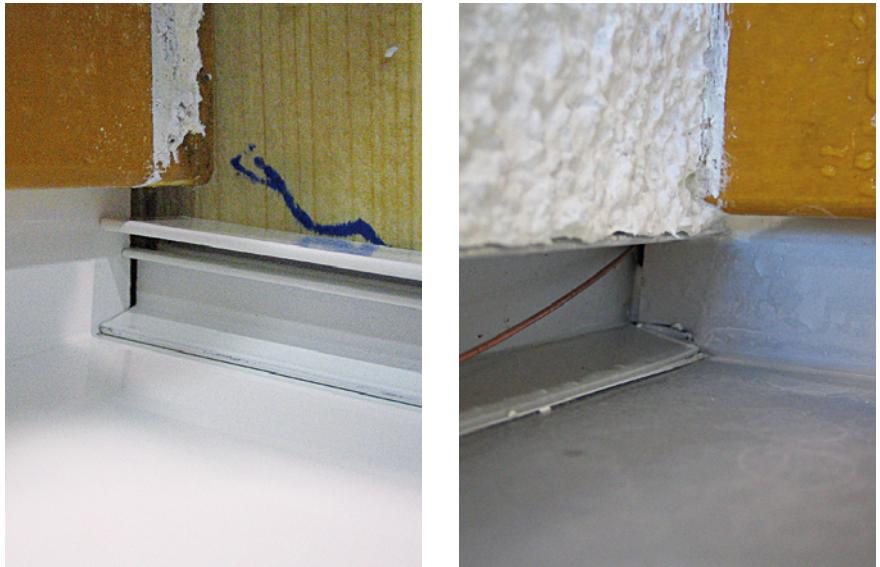
Bild 4:
Putzabrißfugen
im Bereich der
Fensterbankab-
schlüsse [Quelle:
Holzforschung
Austria]



- Fensterbanckecke

Im Anschlussbereich der Endprofile zum Hochzug der Fensterbank selbst kommt es zu einer geometrisch bedingten Fuge (Loch) in der Fensterbank-ecke. Durchgeführte Abdichtungsmaßnahmen sowie systemeigene Dicht-profile zeigen hier relativ wenig Wirksamkeit. Lediglich geschweißte Eckprofile weisen hier eine 100 % ausreichende Dichtheit auf.

Bild 5:
Wassereintritts-
stelle im Bereich
der Fensterbank-
ecke (zweiteilige
Alu-Fensterbank;
Anschluss Fen-
sterbank mit End-
profil) [Quelle:
Holzforschung
Austria]



- Fensterbanknut

Die Fensterbanknut, welche je nach Fensterart unterschiedlich ausgeführt ist und dazu dient die Fensterbank entsprechend in das Fenstersystem einzuhängen, stellt nach wie vor eine wesentliche Wassereintrittspforte dar. Eine geeignete und dauerhafte Abdichtung in diesem Bereich konnte im Zuge des Projektes nicht gefunden werden. Das Verschließen der Nut mittels Dichtmassen und vorkomprimierten Dichtbändern bringt eine Verbesserung und ist grundsätzlich zu empfehlen, ist aber noch weiter zu optimieren.



Bild 6:
Wassereintrittsstelle im Bereich der Fensterbankanschlussnut
[Quelle: Holzforschung Austria]

- Systemfehler

Seitens der Fensterbankhersteller wurden in den letzten Jahren wesentliche Verbesserungen insbesondere im Bereich des seitlichen Endprofilanschlusses durchgeführt. Trotz dieser Optimierungen liegen immer noch Systemfehler insofern vor, als eine gesicherte und kontrollierte Wasserabführung im Bereich der Endprofile nicht einwandfrei gegeben ist.

Obwohl in diesem Projekt keine Fenster mit Vorsatzschalen untersucht wurden, zeigte sich bei anderen Untersuchungen, dass auch Vorsatzschalen ein Potenzial zusätzlicher Wassereintrittspforten bergen. In diesem Bereich sind die Fensterhersteller aufgefordert, entsprechende Optimierungen an ihren Systemen durchzuführen.

Zweiteilige herkömmlich gesteckte Fensterbanksysteme sind durch die Problematik der geometrisch vorgegebenen Fensterbanckecke und der damit verbundenen Fuge sowie des zu starren Verbundes zwischen Endprofil und Fensterbank und dem dadurch nicht gegebenen Längenausgleich gekennzeich-

net. Bei dieser Art des Fensterbanksystems kommt es relativ häufig zu Wassereintritten.

Geschweißte oder werkseitig abgedichtete Fensterbänke und Fensterbänke mit Gleitabschlüssen stellen eine wesentliche Verbesserung der Systeme hinsichtlich des Wassereintritts dar. Unter Vorbehalt einer Verarbeitung gemäß den jeweiligen Produkteinbaurichtlinien, wird der Wassereintritt in diesen Bereichen erheblich reduziert, jedoch leider noch nicht immer vollständig ausgeschlossen.

Fix am Fenster oder an der Wandkonstruktion montierte Endprofile, in welche die Fensterbank zum Bewegungsausgleich mit entsprechenden Randabständen eingelegt wird, stellen eine weitere gute Verbesserungsmöglichkeit dar. Diese Systeme zeigen aber, in Bezug auf einen kontrollierten und gesicherten Wasserablauf, noch ein erhebliches Optimierungspotenzial. Darüber hinaus ist größeres Augenmerk auf eine praxistaugliche Montagemöglichkeit der Systeme zu legen.

Einen weiteren guten Lösungsansatz bieten vierseitig geputzte Fensterleibungen, wobei die Dichtebene im Bereich der Fensterbanknut versetzt ist und es in diesem Bereich immer wieder zu Wassereintritten kommen kann. Die Fensterbank wird bei dieser Konstruktionslösung als erste wasserführende Ebene eingesetzt, die darunterliegende Putzebene als zweite.

Der Idee der zweiten Dichtebene folgend, wurde eine solche direkt in der Fensteröffnung der Holzrahmenwand ausgeführt. Beim Einbau einer zweiten Dichtebene unter der Fensterbank, welche entweder wattenartig an den Fensterstock angeschlossen oder darunter geführt und seitlich mindestens sechs Zentimeter hochgeführt wird, zeigte sich, dass damit eine ausreichend dichte Wanne gebildet werden kann. Diese fängt geringe Wassermengen auf, welche durch unvermeidliche Leckagen unter die Fensterbankkonstruktion gelangen.

In Bezug auf die Ausführung des äußeren, unter der Fensterbank liegenden, Anschlusses zum WDVS kann noch keine abschließende Bewertung erfolgen. Sowohl dicht ausgeführte Fugen, offene Fugen, als auch Fugen, welche mit diffusionsoffenen Bändern geschlossen wurden, zeigten bis dato noch keine wesentlichen Unterschiede. Es kam weder bei den Laborversuchen noch bei den Realbewitterungsversuchen an den Forschungshäusern zu Anfeuchtungen in den Anschlussbereichen oder optischen Putzveränderungen. Trotzdem sollten in diesem Bereich diffusionsoffene oder völlig offene Fugelösungen bevorzugt werden, um einen Wasserablauf nach außen hin zu gewährleisten.

Im Bezug auf das Verhalten der untersuchten Wärmedämmverbundsysteme zeigte sich, dass es bei Ausführungen mit EPS-Platten zu einer Wasserweiterleitung innerhalb der Stoßfugen der Platten gekommen ist. Dies führte teilweise dazu, dass eingedrungenes Wasser über die Stoßfugen bis an die Beplankungswerkstoffe der Holzrahmenwand herangeführt wurde und schlussendlich die Konstruktion in diesem Bereich durchfeuchtete. Horizontale und vertikale Plattenstöße im Bereich der Fensterecken sind deshalb zu vermeiden bzw. auch nicht zulässig. Im Gegensatz dazu saugen Weichfaserdämmplatten das Wasser oberflächlich auf und verteilen es innerhalb der Platten teilweise großflächig, wodurch die Haftzugfestigkeit der Putzschicht negativ beeinflusst wird.

Die Untersuchungsreihen haben auch verdeutlicht, dass eine Bewertung des eingebauten Systems hinsichtlich seiner Regendichtheit per Augenschein nicht möglich ist. Die entwickelte Untersuchungsmethode (Alterungs- und Schlagregendichtheitsprüfung) stellt eine ausgezeichnete Möglichkeit der objektiven und reproduzierbaren Bewertung des Fensterbankanschlusses dar. Mit Hilfe der Methode können sowohl System-, Konstruktions- als auch Verarbeitungsfehler aufgezeigt werden.

Ein gesicherter regendichter Anschluss ist nur mit erheblichen Anstrengungen zu erreichen. Aufbauend auf die Versuchsergebnisse sind vier Forderungen zu stellen:

- Bewusstsein schaffen

Nur wenn sich die Ausführenden bzw. die betroffenen Branchen darüber bewusst sind, wo potenzielle Wassereintrittspforten im Bereich des Fensterbankanschlusses vorliegen, kann zukünftig eine entsprechende Verbesserung erzielt werden. Insbesondere sind auch die wasserführenden Ebenen der Fenster bzw. Fenster mit Vorsatzschalen zu beachten.

- Größtes Augenmerk auf die Verarbeitung legen

Der Fensterbankeinbau stellt ein komplexes System unterschiedlicher Werkstoffe, Geometrien und Verarbeitungsfertigkeiten dar. Ein ausreichend dichter Anschluss verlangt einen äußerst sorgfältigen Einbau und die Einhaltung etwaiger Herstellerangaben und Richtlinien.

- Zweite Dichtebene

Der Lösungsansatz des Einbaus einer zweiten Dichtebene unter der Fensterbank hat sich im Rahmen des Forschungsprojektes bewährt. Aus der Sicht der heute herkömmlich verwendeten Fensterbanksysteme und der üblicherweise vorliegenden Verarbeitungsqualität ist eine zweite Dich-

tebene generell zu empfehlen. Obligatorisch ist sie bei einfach gesteckten Fensterbanksystemen, die systembedingt ein erhöhtes Wassereintrittspotenzial aufweisen.

- Optimierung und Weiterentwicklung

Insbesondere bei den Endprofilen von Fensterbänken ist weiterhin ein Optimierungspotenzial gegeben. Entsprechende Weiterentwicklungen sollten dazu führen, dass sowohl die Bewegungen der Fensterbänke problemlos im Endprofil aufgenommen werden können als auch ein gesicherter und kontrollierter Wasserablauf in demselben gewährleistet ist. Darüber hinaus besteht auch Entwicklungspotenzial im Bereich der Abdichtung der Fensterbanknut sowie bei Fenstervorsatzschalen.

Kommentar

Durch das Absenken des Außenniveaus von mind. 100 mm unter die Kellerdeckenoberkante und einer ausreichenden Rollierung entsteht im Bereich der Bauanschlussfuge Außenwand und Keller keine Gefahr durch Stauwasser. Die Funktion der Wasserabführung muss dauerhaft gewährleistet sein (Wartung 1 x jährlich) und der Gitterrost leicht zu demontieren.

Die Außenabdichtung sollte diffusionsoffen (s_d -Wert $\leq 2 \text{ m}$) und ausreichend widerstandsfähig gegen mechanische Beschädigungen sein. Bauphysikalisch stellt die Ausführung mit einer außenseitigen diffusionsoffenen Dichtfolie und einer mind. 4 x dichteren inneren Dampfbremse eine gute Lösung dar, die auch über ein gutes Austrocknungspotenzial verfügt.

Die Ausführung des WDVS der Außenwandfassade im Spritzwasserbereich (Sp) ist laut den Verarbeitungsrichtlinien der Systemhersteller auszuführen.

Literatur

- [1] ÖNORM B 2320: 2005. Wohnhäuser aus Holz – Technische Anforderungen
- [2] ÖNORM B 5320: 2006. Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore in Außenbauteilen – Grundlage für Planung und Ausführung

Zum Einfluss der Mauersteinart, des Formats und der Fugenausbildung auf den Risswiderstand von Mauerwerk

Einschaliges verputztes Mauerwerk ist eine bewährte Außenwandkonstruktion, das in der Regel alle bauphysikalischen Anforderungen auf Dauer mängelfrei erfüllen kann.

In den letzten Jahren waren vermehrt Mauerwerks- und Putzrisse feststellbar, die u. a. auf Formänderungen aus Temperatur und Kriechen, jedoch vor allem auf Schwindvorgänge im Mauerwerk zurückzuführen sind. Diese Risse vermindern die Funktionsfähigkeit des Putzes als Feuchtigkeitsschutz des Mauerwerks und können damit die wärmedämmende Wirkung des Mauerwerks wesentlich reduzieren.

Diese Mängel treten vorwiegend bei Verwendung von großformatigen Mauersteinen mit höherem Feuchtigkeitsdehnvermögen und hoher wärmedämmender Wirkung auf.

An Porenbetonsteinen, Leichtbetonsteinen, Kalksandsteinen und Leichtziegeln wurde das Verformungsverhalten bei Temperatur- und Feuchtigkeitsänderung untersucht und an rundum eingespannten, verputzten Wandscheiben aus Steinen unterschiedlicher Abmessungen wurde der Risswiderstand bei scharfem Austrocknen überprüft.

Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird berichtet und es werden Vorschläge zur Vermeidung solcher Mängel vorgestellt.

1 Einleitung

Vor mehreren Jahren waren Mauerwerks- und Putzschäden beobachtbar, die u. a. auf Formänderungen aus Temperatur und Kriechen sowie Bauwerksbewegungen, jedoch vor allem auf Schwindvorgänge im Mauerwerk zurückzuführen waren. Hierbei werden häufig erst einige Jahre nach dem Errichten des Mauerwerks horizontale und vertikale Risse sichtbar, die meist im Bereich von Stoß- und Lagerfugen verlaufen und dort Mauerwerk und Putz durchtrennen. Dadurch kann die Tragfähigkeit des Mauerwerks und vor allem aber die Funktion des Außenwandputzes als Feuchtigkeitsschutz des Mauerwerks wesentlich vermindert werden.

Diese Mängel treten vorwiegend bei Verwendung von großformatigen Mauersteinen mit höherem Feuchtigkeitsdehnvermögen auf, die mit zu hohem Feuchtigkeitsgehalt auf die Baustelle geliefert und vermauert werden und/oder auf der Baustelle oder im Mauerwerk über eine längere Zeit ungeschützt den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind.

Bei einem am Otto-Graf-Institut in Stuttgart durchgeföhrten Forschungsvorhaben wurde zunächst das Verformungsverhalten von Mauersteinen im Rand- und Kernbereich bei unterschiedlichen Befeuchtungsarten und Austrocknungsverhältnissen an Porenbetonsteinen aus unterschiedlichen Bindemitteln, an Leichtbetonsteinen aus unterschiedlichen Leichtzuschlägen, an Kalksandsteinen und Ziegeln hoher Wärmedämmung untersucht. Anhand der Ergebnisse wurden für Wandversuche Mauersteine mit höherem Feuchtigkeitsdehnvermögen ausgewählt. Mit diesen Steinen wurden rundum eingespannte Wandscheiben errichtet und verputzt. Bei scharfem Austrocknen wurde die Rissbildung beobachtet und das Austrocknungs- und Verformungsverhalten gemessen.

2 Versuche

Der Einfluss von Mauersteinart und Mauersteinformat sowie der Art des Mauermörtels und der Fugenausbildung auf den Risswiderstand von verputztem Mauerwerk wurde an eingespannten Wänden untersucht, im einzelnen wurden nachstehende Einflüsse erfasst, siehe auch Tabelle 1:

- Feuchtezustand der Mauersteine vor dem Vermauern (Versuchsserie I)
- Bindemittelzusammensetzung bei Porenbeton (Versuchsserie II)
- Ausführung des Mörtelbetts bei Dünnbettmörtel (Versuchsserie III)
- Art des Mauermörtels (Versuchsserie IV)

- Format der Mauersteine (Versuchsserie V)
- Art der Mauersteine (Versuchsserie VI)
- Unterschiedliche Stoßfugenvermörtelung (Versuchsserie VII).

Um den Versuchsaufwand hierfür zu begrenzen, wurden für die Wandversuche durch Vorversuche solche Mauersteine ausgewählt, die ein großes Verformungsvermögen bei Feuchtigkeitsänderungen aufwiesen, in großem und kleinem Format herstellbar sind und mit Normalmörtel, mit und ohne Stoßfugenvermörtelung gemauert, oder mit Dünnbettmörtel verklebt zur Herstellung von Mauerwerk verwendet werden. Diese Vorgaben wurden weitgehend von Porenbetonsteinen P 2 mit höherem Zement- bzw. Kalkanteil als Bindemittel (P 2-Z, P 2-K) und Vollblöcken Vbl 4 aus Leichtbeton aus Naturbims (Vbl 4-NB) erfüllt.

Das Mauerwerk wurde als 3 m lange und 2 m hohe Wandscheibe in einen verformungssteifen Rahmen eingebaut. Dieser Rahmen sollte den Prüfwänden das Verhalten einer raumbeschließenden Wand zwischen einer Fußbodenplatte und einer Deckenplatte sowie zwischen anschließenden Seitenwänden aufzwingen.

Drei Tage nach dem Herstellen der Wandprüfkörper wurde eine Wandfläche mit einem Kalkzementputz – P II b nach DIN 18550 Teil 2 – [2], die andere Wandfläche mit einem Leichtputz mit organischem Zuschlag mit porigem Gefüge – LP II nach DIN 18550 Teil 4 – [2] versehen; unmittelbar danach wurden diese verputzten Wandprüfkörper einem relativ trockenen Klima von 30 °C und 40 % rel. Feuchte ausgesetzt. Diese Versuchswände wurden hinsichtlich einer Rissbildung weitgehend bis zum Erreichen der Ausgleichsfeuchte der Mauersteine beobachtet. Ergänzend wurden die Verformung der Mauersteine und der Putze sowie der Feuchtigkeitsgehalt der Mauersteine in unterschiedlicher Tiefe gemessen.

3 Verformungsverhalten der Mauersteine bei Feuchtigkeitsänderung

Der Feuchtigkeitsgehalt der Mauersteine für die Wandversuche war bei der Anlieferung im Institut nach der Art der Mauersteine, deren Herstellung und Lagerung bis zur Auslieferung unterschiedlich hoch und betrug bei den

Porenbetonsteinen (P 2-Z, P 2-K) etwa 40 Gew.-%
Leichtbetonsteinen (Vbl 4 - NB) etwa 50 Gew.-%.

Aus diesem Grunde war das Schwinden beim Austrocknen der Mauersteine nach Einlieferung im Klima 23 °C und 50 % rel. Feuchte unterschiedlich, es betrug bei den

- Porenbetonsteinen von 0,40 mm/m bis 0,59 mm/m
Leichtbetonsteinen von 0,63 mm/m bis 0,85 mm/m.

Eine Beeinflussung des Schwindens durch die Art der beim Herstellen der Porenbetonsteine verwendeten Bindemittel oder durch die Art der Leichtzuschläge bei den Vollblöcken aus Leichtbeton war nach dem Ergebnis der Vorversuche nicht erkennbar.

Um den Einfluss einer Feuchtlagerung von Mauersteinen, z. B. auf der Baustelle im Freien, auf die Formänderung zu zeigen, wurden Mauersteine nach dem Trocknen bei 60 °C bis zur Gewichtskonstanz in einem Klima bei 20 °C und 95 % relativer Feuchte gelagert. Das Quellen der Mauersteine nahm in den ersten 30 bis 60 Tagen deutlich zu und betrug nach 6-monatiger Feuchtlagerung an den Ansichts- und Lagerflächen bei den

- Porenbetonsteinen von 0,40 mm/m bis 0,48 mm/m
Leichtbetonsteinen von 0,47 mm/m bis 0,50 mm/m.

Der Verformungsunterschied zwischen Außen- und Innenbereich der Mauersteine infolge einseitiger Befeuchtung, z. B. infolge Schlagregenbeanspruchung bei unverputztem Mauerwerk, wurde an ebenfalls getrockneten Mauersteinen untersucht, von denen eine Ansichtsfläche bis zu 24 Stunden rd. 1 cm tief unter Wasser gelagert wurde.

Nach 24-stündiger Wasserlagerung wurde an den Ansichtsflächen eine Verlängerung bei den

- Porenbetonsteinen von 0,24 mm/m bis 0,32 mm/m
Leichtbetonsteinen von 0,28 mm/m bis 0,37 mm/m
gemessen.

Die maximale Differenz zwischen der Verlängerung der Mauersteine an der Ansichtsfläche und der Verlängerung der Mauersteine in innen liegenden Bereichen betrug bei den

- Porenbetonsteinen von 0,17 mm/m bis 0,20 mm/m
Leichtbetonsteinen von 0,24 mm/m bis 0,35 mm/m.

4 Verhalten der Wandprüfkörper

4.1 Feuchtigkeitsgehalt der Mauersteine

Nachdem sich bei dem ersten Versuch (Wand W 0) herausgestellt hatte, dass bei üblichen Feuchtigkeitsgehalten bei den gewählten Versuchsbedingungen keine Risse auftraten, wurden für die weiteren Versuche (Wände W 1 bis W 7) die verwendeten Mauersteine auf einen hohen Feuchtigkeitsgehalt eingestellt.

Versuchsserie, Versuchseinfluss	Wandprüfkörper	Mauersteinart	Format	Mörtelart und Ausführ- ung	Feuchtezustand der Mauersteine im Mittel	Rissbildung	max. Verkürzung am Mauerstein	
							beim 1. Riss	nach 180 Tagen
I Feuchte- zustand	W 0	P 2 - Z	20 DF	Dünnbettmörtel voll- flächig	42	nein	–	0,26
	W 1	P 2 - Z	20 DF	Dünnbettmörtel voll- flächig	51	ja	0,29	0,40
II Bindemittel	W 1	P 2 - Z	20 DF	Dünnbettmörtel voll- flächig	51	ja	0,29	0,40
	W 2	P 2 - K	20 DF	Dünnbettmörtel voll- flächig	50	ja	0,27	0,42
III Ausführung	W 2	P 2 - K	20 DF	Dünnbettmörtel voll- flächig	50	ja	0,27	0,42
	W 3	P 2 - K	20 DF	Dünnbettmörtel nicht vollflächig	52	ja	0,22	0,40
IV Mörtelart	W 2	P 2 - K	20 DF	Dünnbettmörtel voll- flächig	50	ja	0,27	0,42
	W 4	P 2 - K	20 DF	Leichtmörtel mit Stoß- fugenvermörtelung	53	ja	0,28	0,52
V Mauerstein- format	W 4	P 2 - K	20 DF	Leichtmörtel mit Stoß- fugenvermörtelung	53	ja	0,28	0,52
	W 5	P 2 - K	5 DF	Leichtmörtel mit Stoß- fugenvermörtelung	54	ja	0,30	0,42
VI Mauerstein- art	W 4	P 2 - K	20 DF	Leichtmörtel mit Stoß- fugenvermörtelung	53	ja	0,28	0,52
	W 6	Vbl 4 - NB	20 DF	Leichtmörtel mit Stoß- fugenvermörtelung	58	ja	0,21	0,38
VII Stoßfugen- vermörtel- lung	W 6	Vbl 4 - NB	20 DF	Leichtmörtel mit Stoß- fugenvermörtelung	58	ja	0,21	0,38
	W 7	Vbl 4 - NB	20 DF	Leichtmörtel ohne Stoßfugenvermörtelung	56	ja	0,22	0,42

Tabelle 1:
Zusammenstel-
lung der Versuchs-
serien und der
Prüfergebnisse der
Wandprüfkörper

Durch eine Vorlagerung der Mauersteine in einem Feuchtraum wiesen die zum Aufmauern der Wandprüfkörper W 1 bis W 7 verwendeten Porenbetonsteine einen Feuchtigkeitsgehalt von im Mittel 50 bis 54 Gew.-%, die Vollblöcke aus Leichtbeton einen solchen von 56 bis 58 Gew.-% auf, siehe Tabelle 1.

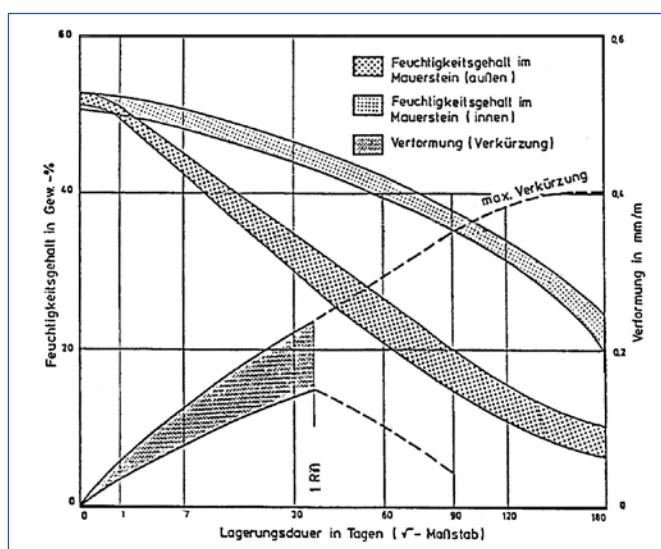
Dieser Feuchtigkeitsgehalt lag z. T. deutlich über dem mittleren Feuchtigkeitsgehalt, der bei der Einlieferung der Mauersteine ermittelt wurde, jedoch wurden bei den Porenbetonsteinen Einzelwerte bis 50 Gew.-% und bei den Leichtbetonsteinen solche bis 60 Gew.-% gemessen, die darauf schließen lassen, dass Mauersteine mit solch hoher Durchfeuchtung auch in der Praxis manchmal auf der Baustelle angeliefert und eingebaut werden können [1].

4.2 Austrocknen der Wandprüfkörper

Unabhängig von der Art der auf die Wandprüfkörper aufgebrachten, rd. 15 mm dicken Putze P II b und LP II trockneten die Mauersteine an beiden Wandseiten etwa gleich schnell aus, wobei die Austrocknungsgeschwindigkeit der Porenbetonsteine und die der Leichtbetonsteine im äußeren Bereich weitgehend gleich groß war, siehe Bilder 1 und 2.

Demgegenüber trockneten die Wandprüfkörper aus den Leichtbetonsteinen im Inneren wesentlich langsamer aus als die aus den Porenbetonsteinen. Dieses langsamere Austrocknen der Leichtbetonsteine dürfte vorwiegend durch die für den Feuchtigkeitstransport maßgebenden kleinen Querstegflächen zu den Außenstegen der Vollblöcke hervorgerufen worden sein.

Bild 1:
Feuchtigkeitsgehalt und Verformung des Wandprüförpers W 1 aus Porenbetonsteinen und Dünnbettmörtel bei Lagerung im Klima 30°C – 40 % rel. Feuchte
[Quelle: MPA Stuttgart, Materialprüfungsanstalt, Universität Stuttgart]



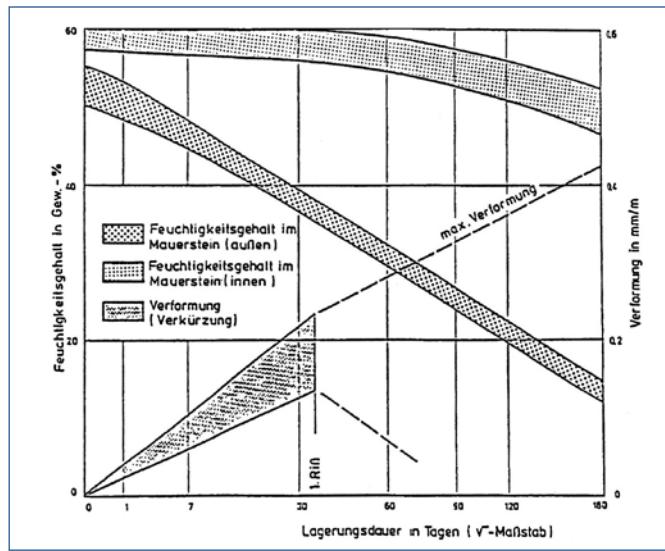


Bild 2:
Feuchtigkeitsgehalt und Verformung der Wandprüfkörper W 6 und W 7 aus Leichtbetonsteinen und Leichtmauermörtel mit und ohne Stoßfugenvermörtelung bei Lagerung im Klima 30 °C – 40 % rel. Feuchte [Quelle: MPA Stuttgart, Materialprüfungsanstalt, Universität Stuttgart]

4.3 Zur Rissbildung der Wandprüfkörper

Bei allen untersuchten Wandprüfkörpern, ausgenommen bei dem Wandprüfkörper W 0, der ohne Feuchtvorlagerung der verwendeten Porenbetonsteine P 2 - Z errichtet worden war, entstand ein vertikaler Riss, der die 3 m langen Prüfkörper weitgehend mittig, meist von oben bis unten durchlaufend durchtrennte. Diese die Wand durchtrennenden Risse waren, wie auch die im Folgenden beschriebenen Risse, an jedem Wandprüfkörper an der mit dem Putz P II b verputzten Wandseite deutlich, an der mit dem Leichtputz LP II verputzten Wandseite nicht sichtbar.

Bei den Wandprüfkörpern W 1 und W 2 aus den Porenbetonplansteinen P 2 - Z und P 2 - K waren dann noch je ein weitgehend horizontal verlaufender Riss entstanden, die im Bereich einer Lagerfuge in den Mauersteinen verliefen und diese bis zu 10 cm Tiefe durchtrennten.

Erst bei den Wandprüfkörpern W 3 und W 4 aus Porenbetonplansteinen P 2 - K mit nicht vollflächig verklebter Stoß- und Lagerfuge oder vermauert mit Leichtmauermörtel LM 21 bildeten sich zusätzlich mehrere Risse im Stoß- und Lagerfugenbereich der Wandscheiben. Diese nur an der mit Putz P II b verputzten Wandseite sichtbaren Risse waren rd. 0,2 bis 0,3 mm weit und verliefen nur bis 10 cm Tiefe.

Die am Mauerstein gemessenen Verkürzungen bewirkten bei geringer Haftung des Mörtels bzw. Klebers an den Stoß- oder Lagerfugenflächen eine Erweiterung der Mauerwerksfuge, wie an einigen Messstrecken, die über den

Stoß- oder Lagerfugen angeordnet waren, nachgewiesen wurde, siehe auch Bilder 1 und 2.

Bei der Wandscheibe W 5 aus den kleinformatigen Porenbetonsteinen P 2 - K, vermauert mit Leichtmauermörtel LM 21, wurden gegenüber der Wandscheibe aus großformatigen Porenbetonsteinen insgesamt weniger Risse festgestellt, die meist nur durch Stoß- und Lagerfugen verliefen.

Bei den beiden Wandprüfkörpern W 6 und W 7 aus Leichtbetonsteinen Vbl 4 - NB, mit Leichtmauermörtel LM 21 mit Stoßfugenvermörtelung und ohne Stoßfugenvermörtelung errichtet, waren neben dem etwa mittig den 3 m langen Wandprüfkörper durchtrennenden Riss zahlreiche Risse in dem Putz P II b aufgetreten, die über Stoß- und Lagerfugen verliefen. Die Anzahl der Risse im Stoßfugenbereich war bei dem Wandprüfkörper W 7 mit unvermörtelter Stoßfuge geringfügig größer als bei dem Wandprüfkörper W 6 mit vermörtelter Stoßfugenausbildung.

Die ersten Risse traten 30 bis 70 Tage nach dem Herstellen der Wandprüfkörper auf, als im Bereich der Messstrecken Verkürzungen von mehr als 0,20 mm/m gemessen wurden, siehe Tabelle 1.

5 Wertung der Versuchsergebnisse

Anhand der Versuchsergebnisse lässt sich folgern:

Mauerwerk weist in der Regel einen hohen Widerstand gegenüber einer Schwindrissbildung auf, wenn das Mauerwerk fachgerecht hergestellt und die Mauersteine vor dem Vermauern einen praxisüblichen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen und/oder im Mauerwerk nur einer üblichen Durchfeuchtung ausgesetzt werden.

Mauersteine können jedoch nach der Art der Herstellung und vor allem bei ungünstiger Lagerung bis zum Vermauern einen sehr hohen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen, der dann zu Schwindrissen im Mauerwerk führen kann.

Werden Wandscheiben aus Porenbeton- oder Leichtbetonsteinen mit sehr hohem Feuchtigkeitsgehalt errichtet und wird die Verformung dieser Wandscheiben behindert, so können die Wand durchtrennende Risse – sog. Spaltrisse – auftreten. Darüber hinaus können noch weitere Risse entstehen, die nur den äußeren Bereich eines Mauerwerks durchtrennen und als Schalenrisse bezeichnet werden.

Während die Spaltrisse meist vertikal über die Höhe des Mauerwerks dieses im Bereich von Stoßfugen und Mauersteinen durchtrennen, verlaufen die Schalenrisse unregelmäßig. Wenn die Haftfestigkeit zwischen den Mauer-

steinen und dem Mörtel größer als die Zugfestigkeit der Mauersteine ist, verlaufen diese Risse durch Steine und Fugen. Wenn die Haftfestigkeit im Fugenbereich kleiner als die Zugfestigkeit der Mauersteine ist oder die Stoßfugen nicht vermörtelt werden, entstehen meist im Bereich von Stoß- und Lagerfugen die Schalenrisse.

Die die Wand durchtrennenden Spaltrisse treten auf, wenn die rissbildende Verformung bzw. Spannung weitgehend den gesamten Wandquerschnitt erfasst hat. Die Schalenrissbildung dürfte durch hohe Verformungs- und Spannungsunterschiede infolge unterschiedlicher Austrocknungsgeschwindigkeit im Außen- und Innenbereich einer Wandscheibe begünstigt werden.

Wie allgemein bekannt, wird die Bildung von Spaltrissen und deren Abstand im Mauerwerk von dessen Einspanngrad, von der Größe der Verformung und der Zugfestigkeit des Mauerwerks maßgebend beeinflusst. Die Gefahr einer Schalenrissbildung steigt nach den hier ermittelten Untersuchungsergebnissen:

- mit zunehmendem Verformungsunterschied zwischen dem Außen- und Innenbereich eines Mauerwerks beim Austrocknen
- mit abnehmender Haftfestigkeit zwischen Fugenmörtel und Mauerstein, insbesondere bei unvermortelter Stoßfugenausbildung
- mit zunehmender Mauersteingröße.

Bei den hier in die Untersuchungen einbezogenen Poren- und Leichtbetonsteinen der Festigkeitsklasse 2 und 4 wurden die ersten Risse sichtbar, als von den an einigen Stellen gemessenen Verkürzungen bis 0,5 mm/m etwa 0,2 mm/m entstanden waren. Danach würde bei diesen Mauersteinen die Rissgefahr im Mauerwerk wesentlich verringert werden, wenn diese erst dann eingebaut werden, wenn die Verformungen infolge Austrocknen der Mauersteine rd. 0,2 mm/m nicht mehr überschreiten.

Dies könnte bei den untersuchten Mauersteinen erreicht werden, wenn diese bei einem maximalen Feuchtigkeitsgehalt eingebaut werden, bei dem bei weiterem Austrocknen dann nur noch ein Nachschwinden $\leq 0,2$ mm/m auftritt. Die Gefahr einer Rissbildung kann jedoch in der Praxis auch bei Einhaltung dieses Nachschwindens noch gegeben sein, wenn neben diesem Nachschwinden danach Spannungen infolge Temperatur- und Bauwerksverformungen auftreten.

Die Gefahr einer Rissbildung durch Verformungen $> 0,2$ mm/m wäre nach den Messergebnissen bei Porenbeton- und Leichtbetonsteinen auch gegeben, wenn eine unverputzte Wand aus normal feuchten Bausteinen von außen, z.B. durch Schlagregeneinwirkung, länger durchnässt wird.

Um die Gefahr einer Rissbildung infolge von Verformungen durch Befeuchten und Austrocknen, z.B. durch Beregnen, zu verringern, sollten Mauersteine entweder vor dem Verputzen, z.B. durch Aufbringen eines Spritzputzes oder durch Abhängen der Wände durch Folien, geschützt werden oder das Mauerwerk muss bis zum Aufbringen eines Putzes ausreichend austrocknen.

Nach dem Ergebnis der Wandprüfungen und der Mauersteinuntersuchungen wurde der Risswiderstand von Mauerwerk durch die Art des Bindemittels bei den Porenbetonsteinen und durch die Art der porigen Zuschläge bei den Leichtbetonsteinen nicht nennenswert beeinflusst.

Bei Wandscheiben aus kleinformatigen Mauersteinen ist die Gefahr einer Rissbildung ebenso gegeben wie bei Wandscheiben aus großformatigen Mauersteinen. Jedoch treten bei Wandscheiben aus kleinformatigen Mauersteinen bei einer Haftzugfestigkeit zwischen Mauerstein und Mauermörtel, die kleiner als die Zugfestigkeit der Steine ist, die Risse mit kleinerer Rissweite an mehreren Stoß- und Lagerfugenflächen auf. Über diesen Rissen ist dann die Gefahr einer Rissbildung in einem Putz weniger groß als bei Rissen in einem Mauerwerk aus großformatigen Mauersteinen.

Die Gefahr des Übertrags der Risse in den Putz kann durch die Verwendung eines geeigneten, auf den Untergrund abgestimmten Putzes verringert werden. Bei den hier durchgeföhrten Versuchen zeigte sich, dass heute Putze auf dem Markt angeboten werden, wie z.B. genormte Leichtputze oder Wärmedämmputzsysteme [1], oder neue Leichtputze [2], die rissüberbrückend wirken und damit ihre Funktionsfähigkeit zum Schutz des Mauerwerks vor Durchfeuchtung behalten.

Literatur

- [1] DIN V 18550, Vornorm, 2005-04
Putz und Putzsysteme – Ausführung
- [2] Zeus, Kurt: Neue Leichtputzgeneration im Vergleich;
Vortrag Nov. 2004 – Industrieverband Werkmörtel e.V., Duisburg

Wärmedämmverbundsysteme – Der Teufel steckt im Detail

1 Entwicklung

Wärmedämmverbundsysteme haben seit ihrer Erfindung in der Mitte der Fünfzigerjahre bis heute eine kometenhafte Entwicklung erfahren. Von damals 3–5 cm verdreifachte sich die Dämmstärke auf heute durchschnittliche 10 cm. Dämmdicken von 20 cm und mehr sind aber bereits heute gelebte Baupraxis. Mit mehr als 800 Mio. m² seit 1976 allein in Deutschland stellen WDVS zwischenzeitlich die am meisten verbreitete Art der Ausführung der äußersten Schicht der Gebäudehülle dar.

Eine Vielzahl von Dämmstoffen, wie Hanf, Schilf, Stroh, Kork, Zellulose, Holz-, Schaf-, Glas- und Mineralwolle, Kokos- und Holzfasern, Glas- und Mineralschaum sowie Blähton kommen zum Einsatz. Mit annähernd 80 % Marktanteil dominiert der Partikelschaumstoff, das expandierte Polystyrol (EPS), den WDVS-Markt. Der weiteren Marktentwicklung in Bezug auf das Volumen und auch auf die Vielfalt von Dämmstoffarten kann man mit Interesse entgegensehen. Die neuesten Innovationen, Resol-Schaumplatten (Ausgangsmaterial: Bakelit) mit einer beachtlichen Wärmeleitzahl von 0,022 sollen derzeitige Dämmdicken halbieren lassen und die preislich am oberen Ende der Preisskala angeordneten Aerogele aus der Nanotechnologie und Vakuumplatten versprechen – zumindest in den bisherigen Ankündigungen – überhaupt Sensationelles.

Wärmedämmverbundsysteme haben jedenfalls ein fixes und zugleich wachsendes Segment im Bauwesen eingenommen.

Ein WDVS dämmt, hüllt Baustoffe, Bauteile und Bauwerke ein, umschließt, schließt ab und an. Um seine dauerhafte Funktion zu gewährleisten, bedarf es zahlreicher Bemühungen der Baustoffindustrie als Systemhersteller insgesamt und aller bauschaffenden Geist- und Handwerker in der Planung und Ausführung. Bereits geringe Fehler in einer dieser bauhierarchischen Ebenen können zu erheblichen Problemen und zu massiven Schäden führen.

2 WDVS-An- und -Abschlüsse

Damit sind nicht nur Sockel und Gesims gemeint, sondern all das, wo ein WDVS anschließt und all das, was bei einem WDVS abschließt, also unten, oben, vorne, hinten, links und rechts. Insbesondere sind das:

- **Anschlüsse zum Untergrund**
Anhaftung, Verklebung, Verdübelung
- **Anschlüsse der Dämmplatten zueinander**
Stoß- und Lagerfugendichtheit, Dämmstoffschwindung
- **Dach- bzw. Attikaanschlüsse**
Erhöhte Dichtheitsanforderung an oberste Dämmplattenreihe
- **Fenster- / Türanschlüsse**
Luftdicht innen, wasserdicht außen
- **Fensterbankanschlüsse**
Hohlraumfrei, dicht, Wasser ableitend
- **Sockelabschlüsse**
Erhöhte Feuchtebelastung
- **Abschlüsse nach unten**
Feuchteschutz, Ungezieferschutz
- **Abschlüsse nach außen**
Hygrothermische Belastungen von Unterputz und Deckputz.

2.1 Profile

Für viele An- und Abschlüsse bietet der Markt ein fast unüberschaubar gewordenes Angebot an Kunststoff- und Metallprofilen. Präzise Detailplanung ist erforderlich. Die Vielzahl erschwert die Wahl, weshalb sich Planer wie Ausführende nicht vorrangig nach dem Preis, sondern vor allem nach der Qualität der technischen Beratung des jeweiligen Profilherstellers und nach den vorgelegten Prüfattesten anerkannter Materialprüfanstalten orientieren sollten.



Bild 1:
Das im Putz liegende Blechanschlussprofil lässt auch thermische Verformungen von Metallbauteilen zu.

3 Anforderungen an Planung und Ausführung

Je höher der energetische Anspruch an das WDVS, desto höher die Anforderungen an Planer und Handwerker. Die zunehmend gewünschten Niedrigenergiehäuser und die Passivhausstandards fordern Planende und Ausführende in besonderem Maße. In Österreich hat man bereits begonnen, die Handwerker in ganz speziellen Ausbildungslehrgängen zu schulen, von extern bestellten Auditoren zu prüfen und danach, befristet auf drei Jahre, offiziell zu zertifizieren.

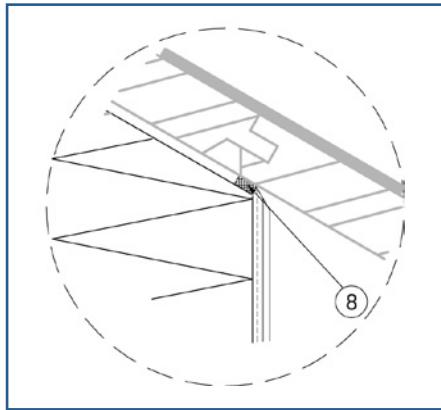
4 Normen, Merkblätter, Leit- und Richtlinien

Regulative überschwemmen den Markt in einer Fülle, dass sie selbst für Experten kaum noch überschaubar sind. Leider ist immer wieder feststellbar, dass die Papiergläubigkeit grenzenlos ist. Dass bei der Anwendung von Normen niemand von der eigenen Verantwortung entbunden ist, lässt sich sogar im Vorwort der DIN-Sammeltaschenbücher nachlesen.

Regulativen bzw. Herstellerrichtlinien sollte stets mit handwerklichem (Besser-)Wissen und mit Hausverstand begegnet werden. Nicht blindlings in die Praxis umsetzen! Beachten: Verfasser solcher Unmöglichkeiten schützen sich perfekt durch juristische Ausnahme-Anmerkungen.

Bild 2:

Nicht ausführbares
Detail aus einem
Regulativ.
Achtung: Aus-
schnitt!



5 Schadenspotenziale

Details der Planung enthalten, gleichermaßen wie die Qualität der Ausführung und die Beschaffenheit und Materialeigenschaften der Systemkomponenten, ein erhebliches Schadenspotenzial. Die Einflüsse von Konstruktion und Architektur dürfen dabei nicht übersehen werden. Dem konstruktiven Witterungsschutz an Fassaden wird man verstärkt Aufmerksamkeit schenken müssen. Bei vorhandenen Regulativen sollten der eigene Hausverstand und vor allem die praktische Erfahrung vor dem uneingeschränkten Vertrauen in das Papier stehen.

6 Aus Schäden anderer lernen

Aus den Fehlern anderer zum eigenen Vorteil zu lernen, ist jedenfalls billiger, als aus eigenen kostenintensiven Schäden Lehren zu ziehen. Der Autor ist seit 30 Jahren im Fachbereich Ausbau und Fassade tätig (zuvor im Hoch- und Tiefbau) und seit 16 Jahren hauptberuflich tätiger Privat- und Gerichtssachverständiger und zeigt anhand zahlreicher Beispiele aus eigenen Gutachten Mängel und Schäden an WDVS-An- und Abschlüssen, die durch Planungs-, Ausführungs- und/oder Materialfehler entstanden sind. Die Beispiele sollen helfen, Mängel- und/oder Schadensquellen rechtzeitig zu erkennen.

Ein WDVS ist eine Zusammenfügung verschiedenster, oftmals unterschiedlichster Stoffe und Materialien, mit ebenso unterschiedlichen Materialeigenschaften.

6.1 Hinweise und Warnungen zu Anschläßen (Mängel, Schäden)

6.1.1 Anschlüsse zum Untergrund – Anhaftung, Verklebung, Verdübelung

Nur-Punkt-Verklebung ist unzulässig. Mit der Randwulst-Punkt-Methode sollten ca. 40 % Klebefläche an Platte und Untergrund erreicht werden. Durchgehende Hohlräume, die z.B. durch die Nur-Punkt-Verklebung oder durch maschinellen Kleberauftrag entstehen können, sind zu vermeiden.



Bild 3:
Unzulässige Nur-Punkt-Verklebung

Der sog. Abreißtest (Bild 4) beantwortet mit höchster Sicherheit die Frage, ob der Untergrund für die Verklebung eines WDVS geeignet ist. Dazu wird eine ca. 60×60 cm große Fläche am vorgesehenen Untergrund mit Klebespatel versehen und ein Textilglasgitter mittig in die mindestens 1 cm dicke aufgetragene Schicht eingebettet. Nach ca. 7 Tagen Trocknungszeit wird das überstehende Gewebe auf einen Stock gerollt und versucht, die Spachtelschicht vom Untergrund abzuziehen. Das Abrissbild zeigt, ob die Fläche tragfähig ist oder entfernt werden muss.

Bild 4:
Abreißprobe



Bild 5:
Abzeichnung der
Dübelköpfe trotz
Rondellen



Die marktgängigen Thermokappen (Rondellen) reichen bei Dämmstoffdicken von 20 cm nicht mehr aus, um die »Fassaden-Masern« zu verhindern (s. Bild 5).

6.1.2 Anschlüsse der Dämmplatten zueinander – Stoß- und Lagerfugendichtheit, Dämmstoffschwindung

WDVS-Dämmplatten sind stets dicht zueinander zu verlegen. Klaffende Lager- und/oder Stoßfugen zeichnen sich später an der Putzoberfläche ab. Die Qualität von Dämmplatten unterscheidet sich nach den Erfahrungen des Autors nicht nur zwischen den Herstellern, sondern auch sehr deutlich zwischen den Ländern. Qualitätsdämmstoffe, perfekt produziert und ordnungsgemäß abgelagert, haben es nicht notwendig, auf Toleranz-Regulative zu pochen.

Durch einfache Schwarz-weiß-Bildbearbeitung eines Streiflichtbildes kommen Merkmale zutage, die beweisen können, ob eine nachträgliche Formveränderung des Dämmstoffes (z.B. Nachschwindung) eingetreten ist.

Fugenabzeichnungen, hervortretende Dübel, etc. sind deutliche Beweise, dass es Anschlussprobleme in der Dämmschicht gibt.



Bild 6:
Fugenabzeichnung und
hervortretende
Dübelköpfe
sind Anzeichen
für Dämmstoff-
schwindung

Durch großflächiges Abnehmen der Deckschicht lassen sich Verarbeitungsfehler nachweisen und durch zeitlich versetztes Vermessen der frei gelegten Stoß- und Lagerfugen (Bild 7 und 8) kann man nachträgliche Schwindverformungen des Dämmstoffs aufzeigen.

Bild 7:

Fugenbreitenvermessung nach Deckschichtabnahme und nach mindestens zwei bis drei Tagen



Bild 8:

Fugenbreite nach
Deckschichtab-
nahme 1,8 mm,
nach zwei Tagen
4 mm



Tipp: Jede Plattenlieferung stichprobenartig kontrollieren und Rückstellproben sichern!

Auch qualifizierte aufgebaute Unterputze, Armierungen und Deckschichten können ungünstigen Längen-Breiten-Verhältnissen, anhaltender, regelmäßig wiederholter Bewitterung, intensiven thermischen Einwirkungen (Sonne aus dem Westen) und Feuchtigkeit bei feuchteempfindlichen Dämmstoffen (z. B. Mineralwolle) nicht immer auf Dauer widerstehen.

Bild 9:

Regen und Sonne
führten zum Ver-
sagen



6.1.3 Dach- bzw. Attikaanschlüsse – erhöhte Dichtheitsanforderung an oberste Dämmpfattenreihe

WDVS haben die Aufgabe, Wärme zu dämmen, können jedoch nicht Konstruktionen dicht machen. Soll ein WDVS an eine Dachuntersicht stumpf anschließen, ist bauseits zu gewährleisten, dass keine feucht-warme Luft aus dem Gebäudeinneren hinter das WDVS gelangt und in der Folge austrocknen kann.



Bild 10:
Ausdampfender
Dachanschluss.
Undichter Untergrund

Bei modernen Konstruktionen besonderer Art (z. B. vorgehängte Steinfassade) sollten alle direkt am Bauteil Tätigen und auch alle angrenzenden Gewerke verantwortlich in die Detailplanung mit einbezogen werden.



Bild 11:
Moderne Gebäudeformen erfordern
besondere Konstruktionsdetails

6.1.4 Fenster-/Türanschlüsse – luftdicht innen, wasserdicht außen

Fassadenbündig eingebaute Bauteile sowie aus der Fassadenfläche herausragende Fensterkonstruktionen bedürfen einer besonders sorgfältigen Detailplanung und sind nach heutigem Stand der Technik nicht abdichtbar.

Bild 12:
Undichter
Anschluss des
fassadenbündigen
Fensterrahmens



6.1.5 Fensterbankanschlüsse – hohlraumfrei, dicht, wasserableitend

Ein »wunder Punkt« im WDVS. Zuerst die Fensterbank, dann das WDVS, oder umgekehrt? Diese in den Regulativen widersprüchlich aufgearbeitete Frage sollten qualifizierte Geist- und Handwerker am Bau einvernehmlich regeln. Dachüberstände und vernünftige Bauzeitpläne sind dafür mit entscheidend.

Bild 13:
Fensterbank in der
Werbung



6.1.6 Abschlüsse nach außen – hygro-thermische Belastungen von Unterputz und Deckputz

KKU-Architektur (**Kantig-Kubisch-Ungeschützt**) benötigt besonders sorgfältige Detailplanungen unter gleichzeitiger Beachtung bauphysikalischer Besonderheiten (Umkehrdiffusion), geeignete wasserresistente Systemkomponenten und eine sorgfältige, dichte Ausführung aller Anschlüsse.



Bild 14:
KKU-Architektur

Kontinuierliche hygrische und thermische Belastung einer Deckschicht reduziert die Zug- bzw. Reißfestigkeit von Geweben nachweislich. Je dunkler der Fassadenfarbton, umso höher ist die Temperatur in der Deckschicht. Hohe Temperatur plus Wasser schädigen Gewebe nachhaltig.



Bild 15:
Gewebeversagen

Durch zeitgeistige Architekturformen zwar in Vergessenheit geraten, aber dennoch ein wesentlicher Faktor bei Fassadenschäden, ist der konstruktive Witterungsschutz (Vordächer, Fassadengliederungen, etc.).



Bild 16:
Wasserbelastung
bereits nach kur-
zem Regen

Mikrobieller Befall muss auch bei KKU-Architektur nicht sein! Wird eine Fassade regelmäßig kontrolliert und werden bereits bei geringen Ansätzen von mikrobiellem Befall Maßnahmen dagegen gesetzt, würden sich Sanierungskosten erheblich reduzieren lassen.

Bild 17:
Architekturformen begünstigen Algenbefall



6.1.7 Abschlüsse nach unten – Feuchteschutz, Ungezieferschutz

Nicht gegen Feuchtigkeit geschützte untere WDVS-Abschlüsse können bei temporär auftretendem, stehenden Wasser (Niederschlag, Gartenbewässerung) ein Hinterwandern der Dämmung durch Wasser mit nachfolgenden Feuchteschäden im Gebäudeinneren bewirken.

Bild 18:
Nicht fachgerechter Abschluss der Dämmung unter vorgehängter Steinfassade



7 Fazit

Wärmedämmverbundsysteme sind »Null-Fehler-Systeme«:

- sie dulden Null Fehler in der Planung,
- sie dulden Null Fehler in der Ausführung,
- und sie dulden Null Fehler bei/in den Materialkomponenten
... und benötigen Hege (Kontrolle) und Pflege!

*»Mein Kuhdung-Mörtel ist
nicht genormt, aber hält gut,
seit es unser Land gibt.«*



*»Mein strohverstärkter
Lehmputz hat zwar
keine Zulassung, hat
sich aber gut bewährt!«*

*»Mein Super-Hightech-
Mörtel ist genormt und
zugelassen ist er auch.
Ob er sich auch bewährt,
werden wir jetzt im
Versuchslabor Baustelle
ausprobieren.«*

*»Lang ist der Weg durch Lehren,
kurz und wirksam durch Beispiele.«*

Seneca, röm. Dichter und Philosoph (4 v. Chr.–65 n. Chr.)

Besondere Putzoberflächen wie Stucco auf Kalk-, Lehm- oder Acrylbasis, Tadelakt

Edelputz-Kalkglätte-Techniken mit farbigem Steinmehl (Stucco Gressani) – Frescotechniken für Wellness und Spa (Fresco Gressani) – fugenlose Glättetechniken auf Sumpfkalkbasis (Marmorino Gressani) – dekorative Oberflächen mit Glattespachteln – fugenlose Spachteltechniken für Böden – gestaltete fugenlose Bodensysteme auf mineralischer Basis.

1 Schadensbilder bei Kalkedelputzen: Stucco Veneziano, Stucco Gressani, Marmorino, Enkausto, Tadelakt

In den letzten Jahren hat die Nachfrage im Bereich der fugenlosen Systeme für die Architektur sehr stark zugenommen. Rückblickend betrachtet entstand die moderne Form dieser Technik in den 80er Jahren durch einen europäischen Anbieter aus der Farben- und Putzindustrie, welcher das historische System aus Italien in ein gebrauchsfertiges System verpackte und vermarktete.

Es wurden anfangs Privaträume und repräsentative Eingangsräume mit dem Stucco Veneziano Fleckspachtel ausgeführt, welcher uns allen reichlich bekannt ist. Nach und nach wurden diese Systeme von anderen Anbietern kopiert, weiterentwickelt und den aktuellen Bedürfnissen der Architektur angepasst. Die Anwender, welche anfangs aus der Dekorationsmalerbranche stammten, wurden mehr und mehr zu dekorativen Verputzern.

In den letzten 10 Jahren wurden diese Systeme im Umfeld von Gipserfachgeschäften als interessante Geschäftsfelder von Marketingstrategen propagiert, ist doch die Spachteltechnik im Ursprung eine Verputztechnik.

So entstand in den letzten Jahren eine Vielzahl von Glättesystemen. Ebenfalls sind die Anwender aus der Maler- sowie aus der Gipserbranche anzutreffen. So hat in der Regel der Maler eine gute Ausbildung in der Farbberatung und im Wissen der Pigmente, der Gipser wiederum hat einen großen Erfahrungsschatz in der Vorbereitung der Untergründe und der Verputztechnik.

Der Anwender von Edelputzsystemen sollte über fundierte Kenntnisse aus beiden Bereichen verfügen. Sind diese Voraussetzungen nicht oder nur teilweise vorhanden, so können Schäden in Form von Rissen, Abplatzungen, Farbtonveränderungen, Feuchtigkeitsschäden etc. auftreten.

Auf diese Schadensbilder möchte ich im folgenden Beitrag näher eingehen und systematisch die Schadenbilder auflisten sowie die Möglichkeiten einer Sanierung oder Reparatur aus meiner Praxiserfahrung anmerken.

2 Vorbemerkung

Grundsätzlich muss festgehalten werden, dass mit einer glänzenden und fugenlosen Wandverkleidung eine natursteinähnliche Oberfläche imitiert werden soll. Dem Kunden muss im Vorfeld vor Augen geführt werden, wie ein Naturstein wirken würde:

- Jeder Naturstein kann Farbtonveränderungen und Risse aufweisen
- Die meisten Natursteine sind anfällig auf Säuren
- Natursteine können zu Ausblühungen im Nassbereich führen
- Bei mangelhafter Montage können Verfärbungen auftreten
- Natursteinflächen erhalten durch ihren Gebrauch eine Patina
- Natursteine können durch Oberflächenimprägnierungen geschützt werden.
- ...

Diese und noch viele Eigenschaften und Eigenarten des Natursteines sind dem Architekten und Bauherren bestens bekannt und werden in der Regel akzeptiert.

Da es sich bei den fugenlosen Glättetechniken chemisch um eine vergleichbare Wandoberfläche handelt, sollte dem Kunden der Vergleich mit einem Stück Carrara-Marmor vor Augen geführt werden.

Neu können die Wandglättetechniken auch mit einer alkali-resistanten Oberflächenversiegelung versehen werden. Dadurch auch im Duschbereich einsetzbar.

3 Ein kurzer Rückblick auf den Ursprung der Kalkglättetechnik

3.1 Woraus besteht Stucco?

Stucco: Historisch

Der Kalkglätteputz – oder Enkausto – besteht aus einer Mischung aus Kalk als Bindemittel, Sand als Füllstoffe, Kalk als Weißpigmente und weitere Zugaben z. B. hydr. trocknende Zuschlagsstoffe, Additive für spezielle Anwendungen. Für die Farbtonbeigabe wurden unter anderem Pulverpigmente, Ziegelschrott oder farbige Marmorpulver oder Marmorsande eingesetzt.

Stucco: Realistisch

Mischung aus Kalk als Bindemittel, Kalk als Weißpigment, synthetische Weißpigmente und Beimischungen als Dekoreffekt sowie Additive für spezielle Anwendungen. Industriell hergestellte Kornmischungen mit Zugabe von Bindemitteln, natürlichen wie künstlichen Ursprungs. Pigmentierung mit feinsten Pigmenten in gebrauchsfähiger Konsistenz. In der Regel werden kaum mehr Pulverpigmente verwendet.

3.2 Untergrund

Untergründe: Historisch

Kalkzement, Trass und hydraulische Zuschlagstoffe von Hand gemischt und angeworfen. Von Hand verdichtet und geklopft.

Untergrund: Realistisch

Gipsglätte, Silo-Grundputz, Gipskarton auf Ständerkonstruktion oder Mischmauerwerk, Gipsfaser- oder Wediplatten oder in den wenigsten Fällen Kalkzement. Isotherm-Platten, Gipskarton mit Styropor oder Styrofoam bei Kellerausbauten.

3.3 Schlussversiegelung

Schlussversiegelung: Historisch

Wachse, Öle, Seifen von Hand gearbeitet. Teilweise im Marienbad erwärmt.

Schlussversiegelung: Realistisch

Acryl-Binder, Wachse auf synthetischer Basis, natürliche Wachse, z. B. Bienenwachs, Seifen aus der Tube aus dem Fertiggebinde.

4 Schadensbilder

Ich möchte die Reihe von Schadensbildern entsprechend ihres Ursprungs strukturieren:

- 1 – Riss in der Fläche, Risse an Übergängen und Abrisse am Anschluss zum Boden
- 2 – Haarrisse in der obersten Schicht
- 3 – Schlaglöcher und mechanische Beschädigungen
- 4 – Abplatzungen
- 5 – Demolierte Kanten
- 6 – Verfärbungen in der Fläche durch äußere Einwirkung
- 7 – Verfärbungen im Randbereich durch Feuchtigkeit
- 8 – Verfärbungen, Ausbleichen
- 9 – Matte Oberflächen, Flecken Glanz-Matt.

4.1 Rissbilder und Abrisse, Systemrisse in der Wandkonstruktion

Durch mangelhafte Untergrundvorbereitung können dynamische Untergründe die Spannungen an den Oberbelag übertragen. Diese Risse sind bekannt und können in der Regel nur durch eine vollflächige Beplankung und einer Entkopplung des Untergrundes gelöst werden. Abrisse im Bereich der Decke und am Übergang zum Boden können aufgrund einer Verbindung der Wandfläche zur Decke oder zum Boden herrühren. Verklebung des ersten Mauersteines am UB führt zum Abriss an der ersten Horizontalfuge.

Ebenfalls kann ein unsauber ausgeführter Trennschnitt an der Decke zu einer Rissüberleitung auf die Stucco-Wand führen. Der Ursprung liegt nicht in der Schlussspachtelung, sondern im Untergrund oder den Details.

4.2 Haarrisse in der obersten Schicht, z. B. Tadelakt

Durch zu große Schichtstärken, zu schnelle Trocknungsvorgänge, durch zu schnelles Aufbringen der nächsten Schichten, Trocknungsgeräte, Heizstrahler etc. wird die Glätte zu schnell getrocknet, wodurch die Carbonatisierung nicht vollständig ablaufen kann. Insbesondere beim Tadelakt sind diese Spannungsrisse ein Markenzeichen und gewollt. Durch das Dickschichtsystem sind die Spannungen in der Oberfläche kaum zu kontrollieren.

PS: Kleinere Haarrisse können wiederum ein Merkmal für den Kalkanteil in der Paste sein und müssten vom Kunden entsprechend akzeptiert werden (Marmorplatte).

4.3 Schlaglöcher und mechanische Beschädigungen

Stucco wird mehr und mehr in stark frequentierten Räumen und Korridoren als Dekor eingesetzt. Gerade im öffentlichen Bereich, Eingangsbereich von Kinos, Restaurants etc. ist die Glättetechnik sehr beliebt. Dabei ist zu beachten, dass die Oberflächen auf Kalkbasis nur bedingt den Rammschutz-Bedingungen dieser Objekte entsprechen.

Ebenfalls können Beschädigungen des Untergrundes (Ständerkonstruktion) größere Schäden verursachen, da die Wertigkeit der Oberfläche weitaus höher ist als die Unterkonstruktion. Das Wandsystem muss die gleiche Wertigkeit von innen nach außen besitzen.

4.4 Abplatzungen der einzelnen Arbeitsschichten

Bei der Verarbeitung von Stucco-Edelpulzen werden feine Schichten in mehreren Arbeitsgängen schichtweise aufgebracht und Nass in Nass komprimiert.

Ein Schadenbild kann die mangelhafte Verbindung der einzelnen Schichten sein, welche zu Abblätterungen führen.

Ebenfalls können im Bereich der Siliconfugen die obersten Stucco-Schichten von der elastischen Fuge abgerissen werden. Aufblättern an den Flanken der Fuge.

4.5 Demolierte Kanten

Eingedrückte und abgeschlagene Kanten infolge Demolierung durch harte Gegenstände. Im Vorfeld wurden zu wenige Abklärungen über den Rammschutz besprochen bzw. es wurden keine Anforderungen definiert.

4.6 Verfärbungen in der Fläche durch äußere Einwirkung

Im Gastronomiebereich liegt der Nikotinbelag auf allen Decken und Wänden. Die aggressiven Beläge führen zu Fleckenbildung. Ebenfalls können Getränke mit einem hohen Zuckeranteil zu klebrigen Spritzern führen. Bier, Sekt etc. führen zur Durchdringung der Versiegelungen.

Im Bereich der Küchenrückwände wird häufig Stucco eingesetzt. Beim Kochen oder beim Braten spritzt heißes Fett aus der Bratpfanne an die Rückwand.

Im Badbereich, Waschbecken in Gästetoilette etc. können Flecken durch Seifenspender sowie scharfe Reiniger entstehen. Ebenfalls können Zitrussäfte in der Küche zu dunklen Spritzern an den Wänden führen.

4.7 Verfärbungen im Randbereich durch Feuchtigkeit

Verfärbungen durch aufsteigende Feuchtigkeit im Randbereich z.B. bei Duschen. Systemprimer bei Silikonfugen können im Randbereich die Fläche verfärben.

Bei Untergrundfeuchtigkeit kommt es im Untergrund zu Salzwanderungen, welche sich an der Oberfläche auskristallisieren.

Ebenfalls sind kunststoffgebundene Dünnenschicht-Spachtelmassen auf permanente Feuchtigkeit anfälliger als Dickschicht-Kalkputzsysteme aus reinem Grubenkalk.

4.8 Verfärbungen durch Ausbleichen der Pigmente

Durch die Auswahl nicht kalchter Pigmente oder nicht lichtechter Pigmente kann im Bereich von Rottönen und Blautönen der Stucco ausbleichen. In der Regel erst sichtbar, wenn Bilder und Mobiliar verschoben werden.

Ebenfalls ist beim Einsatz von Bienenwachs mit Vergilbungen zu rechnen. Die sogenannte Dunkelgilbung kann dazu führen, dass das Wachs bei den abgedeckten Wandpartien gelblich verfärbt. Bei Stucco-Wänden in Weiß- und Grautönen sind diese sehr störend und inakzeptabel. Der Effekt kann durch Lichteinwirkung wieder schwächer werden.

4.9 Matte Oberflächen, Flecken, glänzende und matte Oberflächentexturen

Durch unsachgemäße Reinigung mit Schleifvlies etc. wird die Sinterschicht/ Glätte aufgeraut. Ebenfalls sind diese Flecken durch unregelmäßiges Abpolieren beim Fresco-Spachteln bzw. den unregelmäßigen Druck bei der Spachteltechnik ersichtlich. Bei dunklen Farben wirken diese Stellen meist heller.

5 Sanierungsmöglichkeiten, Vorschläge für Reparaturen

5.1 Rissbilder und Abrisse durch das System

Eine optische Reparatur ist durch Füllen der Haarrisse möglich, dies verlangt jedoch sehr viel Fingerspitzengefühl, ebenfalls sollte der Originalfarbton vorhanden sein, die Oberfläche sollte danach wieder aufpoliert werden können.

In der Regel sind diese Risse beim nächsten Temperaturwechsel wieder sichtbar. Nur eine Sanierung der Wandkonstruktion wird diese Risse dauerhaft beheben können.

5.2 Haarrisse in der obersten Schicht, z. B. Tadelakt

Durch das heterogene Material und die sehr individuelle, nicht systematisierte und nicht standardisierte Arbeitsweise entstehen kunsthandwerkliche Meisterstücke. Diese Techniken müssen dem Kunden in Form von Musterplatten oder Referenzarbeiten aufgezeigt werden.

Ebenfalls verlangt der Umgang mit diesen Oberflächen sehr viel Toleranz und Leidenschaft. Die Langzeiterfahrung dieser Systeme in unseren Klimazonen steht uns noch bevor.

5.3 Schlaglöcher und mechanische Beschädigungen

Im Vorfeld müssen mit dem Bauherrn die möglichen Maßnahmen im Bereich des Rammschutzes besprochen werden. Muss die Fläche insgesamt härter sein, sollte bereits der Untergrund mit einem harten Zementspachtel vollflächig ausgespachtelt werden und das gewählte Stucco-System muss ebenfalls härteren Beanspruchungen gewachsen sein.

Edelstahlprofile können eine gute Lösung sein, falls der Kunde dies akzeptiert. Wenn der Schaden jedoch schon vorhanden ist, können diese Stellen nur mit nachträglichen Kantenschutzprofilen, z. B. aus Edelstahl oder im passenden Farbton, verbessert werden.

5.4 Abplatzungen

Abplatzungen können partiell gefestigt werden. In der Regel sind Reparaturen in der Fläche nicht ohne Farbtonveränderung möglich, so dass die gesamte Wand neu gespachtelt werden muss.

Bei der Überarbeitung von bestehenden, bereits geglätteten Flächen muss vorher der Untergrund nochmals vollständig neu aufgebaut werden. Ursachen können sein, dass der Designer den gewünschten Farbton nicht möchte und eine Farbkorrektur machen will. Meist sind solche Aktionen unter Termindruck zu bewerkstelligen. Es wird mit dem Finishmaterial auf bereits verdichteten und/oder versiegelten Oberflächen gearbeitet.

5.5 Demolierte Kanten

Kanten können in der Regel wieder sauber aufgespachtelt werden. Dazu können auch eingefärbte Füllstoffe und Spachtelmassen eingesetzt werden, falls das Originalmaterial nicht mehr vorhanden ist. In der Regel kann mit dem Original-Stuccomaterial nicht eine Kante neu aufgespachtelt werden. Es muss zuerst mit einem Spachtelputz die Kante aufmodelliert werden und anschlie-

ßend die Oberfläche neu ausgespachtelt werden. Diese Arbeiten sind in der Regel sehr aufwendig. Retuschevarianten mit Füllstoff und Farbe können Abhilfe schaffen, da in einem Arbeitsgang die Kante modelliert werden kann. Dies erfordert viel Erfahrung und Geschick.

5.6 Verfärbungen in der Fläche durch äußere Einwirkung / Küchenrückwände

Stucco ist im Küchenbereich nicht empfehlenswert. Der Kunde muss ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht werden. Auch eine zusätzliche Behandlung mit Wachs kann die heißen Spritzer nicht abhalten. Falls der Kunde bereit ist, diese Mängel zu akzeptieren, ist dies schriftlich bei der Rechnungsstellung zu vermerken.

Wir empfehlen eine Glasplatte als Spritzschutz oder eine fugenlose Wandspachtelung mit abschließender PU-Versiegelung. Ebenfalls sind Siegel auf Acrylbasis im Einsatz.

5.7 Verfärbungen im Randbereich durch Feuchtigkeit

Der Untergrund muss mit zementhaltigen Grundputzen und Zwischenputzen ausgeführt werden, um das Wandern der Salze an die Stucco-Oberfläche zu verhindern. Abschließend kann die Stuccofläche 2- bis 3-mal hydrophobiert werden. Eine abschließende Behandlung mit Spezialwachsen verbessert die Reinigungsfähigkeit der Oberfläche, ist jedoch wieder problematisch bei der Überarbeitung.

Flecken im Randbereich können auch durch falsche Reinigungsmittel entstehen.

Neu zum Einsatz kommen seit drei Jahren fugenlose Wandbeläge mit PU-Siegeln. Falls der Kunde Stucco möchte, muss man im Anschluss zum Boden mit einer Aufbordung des Bodens oder mit Sockelabschüssen aus z.B. acrylgebundenem Mineralwerkstoff arbeiten.

Um das Abreißen der Oberfläche im Fugenbereich der Badewanne, Duschwanne etc. zu verhindern, werden im Unterbau bereits Anschlussprofile versetzt, damit Silikonkitt in die vordefinierte Fuge zwischen Badewanne und Edelstahlflanken des Anschlussprofils eingebaut werden kann und auch nach mehrjährigem Gebrauch wieder schadlos ersetzt werden kann.

Eine regelmäßige Hydrophobierung im Nassbereich ist Pflicht.

5.8 Verfärbungen, Ausbleichen infolge Materialfehler

Ganze Wand ist nochmals neu zu machen evtl. muss die Wand. mit colorierten Wachsen behandeln werden.

5.9 Matte Oberflächen, Flecken glanz-matt

Diese Schäden können durch Polierschleifpapier partiell entfernt werden, sind jedoch ansonsten irreparabel. Solche Schäden liegen im Grenzbereich der Kundenakzeptanz.

6 Empfehlung der Untergründe

Der Untergrund sollte mindestens mit einem zementhaltigen (gipsfreien) Grundputz versehen werden, welcher die Fähigkeit hat, die Feuchtigkeit zu absorbieren. Kalkzementgrundputze sollten als Zwischenputze oder Kalkfeinputze als Zwischenschichten verwendet werden. Darauf sollte mehrmaliges Ausspachteln mit System Marmorino folgen.

Eine Rissarmierung mit Gittergewebe kann auch auf Trockenbauplatten eingesetzt werden. Grundsätzlich ist die massive Wand von der Schwingung der Energien und von der Haptik die richtige Wand für Edelputztechniken.

Der Kunde muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass Schwindrisse entstehen könnten und diese falls möglich vorgängig als ausgebildete Fugen definiert und eingebaut werden müssen.

Beim Aufbau auf Isogipsplatten muss im Sturzbereich mit Rissen gerechnet werden. Saubere Schwedenschnitte bei den Anschläßen Decke/Wand sind eine Voraussetzung.

Da sich die Textur der Untergründe auf die Oberflächen abzeichnet, wird mittels einer Zwischenschicht 0,5 mm auf Kalkbasis die Grundlage für die Textur gelegt.

Bei mangelhafter Untergrundvorbereitung und Störungen im Unterputz werden diese Fehlstellen durch die Verarbeitung von Glättetechniken an die Oberfläche kopiert.

Eine Reparatur ist unmöglich. Zu geringe Schichtstärken des Systems können zu Unregelmäßigkeiten und Glanz-Matt-Stellen führen. Nicht am Material sparen.

In der Unterkonstruktion müssen bereits alle Vorkehrungen für Montagen und Rammschutze eingebaut werden.

Farbtöne können unterschiedlich wirken und müssen vorgängig immer mit einem großen Kundenmuster mind. 50 x 50 bemustert werden. Ebenfalls

sollten nur originale Pigmente vom Hersteller verwendet werden. Kenntnisse über die LE und KE der Pigmente und Rohstoffe werden vorausgesetzt.

Bei den Versiegelungen können verschiedene Systeme eingesetzt werden, welche aus den Systemvorgaben des Anbieters ersichtlich sind. In der Regel setzt der geübte Stuccaiolo aber verschiedene Oberflächen-Versiegelungen ein, weil diese den Stucco entsprechend verändern können und zu den gewünschten Resultaten führen. Teilweise befinden wir uns hier in den Grenzbereichen zum Kunsthandwerk.

Für die Untergrundvorbehandlung bei fugenlosen Wand- und Bodensystemen empfehlen wir zementhaltige Systemplatten für den Nassbereich sowie Abdichtungssysteme auf Basis von PU-Gewebe.

Pflege und Nachbehandlung sowie der »After Sales Service« ist ein grundsätzlicher Erfolgsfaktor, um Schäden bei der Entstehung bereits frühzeitig zu erkennen und die Gegenmaßnahmen einzuleiten.

7 **Schlusswort – Empfehlung**

Stucco ist keine Oberflächengestaltung, sondern ein Wandsystem und ein Gebrauchswert, der gepflegt und gelebt werden muss.

Außenputz in Sockelzonen

1 Geschichte

Das Thema Außenputz in Sockelzonen impliziert Salz- und Feuchtigkeitsprobleme bei Altbauten und historischen Bauten. Bei Neubauten sind standardisierte und normierte Vorgehensweisen Alltag und gebrauchstauglich.

In der Baugeschichte, von heute bis zurück in die Antike, sind die Salz- und Feuchtigkeitsprobleme in der Sockelzone älterer Gebäude ein Thema.

Bereits Vitruv, ca. 80–70 v. Chr.–10 v. Chr., widmete dem Thema ein ganzes Kapitel in seinen »Zehn Büchern über Architektur«, siehe 4. Kapitel im 7. Buch [1].

Vitruvs Schriften sind von den Architekten der Kaiserzeit als Handbuch genutzt worden. Seine Rezepturen beziehen sich vor allem auf dichte Böden in Erdgeschossen und Verputze im Sockelbereich mit zerstoßenen, gebrannten Ziegeln. Auch vorgestellte Wände mit Hinterlüftungen werden von Vitruv detailliert beschrieben:

»Die Hinterseite der vorgestellten Mauern sollten sorgfältig mit Pech bestrichen werden um die Feuchtigkeitsaufnahme der Ziegelmauern zu verhindern.«

Die Texte waren während der Spätantike und im Mittelalter bekannt; eine Kopie aus jener Zeit ist in der Stiftsbibliothek St. Gallen aufbewahrt. Größere Bekanntheit erlangte Vitruv aber in der Renaissance, als die Schriften wieder entdeckt und um 1490 in Rom zum ersten Mal als Buch gedruckt wurden; 1511 erschien in Venedig erstmals eine illustrierte Ausgabe. Die bautechnischen Angaben fanden wieder Verwendung.

Als die Predigerkirche in Zürich 2003 neu verputzt wurde, fanden Archäologen schwarze Verfärbungen an den äußeren Sockelzonen und vermuteten,

dass es sich um Brandspuren von abgebrannten Holzanbauten handeln könnte. Untersuchungen haben dann aber gezeigt, dass es sich um eine Abdichtung mit Asphalt und Ölen handelt.

In einem Baulexikon aus dem Jahr 1881 [2] finden sich Rezepturen und Arbeitshinweise für Asphaltabdichtungen auf feuchten Wänden:

»Um feuchte Mauern zu trocknen und vor ferneren Einflüssen zu schützen, schlägt man den alten Putz herunter, kehrt u. bürstet sie sorgfältig ab u. trocknet sie mittels eines Kohlenbeckens; nachher überzieht man sie mit einer Schicht A. Die erste Lage dieser Schicht muss mit einer Kelle sorgfältig eingedrückt werden, um alle Vertiefungen auszufüllen. Die zweite Schicht wird alsdann sorgfältig geebnet. Hierbei darf man den A. nicht dünnflüssig anwenden, und alle Mauern, die nach Mittag liegen, müssen mit Kalkfarbe geweisst werden. Man zerstampft den A. in kleine Stücke, schmilzt ihn in freier Luft bei mässiger Wärme in einem Topf aus Gusseisen, indem man ihn gelind mit einem eisernen Spatel umröhrt, u. setzt ungefähr $\frac{3}{4}$ seines Gewichts trocknendes Leinöl zu. Wenn man ihn vom Feuer nimmt, giesst man $\frac{1}{4}$ seines Gewichts Terpentinöl zu, röhrt von neuem um und kann sofort zum Anstrich schreiten. Beim Schmelzen des A.s sind Steinkohlen besser als Holz, weil die Flamme des letzteren leicht zu hoch steigt und den A. entzündet. Die Oberfläche erwärmt und trocknet man mit einem sogenannten Vergolderofen (s. o.), den man mit glühenden Kohlen füllt und über die Oberfläche der Wände und des Holzwerks bewegt. Wände, die schon einen Anstrich erhalten haben, müssen abgekratzt werden, damit der A. unmittelbar darauf haften und ins Innere derselben eindringen können.«

Das Streben nach Abdichtung von feuchten und salzbelasteten Wänden begleitet uns bautechnisch kontinuierlich.

Im Laufe der Geschichte wurden die verschiedensten Techniken angewandt, um das Feuchtigkeitsproblem zu lösen, und immer wieder wurden Varianten vorgestellt, die allumfassend funktionstauglich sein sollen:

- Horizontalsperren wurden eingebaut.
- Sperrputze wurden außen und wenig später oft auch innen appliziert.
- Hydrophob ausgerüstete Sanierputze wurden eingesetzt.
- Maueraustrocknungen mittels Elektroosmose und anderen elektrophysikalischen Methoden.
- Die Mauersockel wurden beheizt, um die Austrocknung zu gewährleisten.

Diese Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2 Baupraxis

Wenn heute in der Baupraxis feuchte Kellerräume oder feuchte Sockelpartien angetroffen werden, sind im Baugewerbe die Sanierputzreflexe programmiert. Der Sanierputz als Allheilmittel für Mauerdurchfeuchtungen?

Aus Technischen Merkblättern [3] zitierte Ausschnitte:

Sanierputz nach WTA für salzbelastete Untergründe im Innen- und im Außenbereich:

- Vorarbeiten
- Das Mauerwerk muss vorgängig auf Feuchtigkeit und Salzgehalt untersucht werden. Gegen Staunässe, aufsteigende Feuchtigkeit und andere Quellen der Durchnässtung sind vorgängig geeignete Vorkehrungen zu treffen.

Anpreisung der Funktionstauglichkeit eines Austrocknungspulzes:

- zur dauerhaften Sanierung von feuchtem, salzgeschädigtem Mauerwerk oder anderer mineralischer Bausubstanz
- ohne begleitende Maßnahmen als Außen- wie Innensanierputz gleichermaßen wirksam
- vorhandene Salze können nicht einwandern und ausblühen
- Luftporen bleiben sauber und funktionsfähig
- unbegrenzte Entfeuchtungswirkung.

Einschränkungen:

- eignet sich nicht für sperrende Maßnahmen
- Druck- und Sickerwasser muss vorgängig abgedämmt werden.

Um welche Wässer kann es sich denn handeln, gegen die spezielle Putze angetragen werden sollen?

Die Wirkung und Auswirkung von hydrophoben Sanierputzen

Die Sanierputze, die angetragen werden, verfügen über ein hohes Porenvolumen und dieses Porenvolume soll die kristallisierenden Salze aufnehmen und die damit verbundene Volumenvergrößerung und die Druckentwicklungen im Porenvolume abbauen.

Sanierputze sind hydrophob ausgerüstet und mit einem hohen Anteil an hydraulischen Bindemitteln ausgerüstet, meist mit Zement rezeptiert. Die Austrocknung soll über die hohe Dampfdiffusion gewährleistet werden. Auf-

grund der bauphysikalischen Eigenschaften der Sanierputze kann Kapillarwasser nur sehr beschränkt in das Sanierputzsystem eindringen und dieser Kapillarwasserstau, wenn nicht gar von einer Sperre gesprochen werden kann, verursacht eine Auffeuchtung des hinter dem Sanierputz liegenden Verputzes und des Mauerwerks. Flüssiges Wasser transportiert Salzionen, Wasserdampf lässt sämtliche Salze in der Verdunstungszone in kristalliner Form zurück.

Wohl ist das Sanierverputzsystem für Wasserdampf diffusionsoffen, jedoch für flüssiges Wasser von außen und innen reduziert diffusionsoffen bis undurchlässig. Werden Kapillarwässer aus Mauerfuß, Mauerfundamentflanke oder Kondensfeuchtigkeit aus falsch belüfteten Kellern in die Sockelzone transportiert, ist der Kapillarwassernachschub im Verhältnis zum Austrocknungspotenzial durch die Sanierputze insbesondere in den sonnenabgewendeten Expositionen und in der Winter- oder den Übergangszeiten derart viel größer, dass zwingend eine höhere Sockelzone durchfeuchtet wird. Dieses Höhersteigen des Kapillarwassers hinter dem Sanierputz kann Balkenköpfe, Sandsteingewände oder über dem Sanierputz liegende Verputzflächen erreichen.

Bild 1:
Verfärbungen und
Verputzabplat-
zungen über
hydrophobiertem
Sockelputz



Da die Verdunstungszone mit der Schadenzone identisch ist, werden durch solche gut gemeinten Interventionen oft keine Probleme gelöst, sondern erst recht welche geschaffen.



Bild 2:
Farb- und Verputz-
abplatzungen,
dunkler Grund-
putz mit feinem,
weißem Deckputz,
substanzialer
Schaden gering,
ästhetische Beein-
trächtigung groß

Sockelschäden, als Opferputze rezeptiert, sind terrainnah und mittelfristig erkennbar sowie reparabel.

Sockelschäden mit Sanierputzen sind höher über Terrain und mittelfristig nicht erkennbar, jedoch mit nachhaltigem Schadenpotenzial für Sandsteine, Balkenköpfe, Schwellenbalken usw.



Bild 3:
Verdunstungszone
durch Hydropho-
bierungen auf
+/- 2 m erhöht

Die Überlegungen, wie Wasser vom Mauerwerk ferngehalten werden kann, waren immer schon Bestandteil der Regeln der Baukunst.

Die Bauchemie und deren Produkte, die darauf abzielen, die Feuchtigkeit mittels hydrophober Interventionen von der historischen Bausubstanz fernzuhalten, lassen gerne vergessen, dass Wasser, das trotz allem in das Mauerwerk gelangen kann, möglichst schnell austrocknen müssen.

Dies ist aber nur erschwert und verzögert der Fall, da hydrophobe Interventionen keine Einbahnstraßen darstellen, sondern beidseitig identisch wirken und die Hinterfeuchtungen langfristig zu Schäden führen können, die nicht nur oberflächlich mit einem einfachen Unterhalt instand zu stellen sind.

Bild 4:

Verdunstungszone über dichtem Sockel



Wann immer mit Wasser abweisenden Interventionen an der Hüllenaußenseite gearbeitet wird, muss bedacht werden, dass, wenn Wasser eindringt, und dies ist an historischer Bausubstanz mannigfaltig möglich, es auch wieder in kürzester Frist verdunsten kann.

Wird das Augenmerk einseitig darauf gerichtet, dass kein Wasser von außen in die Bauhülle eindringen kann, wird der Notwendigkeit der Austrocknung zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Lösung zur Feuchtigkeitssanierung gibt es nicht, sondern es sind immer objektspezifische Eckdaten, die berücksichtigt werden müssen und die Intervention sollte objektspezifisch geplant und ausgeführt werden.



Bild 5:
Konzentrierte
Schäden über
saniertem Bereich



Bild 6:
Aufgebaute
Verdunstungs-
horizonte unter
hydrophoben
Anstrichstoffen

3 Opferputze

Opferputzen kommt in Bezug zu historischer Bausubstanz eine spezielle Bedeutung zu. Bei Restaurierungen und Instandsetzungen historischer Bausubstanz sollte die Möglichkeit eines Opferputzes in Evaluationsverfahren für die Intervention mit einbezogen werden.

Da es keine allgemein verbindliche Terminologie zu Opferputzen gibt, ist es am verständlichsten, wenn von Sollbruchstellen gesprochen wird. Das heißt, dass die Feuchtigkeit möglichst nahe dem Terrain verdunsten kann und damit die Salze aus dem Fundament auskristallisieren. Die Salzkristallisationsdrücke reduzieren den Sockelverputz kontinuierlich von außen nach innen. Der Opferputz ist durchgefärbt, was auch bei substanzlicher Reduktion der Oberfläche von einigen mm nicht zu einer unverträglichen, visuellen Beeinträchtigung führt.

Nicht, dass Opferputze alle Probleme lösen könnten, nein, dies bestimmt nicht, als Variante sollten sie jedoch, bevor zu irreversiblen Interventionen gegriffen wird, geprüft werden.

Folgende begleitende Maßnahmen sollten beachtet werden:

- Lüftungen im Keller einrichten, um die Durchfeuchtungen der Wände zu vermeiden
- Der Sockelzone entlang keine Pflanzenrabatten anlegen, die immer gedüngt und bewässert werden.
- Wegleiten von Meteorwasser der Dachentwässerung und der Terrainentwässerung
- Anlegen von Sickerpackungen, die mit einem Geotex eingeschlagen werden usw.

Opferputze, die als Naturputze im problematischen Bereich der salz- und feuchtigkeitsbelasteten Sockelzone eingebaut werden, sollten durchgefärbt sein und grob abgezogen werden. Sie sollten nicht gestrichen werden. Falls nicht auf einen Anstrich verzichtet wird, sollte ein farbidentischer, rein mineralischer Anstrich aufgebracht werden.

Opferputz: Werden durch Salzkristallisationsdrücke Schichten an der Oberfläche abgesprengt, so folgt auf einen weißen, abplatzenden Anstrich nicht ein dunkelgrauer Verputz, der als Schaden wahrgenommen wird.

Reduziert sich ein solcher Opferputz von außen nach innen, sind die Abrasionen und die visuelle Beeinträchtigung minimal.

Die Steighöhe der Feuchtigkeit kann gering gehalten werden und wird eine Intervention notwendig, kann der Sockelputz wieder durchgefärbt und ohne Beschichtung angetragen werden.

Salzmessung

Salzkonzentrationen im Mauerwerk und in Verputzen sind in gelöster wie in kristalliner Form grundsätzlich nicht schädlich. Da die Salze jedoch bei jeder Durchnässung in Lösung gehen und mit dem Wasser in der Mauer kapillar wandern, werden die Salzkontaminationen großflächig verteilt.

Die eigentlichen Salzschäden entstehen einerseits durch die sogenannten Kristallisatordrücke, die während der witterungsbedingten Trocknungsphasen entstehen, wenn die Salzlösung auskristallisiert, andererseits kommt es bei Umkristallisationen unter Wasseraufnahme zu Volumenvergrößerungen. Diese beiden Raum beanspruchenden Prozesse führen langsam zur Zerstörung all jener Zonen, die salzbelastet sind.

Probe		Lösung			Chloride				Nitratre				Sulfate						
Bezeichnung der Probe		pH-Wert	Probemenge [g]	Lösung in H ₂ O [ml]	Verdünnungsfaktor [-]	Salznachweis [mg/l]	in Promillen der Bausubstanz	in mmol/kg Bausubstanz	Belastungsstufe	Verdünnungsfaktor [-]	Salznachweis [mg/l]	in Promillen der Bausubstanz	in mmol/kg Bausubstanz	Belastungsstufe	Verdünnungsfaktor [-]	Salznachweis [mg/l]	in Promillen der Bausubstanz	in mmol/kg Bausubstanz	Belastungsstufe
1	DP/N	7,0	12,50	25	10	42	0,84	24,0	3	10	500	10,00	161,3	5	10	140	2,80	29,2	4
2	Ost	6,5	12,50	25	10	20	0,40	11,4	3	10	100	2,00	32,3	4	10	80	1,60	16,7	3
3	15 cm	7,0	12,50	25	10	17	0,34	9,7	3	10	100	2,00	32,3	4	10	25	0,50	5,2	2
4	GP/N	7,0	12,50	25	10	32	0,64	18,3	3	10	250	5,00	80,6	5	10	140	2,80	29,2	4

Interventionsempfehlung

Variante

- Kontrollieren der vorhandenen Wasserführung und Instandsetzung
- eventuell mit einer Kiespackung optimieren
- durchgefärben Opferputz aufbringen
- im Sockelbereich mit Tuffsteinen versetzt (Kalkputz mit wenigen hydraulischen und latent hydraulischen Zusätzen), um die Kapillarwirkung zu

Tabelle 1:
Quantitative und qualitative Analyse, BWS Labor AG, Belastungsstufen nach Dr.-Ing. C. Arendt, IGS München

-
- vermindern und den vorhandenen Salzen genügend Platz zur Kristallisation zu lassen, dies minimiert die Kristallisierungsdrücke
- eventuell Überarbeitung mit einer reinen Kalkfarbe.

Richtrezeptur eines Opferputzes als Sockelputz:

½ VT NHL 5
1 VT Sumpfkalk pastös
2 VT Tuffsand 3 mm gerichtetes Korn
2 VT Sand 0–4 mm
+/- nach Bedarf Pigmente zum Einfärben.

Literatur

- [1] Vitruv, auch: Vitruvius Maximus, Zehn Bücher über Architektur, 7. Buch, 4. Kapitel, 1. Jhd. v. Chr.
- [2] Mothes, Oscar, Baulexikon, Band I, Leipzig und Berlin, Verlag und Druck Otto Spamer, 1881.
Wiederauflage/Nachdruck: Manuscriptum Verlagsbuchhandlung, Walsdorf und Leipzig, 1998
- [3] Sanierputzsysteme, WTA-Merkblatt 2-9-04-D, WTA; deutsche Fassung vom 24.10.2005, Hrsg. WTA, München

Putze und Beschichtungen auf Gipsbauplatten

Verfärbungen – Fugenabzeichnungen

1 Merkblätter

Zur Beschichtung von Gipsplatten sind insbesondere drei Merkblätter von Bedeutung:

- BFS-Merkblatt Nr. 12, »Oberflächenbehandlung von Gipsplatten (Gipskartonplatten) und Gipsfaserplatten« [1]
- Merkblatt Nr. 6, »Vorbehandlung von Trockenbauflächen aus Gipsplatten zur weitergehenden Oberflächenbeschichtung bzw. -bekleidung« [2]
- Merkblatt Nr. 2, »Verspachtelung von Gipsplatten – Oberflächengüten« [3].

Das **BFS-Merkblatt Nr. 12** [1] gibt Hinweise über:

- die Anforderungen an den Untergrund bzw. die Oberfläche von Gipsplatten
- Prüfungen auf Mängel
- Vorbereitung, Grundierung sowie Beschichtungs- und Tapezierarbeiten bei Gipsplatten.

Ein Merkblatt »Vorbehandlung von Trockenbauflächen aus Gipsplatten zur weitergehenden Oberflächenbeschichtung bzw. -bekleidung« [2] ist im Jahr 2006 erschienen. Dieses Merkblatt behandelt speziell die Untergrundprüfung und die fachgerechte Grundierung von verspachtelten Gipsplatten für Beschichtungen und Bekleidungen (Tapezierungen).

Die Untergrundprüfung bezieht sich ausschließlich auf baustellengerechte Prüfmethoden zur Erkennung von möglichen Schäden am Untergrund. Das eigentliche Kernstück dieses Merkblattes sind Grundsätze und Ausführungs-empfehlungen für die Grundierung von Gipsplatten.

2 Grundierung – Eigenschaften, Aufgaben, Verarbeitung

Bei Gipsplatten ist, unabhängig von der weiteren Behandlung, eine Grundierung zwingend erforderlich. Geeignet sind grundsätzlich wässrige oder lösemittelbasierte Grundiermittel, transparent oder pigmentiert.

Aus Gründen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes werden in der Regel wässrige Grundiermittel verwendet.

Bild 1:
Grundierung,
transparent



Mit der Grundierung soll zweckmäßigerweise eine Angleichung der Saugfähigkeit zwischen Gipsplattenoberfläche und Spachtelschicht erreicht werden.

Bei nachfolgenden Tapezierungen übernimmt die Grundierung den Feuchteschutz, damit nach Entfernung der Tapete der Karton der Gipsplatte möglichst nicht durch Wassereinwirkung geschädigt wird.

Transparente Grundiermittel dürfen nach der Trocknung keinen glänzenden Film bilden, da sonst nachfolgende Beschichtungen in ihrer Haftfähigkeit beeinträchtigt sind.

Als vorteilhaft hat sich die Anwendung von pigmentierten Grundiermitteln erwiesen, da außer der Egalisierung der Saugfähigkeit auch eine farbliche Angleichung zwischen Gipsplatte und Spachtelschicht erreicht wird.



Bild 2:
Grundierung,
pigmentiert

Die Verarbeitung von Grundiermitteln kann im Streich-, Roll- oder Spritzauftrag erfolgen. Dabei sind die Herstellervorschriften, insbesondere bezüglich der Verdünnung, zu beachten.

Wasserverdünnbare Grundiermittel enthalten spezielle Dispersionsmittel als Bindemittel mit besonderen Hafteigenschaften und erhöhter Wasserfestigkeit. Aus diesem Grund erfüllt ein Zusatz von Grundiermitteln in Dispersionsfarben nicht die geforderten Eigenschaften und gilt nicht als Grundierung.

Zur Erkennung der Streichspur ist ein Zusatz von bis zu ca. 5 % Dispersionsfarbe in transparenten Grundiermitteln zulässig.

3 Beschichtung

Zur Beschichtung von Gipsplatten sind sowohl Strukturputze als auch Anstriche geeignet.

Insbesondere bei der Anwendung von Anstrichen empfiehlt sich eine pigmentierte Grundierung, da bereits mit dem Grundanstrich eine farbliche Angleichung des Untergrundes erzielt wird.

Bei der Anwendung von Strukturputzen ist zu beachten, dass aufgrund der hohen Auftragsmenge die Beschichtung eine sehr lange Offenzeitzzeit aufweist. Dies führt wegen der langen Einwirkzeit der Feuchtigkeit häufig zu Verfärbungen durch Auswanderungen aus dem Karton der Gipsplatte.

3.1 Anstriche

Wasser	
Grundierung, transparent 100 ml/m ²	= 90 g
Zwischenbeschichtung, Dispersionsfarbe 150 ml/m ²	= 60 g
Schlussbeschichtung, Dispersionsfarbe 150 ml/m ²	= 60 g
	<hr/>
	210 g
Grundierung, pigmentiert 150 ml/m ²	= 60 g
Schlussbeschichtung, Dispersionsfarbe 150 ml/m ²	= 60 g
	<hr/>
	120 g

Schichtdicke: ca. 200 µm

Trocknung: schnell.

3.2 Strukturputze

Putzgrund/Streichputz 400 g/m ²	= 140 g
Strukturputz 3 kg/m ²	= 600 g
	<hr/>
	740 g

Schichtdicke: ca. 3 mm

Trocknung: sehr langsam, lange Wassereinwirkung, Gefahr von Verfärbungen.

4 Schadensfälle

Bei Beschichtungen von Gipsplatten treten in einigen Fällen folgende Beanstandungen auf:

- Verfärbungen
- Fugenabzeichnungen.

4.1 Verfärbungen

Mit Verfärbungen ist immer zu rechnen, wenn die Kartonoberfläche der Gipsplatte einer UV-Belastung ausgesetzt war.

Selbst UV-Strahlen, die durch Fenster in einen Raum eindringen, reichen aus, um bräunlich-gelbliche Verfärbungen des Kartons hervorzurufen.

Das BFS-Merkblatt Nr. 12 beschreibt eine Prüfmethode zur Erkennung von Vergilbungen.

Es wird ein Wassertropfen auf den Karton aufgetragen.



Bild 3:
Wassertropfen auf
Gipsplatte

Wenn sich nach der Trocknung ein Wasserrand bildet, besteht die Gefahr von Verfärbungen.

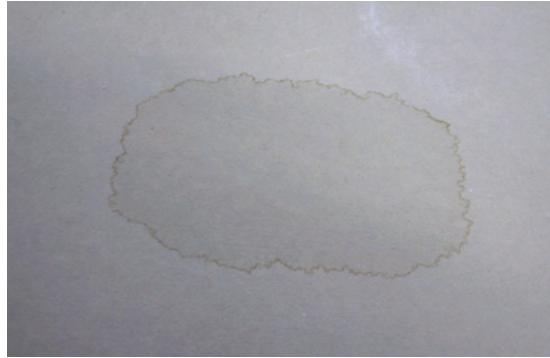
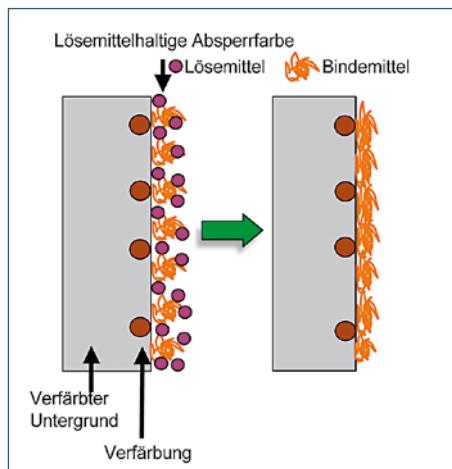


Bild 4:
Wasserrand nach
Trocknung

Tritt bei dieser Prüfung ein Wasserrand auf, ist ein absperrender Grundanstrich erforderlich.

Bewährt haben sich hierfür entweder lösemittelhaltige Innenfarben, hochgebundene Absperrbeschichtungen oder Produkte mit Kationentechnologie.

Bild 5:
Lösemittelhaltige
Absperrfarbe



Vorteile:

- Verunreinigungen werden nicht angelöst
- Für Verschmutzung undurchlässiger Film durch Verwendung von Polymerisatharz oder langölige Alkyden
- Absperrung mit einer Beschichtung möglich.

Nachteile:

- Trend zu lösemittelfreien Produkten
- Durch zu starke Feuchtebelastung können die Verunreinigungen erneut herausgelöst werden.

Bei der Anwendung von Innenfarben reicht meist eine einfache Absperrbeschichtung, da diese dünne Beschichtung innerhalb kurzer Zeit getrocknet ist.

Strukturputze mit einer Auftragsmenge von ca. $3 \text{ kg}/\text{m}^2$ trocknen sehr langsam, so dass das Wasser sehr lange einwirkt und die Ligninstoffe verstärkt zum Ausbluten neigen.

Aus diesem Grund sollte bei Anwendung von Strukturputzen die Absperrung besonders sorgfältig durchgeführt werden, gegebenenfalls mit zweifachem Auftrag der Absperrbeschichtung.

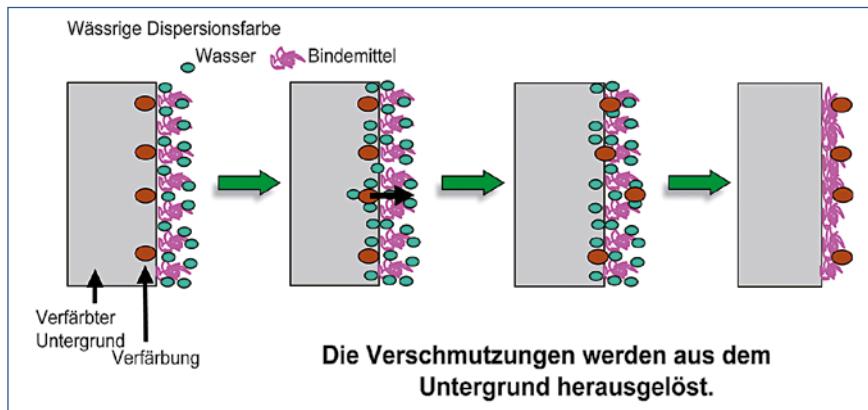


Bild 6:
Wässrige
Dispersionsfarbe

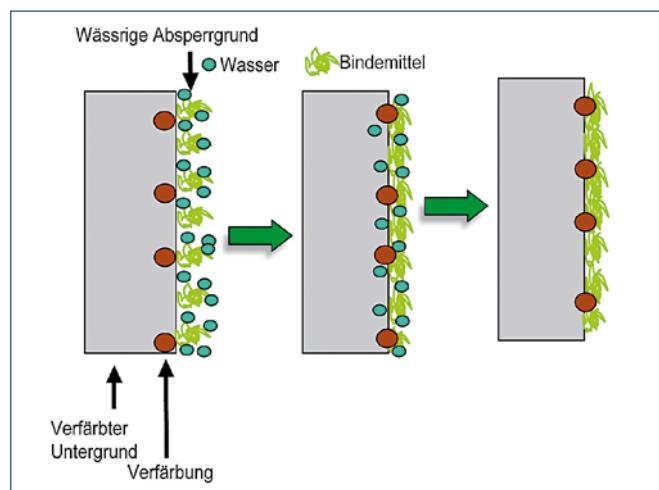


Bild 7:
Wässriger Absperrgrund

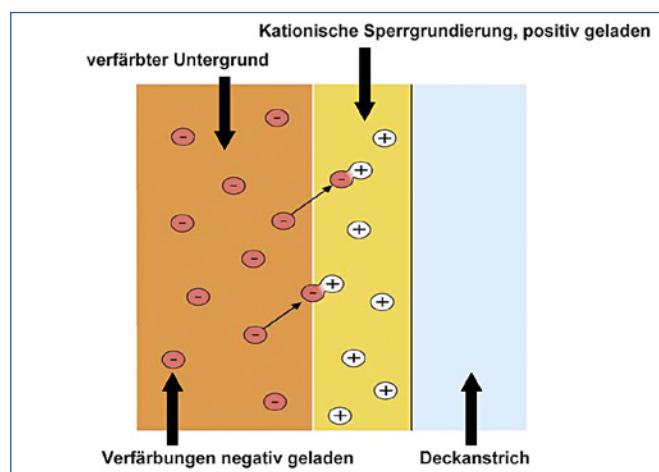


Bild 8:
Kationen-
technologie

4.2 Fugenabzeichnungen

Fugenabzeichnungen bei Gipsplatten sind in der Regel besonders bei Streiflicht erkennbar. Fugenabzeichnungen entstehen meist aus

- unzureichender Verspachtelung
- nicht fachgerechter Grundierung.

Bei der Verspachtelung sind die Anforderungen der Oberflächengüte Q1 – Q4 gemäß dem Merkblatt Nr. 2 der Industriegruppe Gipsplatten bzw. des SMGV zu beachten [3].

Eine nicht fachgerecht ausgeführte Grundierung kann insbesondere bei dünnsschichtigen Anstrichen zu erkennbaren Fugenabzeichnungen führen. Grund hierfür ist die unterschiedliche Saugfähigkeit der gespachtelten Fläche und des Kartons: Die höhere Saugfähigkeit der Spachtelung führt zur schnelleren Trocknung der Beschichtung, so dass an diesen Stellen ein höherer Materialauftrag erfolgt. Daraus resultieren Strukturunterschiede sowie unregelmäßig erhöhte Farbschichten.

5 Fazit

Die Beschichtung von Gipsplatten ist in der Regel problemlos und führt zu einwandfreien Ergebnissen. Voraussetzung hierfür ist allerdings die Beachtung der technischen Gegebenheiten. Hierzu geben die genannten Merkblätter wichtige Hinweise.

Literatur

- [1] BFS-Merkblatt Nr. 12: »Oberflächenbehandlung von Gipsplatten (Gipskartonplatten) und Gipsfaserplatten«, Bundesausschuss Farbe und Sachwertschutz e. V., Frankfurt am Main, Hoehl-Druck GmbH, 2007
- [2] Merkblatt Nr. 6: »Vorbehandlung von Trockenbauflächen aus Gipsplatten zur weitergehenden Oberflächenbeschichtung bzw. -bekleidung«, Bundesverband der Gipsindustrie e. V., Industriegruppe Gipsplatten, Darmstadt, 2006
- [3] Merkblatt Nr. 2: »Verspachtelung von Gipsplatten – Oberflächengüten«, Bundesverband der Gipsindustrie e. V., Industriegruppe Gipsplatten, Darmstadt, 2007

Beurteilung von Putzstrukturen

Obwohl wir immer schneller und billiger bauen sollen, werden die Qualitätsansprüche an Bauwerke immer höher. Vor allem die Optik von fertig gestellten Oberflächen ist immer wieder Gegenstand von Diskussionen. Nicht selten geht es dabei oft nur ums Geld, d.h. um einen Abzug.

Wenn wir von der Beurteilung von Putzstrukturen sprechen, dann meinen wir die augenscheinliche, die visuelle Beurteilung des Innenputzes, des Außenputzes oder einer verputzten Dämmfassade.

Wir meinen damit das Endergebnis einer ganzen Reihe von Tätigkeiten mit Materialien und Geräten, die von zahlreichen Parametern beeinflusst werden.

Beginnend von der Qualifikation des Putzers, über die Materialeigenschaften, die bauklimatischen Einflüsse, die statisch-dynamischen und technologischen Eigenschaften der Untergründe, bis hin zur Architektur und Gebäudenutzung, gibt es zahllose Einflüsse, die zum Gelingen, zum weniger guten Gelingen oder gar zum Versagen von Putzen führen können.

Was ist Putz?

Um »Putz« beurteilen zu können, müssen wir ihn zuerst einmal fachlich definieren.

In sehr alten Fachbüchern sucht man vergebens nach der eindeutigen Definition für die fertige Arbeit. Im Klassiker des Putzer-, Gipser- bzw. Stuck-Handwerks, »Putz, Stuck, Rabitz«, beschreiben Stuckateurmeister Karl Lade und Architekt BDA Adolf Winkler auf 36 Seiten sehr ausführlich, was es alles an

Stoffen, Gerätschaften und Fähigkeiten braucht, um Putz herzustellen [1], aber sie beschreiben nicht, was Putz eigentlich ist. Wohl deshalb, weil er zu dieser Zeit noch sehr individuell ausgeführt wurde.

Kurz und prägnant offenbaren sich dazu die Fachnachfolger vom Landesinnungsverband für das Stuckateurhandwerk Baden-Württemberg, die Autoren des Technischen Handbuchs Putz-Stuck-Trockenbau [2]:

»Putz ist erhärteter Mörtel.«

Ein klein wenig präziser sind die Schweizer, die in der Schweizerischen Norm V 242/1 für Verputz- und Gipserarbeiten definieren [3]:

»Putz ist auf einen Untergrund aufgetragener, abgebundener Putzmörtel.«

Etwas allgemein gehalten, aber doch die beiden wesentlichsten Eigenschaften dieser wichtigen Schicht auf einem Bauteil umfassend, beschreibt der einleitende Satz in den Verarbeitungsrichtlinien für Werkputzmörtel der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft Putz [4]:

»Der Putz ist Zierde und Schutz eines Gebäudes«

In der österreichischen Norm B 2210/07.01 definiert man Putz technisch etwas deutlicher [5]:

»Ein- oder mehrlagig an Wänden und Decken aufgetragener Putzmörtel, der seine endgültigen Eigenschaften erst nach ausreichender Erhärtung (durch physikalische und/oder chemische Prozesse) auf dem Putzgrund erreicht, z. B. Innenputz, Außenputz.«

Welchen Zweck der Putz zu erfüllen hat, bleibt hier offen. Das kann man aber im Internet bei Wikipedia nachlesen, wo es heißt [6]:

»Als Putz bezeichnet man einen Belag aus Mörtel, der an Außen- und Innenwänden sowie Decken aufgebracht wird. Je nach Einsatzart erfüllt der Putz verschiedene Zwecke, z. B. Herstellung eines glatten Untergrundes zum Fliesen, Streichen oder Tapezieren, Regulierung der Raumfeuchte bei Innenputzen, Wärmedämmung und Wasserdichtigkeit bei Außenputzen und natürlich die Herstellung eines ästhetischen Erscheinungsbildes.«

Womit wir bereits bei einer wesentlichen Grundlage für eine vorzunehmende Bewertung angelangt sind: **Putz muss den ihm zugesetzten Zweck erfüllen** und zwar sowohl in optischer, wie auch in technischer Sicht. Letzteres wird in diesem Beitrag außer Acht gelassen.

Das visuelle Empfinden

Wer eine Putzoberfläche betrachtet, nimmt etwas wahr, empfindet etwas. Es überkommt den Betrachter auch ein Gefühl der Ästhetik¹. Die wiederum entwickelt sich aus zahlreichen Einflüssen heraus: Kulturkreis, Lebensumfeld, Ausbildung, Bildung, etc. Einen Maßstab für Ästhetik gibt es nicht, das visuelle Empfinden ist etwas ganz Persönliches.

Weil dieses Empfinden für die objektive Beurteilung von Putzoberflächen grundlegend ist, drei Beispiele:

Beispiel A

Zwei Putzhersteller aus verschiedenen Regionen werben im Katalog für das gleiche Endprodukt, noch dazu mit der gleichen Produktbezeichnung, und meinen doch offensichtlich etwas grundsätzlich anderes:



Bild 1 (links):
Putzmuster
»Landhausputz«
Hersteller 1

Bild 2 (rechts):
Putzmuster
»Landhausputz«
Hersteller 2

1 Empirische Wissenschaften wie die experimentelle Psychologie sprechen von Ästhetik als dem Versuch, die Kriterien zu erfassen, nach denen Menschen Dinge – auch jenseits der Kunst – als »schön« oder »hässlich« beurteilen. Dies entspricht auch dem Begriff aesthetics, wie er im angelsächsischen Raum verwendet wird.

Beispiel B

Die Weitläufigkeit des Begriffs »schön« lässt sich am besten an zwei Gesichtern nachvollziehen. Kann denn »schön« überhaupt definiert werden?

Bild 3 und 4:



Als Bauschaffende stehen wir ständig vor der Frage, ob etwas schön ist, ob etwas für den Bauherrn annehmbar ist, ob etwas von der Gesellschaft akzeptiert wird, wie wir oder andere es empfinden. Es beginnt bei der Architektur und endet bei der Qualität der eigenen Leistung.

Beispiel C

Architektur als Beispiel des unterschiedlichen Empfindens.

Bild 5:

»Steinhaus« in
Steindorf/
Ossiachersee



Bild 6:

Lübeck



Wohl deshalb, weil es sehr schwierig ist, das eigene Empfinden bei der visuellen Beurteilung von Putzoberflächen wegzuschalten, versucht man mit Regelwerken bzw. Empfehlungen technische Klarheiten schaffen.

Regulative in D, A, CH

Die Schweiz hat bereits 1991 mit dem Merkblatt »Deckputze, Strukturen« [7] – Beschreibung und Benennung von Putzstrukturen den Anfang gemacht. Ausdrücklich bezeichnet der Herausgeber, der Schweizerische Maler- und Gipserunternehmerverband smgv, die Broschüre als Verständigungsmittel und nicht als Richtlinie.

Für nachfolgende Anstriche und Beschichtungen im Innenbereich beschreibt ein von den Gipsern und Malern herausgegebenes Merkblatt aus dem Jahr 1995 sehr präzise die erforderlichen Eigenschaften von Weißputzen (Innenputzen) [8].

An dieser Stelle darf auf einen Sonderdruck aus der Schweizerischen Fachzeitschrift applica 1997 hingewiesen werden, in dem sich die beiden Experten Kastien und Wicki mit Anstrichproblemen auf Weißputzen (Innenputzen) sehr eingehend auseinander setzen [9]. Das Alter der Beiträge ist kein Wertmesser, denn die gleichen Probleme, die in diesen Publikationen beschrieben werden, treten auch heute noch regelmäßig und überall auf.

Die Beschreibung der Anforderungen an den fertigen Putz in Deutschland war in der früheren DIN 18550 [10] mehr technologisch als optisch orientiert. Seit 2001 existiert das Merkblatt »Strukturierte Oberflächen – Visuelle Anforderungen« [11].

Für den Innenbereich liegt ein Merkblatt der Deutschen Gipsindustrie vor: »Putzoberflächen im Innenbereich« – Qualitätsstufen für abgezogene, glatte und gefilzte Putze [12]. Darin wird sehr deutlich beschrieben, was von der Planung bis zur Abnahme zu machen ist, um eine der vier Qualitätsstufen zu erreichen.

Österreich hat schon 1993 eine für alle Putzoberflächen zutreffende, mehrteilige Formulierung in die ÖNORM B 3346 aufgenommen [13], die bis zur aktuellsten Neuauflage nur wenig modifiziert wurde.

Zurück zum Handwerk und zur Kostenwahrheit

Legt man alle Merkblätter, Richtlinien und Normen zusammen, die sich mit der Oberflächenqualität von Putzen befassen, so würde es zwar ein dickes Buch ergeben, aber den berühmten Stein der Weisen hat keines der Länder gefunden. Es ist auch nicht erforderlich, diesen zu suchen, denn man muss bloß beginnen, den Geistwerkern klar zu machen, dass die Herstellung von Putzflächen zahlreichen Einflüssen unterliegt, die man zwar minimal regulieren kann, aber letztendlich der Putz doch eine reine Handarbeit ist. Man muss

den Bauträgern, den Planern und Ausschreibenden vermitteln, dass besondere Qualitätsansprüche zwar weitreichend realisierbar, aber nicht zu 100% machbar sind.

Nicht zuletzt müssen sich die Handwerker selbst klar werden, welchen Aufwand es tatsächlich braucht, um besondere Oberflächenqualitäten herzustellen. Nicht wenige stürzen sich mit unglaublichen Niedrig-Preisen in solche Angebotserfordernisse und scheitern letztlich erbärmlich. Der qualifizierte Handwerker muss sich auch wieder mehr bemühen, seine Arbeit im Detail dem Auftraggeber begreifbar zu machen.

Grundlagen für eine Beurteilung

Als Bauschaffende und im Besonderen als Sachverständige haben wir Emotionen und Gefühle beiseite zu lassen, wenn es gilt, Putzstrukturen zu beurteilen. Wie schwierig das ist, haben wir im Kreis der Kollegen des ISK² schon wiederholt in der Praxis erfahren, wenn wir uns an wechselnden Orten in D.A.CH zu Sitzungen trafen und dabei Objekte besichtigten und auch aus gutachtlicher Sicht beurteilten. Da stellt man dann fest, dass die Beurteilung von handwerklichen Leistungen sehr individuell vor sich geht, egal auf welche Regulative man sich dabei stützt.

Die oben beispielhaft angeführten Regulativen enthalten in der Summe auch sehr klare Definitionen der Putzstrukturen bzw. Anforderungen an Putzoberflächen. Die wesentlichsten Kriterien lassen sich in 10 Punkten zusammenfassen:

1. **Putz ist Handarbeit** und nicht mit industriell gefertigten Produkten vergleichbar.
2. Putzflächen sind unter **gebrauchsüblichen Betrachtungspositionen und -abständen** und unter ebenso **normaler Beleuchtung** zu beurteilen.
3. **Unregelmäßigkeiten** in Oberflächenstruktur und Ebenheit **dürfen nicht augenfällig sein**, ausgenommen es wurden besondere Strukturen oder Ebenheitsabweichungen (z.B. Landhausputz, Tiroler Putz) bestellt.
4. Wurden **besondere Anforderungen**, z.B. an die Ebenheit oder im Hinblick auf Beleuchtungsbedingungen vertraglich vereinbart, ist dies bei der Beurteilung **zu berücksichtigen**.

2 Internationaler Sachverständigen Kreis Ausbau und Fassade – D, A, CH, ITA

5. Durch kurzfristig einfallendes Sonnenlicht (Streiflicht) **aufgetretende Schlagschatten** sind zulässig.
6. **Gerüstankerlöcher** und **Gerüstlagenansätze** dürfen nicht störend sichtbar sein.
7. **Fugen** und Putz-**An-** bzw. Putz-**Abschlüsse** müssen geradlinig bzw. gleichmäßig (z. B. bei Rundungen) verlaufen und scharfkantig ausgeführt werden.
8. **Innenecken und Kanten** müssen geradlinig bzw. der Vereinbarung entsprechend ausgeführt sein.
9. **Anhäufungen von Körnungen** oder **strukturlosen Stellen** sind nur vereinzelt zulässig, wobei der Gesamteindruck der Putzoberfläche nicht gestört sein darf.
10. **Ebenheit, Lotrechtheit und Winkel** von Putzflächen und Verlauf von Kanten müssen der ÖNORM DIN 18202 entsprechen [14].

Zu jedem dieser Punkte gibt es kritische bzw. besonders zu beachtende Anmerkungen:

Zu 1) In der Vielzahl der angebotenen Produkte kommt es besonders bei Deckputzen und -beschichtungen vor, dass sich der Produkthersteller in der Produktinfo etwas diffus ausdrückt und dem Bestellenden damit ein völlig anderes Bild vermittelt als dem ausführenden Handwerker.

Beispiel: In der Produktinfo ist zu lesen: »*Gebrauchsfertiger, pastöser Filz- und Modellierputz auf Silikonharz-/Silikatbasis mit organischen Bindemitteln in Naturfarben nach Original-Steinvorlagen. Verwendung als dekorativer, widerstandsfähiger Feinputz für Putz- und Wärmedämm-Fassaden mit natürlich unregelmäßigem Filz-Oberflächen-Charakter. Es lassen sich individuelle dekorative, widerstandsfähige Oberflächen herstellen*«

Unzureichende Kommunikation zwischen Architekturbüro und Ausführendem – dort wurde nicht deutlich genug der Bestellwunsch beschrieben, da wurde nicht nach dem Gewünschten gefragt – führte zu einem nachhaltigen Streit. Bei der gutachtlichen Besichtigung etlicher vergleichbarer Objekte (auf das Produkt bezogen, in einem Einzugsgebiet von ca. 300 km) traten beachtenswerte Unterschiede in der Oberfläche zutage.

Bilder 7–12:
Das exakt gleiche
Produkt (Deck-
putz) an sechs
verschieden, weit
auseinander
liegenden
Objekten aus-
geführt



Das Erstaunliche an diesem Fallbeispiel ist, dass alle Bauherren mit »ihrer« Fassade zufrieden waren, bis auf den einen, der diese »Vergleichsbesichtigungen« auslöste, sich aber letztendlich mit seiner Qualität (Bild 7) zufrieden gab.

Apropos Handmuster! Apropos Musterflächen!

Ein ewiges Problem sind alle Arten von Mustern: Handmuster der Industrie, größere Musterplatten des Ausführenden aber auch Musterflächen am Objekt selbst, haben allesamt den Nachteil, dass sie zu einem anderen Zeitpunkt, meist auch von einem anderen Mann und, was die Hand- und Plattenmuster betrifft, auch unter gänzlich praxisfernen Bedingungen hergestellt werden. Die Beurteilung fertiger Putzflächen anhand solcher Muster ist deshalb mit gebotener Vorsicht vorzunehmen. Die Putzindustrie ist zudem aufgerufen, entsprechende Anmerkungen in ihren Unterlagen und auf den Mustern vorzusehen.

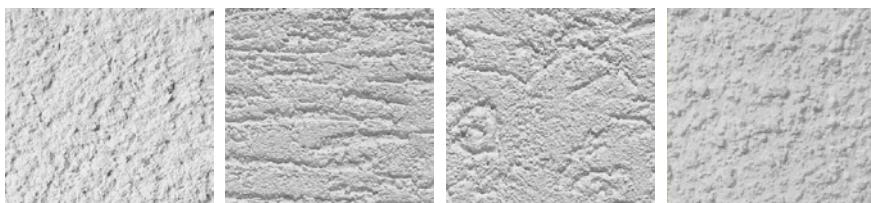
Eine besonders schwierige Situation sind »Musterhäuser«, wenn also der Bauherr eine Fassade, entfernt vom eigenen Objekt, besonders gut gefallen hat. Da entwickelt sich nicht selten ein regelrechter Pendelverkehr, damit Ausführung, Korrektur der Ausführung und Abnahme, vielleicht auch noch die gutachtlche Beurteilung erledigt werden können.

Zu 2) Besonders im sozialen Wohnbau gibt es Wohnräume, die schmal sind und zugleich tief ins Bauwerk führen. In solchen Räumen ist dann das Tageslicht Streiflicht und somit das Normallicht. Die kleinsten Unregelmäßigkeiten in glatten Wand- und Deckenflächen werden dann sichtbar. Da lauert eine Gefahr für den Handwerker, denn der Ausschreibende ist zu wenig Fachmann, um hier den Sonderfall »Fläche mit Streiflicht« zu erkennen und auszuschreiben.

Auch in den geschossübergreifenden Stiegenhäusern von Einfamilienhäusern führen später an die Wand montierte Leuchten mit seitlich austretendem Lichtkegel zu Streiflicht und zu Reklamationen.

Beim professionell geplanten Objekt liegt die richtige Formulierung der Anforderungen an die Putzoberfläche beim Ausschreibenden, beim Direkt-Angebot vom Handwerker an den privaten Bauherrn, hat der Ausführende die Pflicht, den Auftraggeber auf solche Besonderheiten hinzuweisen – nachweisbar, also schriftlich!

Zu 3) Bei modellierten Putzen ist besondere Aufmerksamkeit geboten. Die Bezeichnungen für derartige Fassadenputze sind phantasievoll aber nichtssagend, sie reichen von »Tiroler Putz«, »Rindenputz«, »Klosterputz«, »Landhausputz« bis zum »Buckelputz«. Schon regionale Definitionsunterschiede können zur Verwirrung bei der Ausführung und letztlich auch bei der Beurteilung führen. Für solche Putze empfiehlt sich die Zwischenabnahme durch den Bauherrn, nachdem ein Raum oder eine Fassadenfläche fertig gestellt ist.



Bilder 13–16:
Strukturierte
Putzoberflächen
bedürfen einer
genauen Beschrei-
bung bei der
Ausschreibung
[Quelle: Röfix]

Zu 4) Putz mit völlig planebener Oberfläche ist nicht realisierbar. Ist eine besondere Ebenheit oder Oberflächenbeschaffenheit (glatt, streiflichtfrei, etc.) gewünscht, so ist das vertraglich, vor allem mit entsprechenden Ausschreibungs-/ Angebotspositionen zu regeln. Auch hier obliegt im privaten Bereich dem Anbieter die Aufklärungspflicht.

Zu 5) Diese Formulierung findet sich in dieser Deutlichkeit nur im deutschen Merkblatt. Aber gerade diese temporären Lichterscheinungen sind oft Auslöser von Reklamationen. Auch in anderen Ländern.

Zu 6) Damit Verschlüsse von Gerüstankerlöchern wenig auffällig bleiben, müssen zwei Gewerke denken. Der Putzer muss jede Putzlage rund um den Gerüstanker scharfkantig anarbeiten und den Anker immer von Putzresten frei halten. Eine auch nur gering kraterartige Putzwulst um den Anker führt mit Garantie zu einem größeren Ausbrechen der Putzlagen, dann wenn der Gerüster den Anker herausdreht.

Wenn der Gerüster das Herausdrehen mit etwas Gefühl bewerkstelligt und das verbleibende Loch nicht mit der Kelle zukleckst und auch noch mit dem Reibbrett malträtiert, sondern zuerst einen Schaumstoffpfropfen in die Bohrung steckt und dann mit kleinem Werkzeug (noch besser: mit dem Finger!) die obersten 5 mm der Ankerbohrung mit Putzmörtel verschließt und mit einem harten Pinsel die Oberfläche lediglich abtupft, wird das Ergebnis kaum augenfällig sein – selbst bei empfindlichen Vollton-Farbtonen. Bei einer Beurteilung ist allerdings schwer nachzuvollziehen, wer von den beiden Gewerken gemurkst hat.

Zu 7) Insbesondere bei Putzfugen, die in einlagigen Innenputzen hergestellt werden, ist es nicht immer möglich, dass die Fugenkanten scharfkantig werden, weil beim Schneiden der Fugen Zuschlagskörner aus der Putzmatrix herausgerissen werden. Je größer das Größtkorn des Putzes, desto größer können Ausbrüche an den Fugenkanten werden.

Die zunehmende Verwendung von Putzan-/abschlussprofilen hat das Problem von unsauberer Putzanschlüssen an Einbauteile ohnedies wesentlich verringert.

Zu 8) Ein Problem mit den Innenecken gibt es vor allem beim einlagigen Innenputz, wenn der Putzer die Innenecke mit der Inneneckspachtel glättet und so einen auffällig bleibenden glatten Streifen, links und rechts der Achse produziert. Eine nicht zu akzeptierende Ausführung, die noch dazu sehr schwer zu sanieren ist.

Zu 9) In diesem Punkt fokussieren sich die wesentlichen Einflüsse, die es beim Putzen geben kann:

- Konstruktion
- Bauzeitplanung
- Handwerkliches Können und Geschick
- Eigenschaften des Untergrunds (stark saugend, nicht saugend)

- Materialeigenschaften des Putzmaterials (z. B. Umstellungen von Sommer- auf Winter-Rezepturen)
- Bauablauf (verschlossener Bau, offener Bau)
- Bauklimatische Einwirkungen von Wind, Sonne, Niederschlag, Temperatur und auch Jahreszeit des Ausführungstermins (Temperatursprünge zwischen sonnenexponierten und beschatteten Seiten im Frühjahr und Herbst).

Nicht gegen alle Einflüsse kann der Ausführende etwas unternehmen. So ist z. B. die Differenzierung der Ursache für eine sehr rau (aufgerissene) Fläche schwierig bis kaum möglich. Ob der Putzer den richtigen Zeitpunkt übersehen hat, das Putzmaterial zu schnell angezogen hat oder ein plötzlicher Windeinfall ausschlaggebend war, ist selten wirklich griffig zu beantworten. Die Gewährleistung für mangelhafte Oberflächen bleibt aber immer beim Putzausführenden.

Zu 10) Hinsichtlich der Maßtoleranzen gibt es deutliche Unterschiede zwischen der präzisen Schweiz und dem großzügigeren Deutschland bzw. Österreich.

Soviel sei festgehalten: **Wer die Maßtoleranzen der DIN 18202 bzw. der ÖNORM DIN 18202 [14] ausnützt, braucht sich eigentlich um alle anderen Oberflächendetails nicht mehr viel sorgen!** Wegen der in diesen Normen doch sehr deutlichen und vor allem auch augenfälligen, dennoch zugelassenen Abweichungen, vor allem aus Ebenflächigkeit und Lot, muss man wirklich qualifizierten Handwerkern – solche gibt es noch zu Genüge! – empfehlen, in ihren Geschäftsunterlagen darauf hinzuweisen, dass sie nicht nach diesen Normen arbeiten.

Zusammenfassung

Für die Beurteilung von Putzoberflächen ist die genaue Formulierung des Auftrages bzw. der angebotenen Leistung die wesentlichste Grundlage. Inhalte technischer Merkblätter sind dabei nicht immer hilfreich. Auch Normen sind mit gebotener Skepsis anzuwenden. Sowohl Auftraggeber als auch Bauleiter und Gutachter müssen sich dessen bewusst sein, dass Putz eine handwerklich erbrachte Bauleistung ist, an die nicht der Anspruch der Makellosigkeit gestellt werden kann. Dem anbietenden Handwerker obliegt im Besonderen die Überprüfung aller möglichen Einflüsse vom und am Bauwerk, welche die Ausführung der gewünschten Putzoberfläche beeinträchtigen können.

Und nicht zuletzt ist zu beachten, dass zwar nicht immer, aber auch nicht selten, Reklamationen an Putzoberflächen die nachträgliche Reduzierung des Werklohns als hintergrundiges Ziel haben.

Hinweis: Der o. a. Beitrag war erstmals Inhalt der 8. Internationalen Bau-fach- und Sachverständigentagung – ISK 2006 in Pontresina, CH. Im August 2008 erschien im Schweizerischen Maler- und Gipserunternehmer-Verband, das Merkblatt »Technische und visuelle Eigenschaften von verschiedenen Deckputzarten« [15].

Literatur

- [1] Lade, Karl; Winkler, Adolf; Putz/Stuck/Rabitz, 2. Ausgabe, Stuttgart, Julius Hoffmann Velag, 1936
- [2] Technisches Handbuch Putz-Stuck-Trockenbau, S. 316; Hrsg.: Landesinnungsverband für das Stuckateurhandwerk Baden-Württemberg, 2. Auflage, Eigenverlag Technischer Ausschuss des Landesinnungsverbandes für das Stuckateurhandwerk Baden-Württemberg, Stuttgart, 1998.
- [3] Schweizerische Norm V 242/1, Verputz- und Gipserarbeiten Außenputze, Innenputze, Stukkaturen, 1994
- [4] Verarbeitungsrichtlinien für Werkputzmörtel; 5. Auflage, 08/2007, Hrsg.: Österreichische Arbeitsgemeinschaft Putz, Innsbruck
- [5] ÖNORM B 2210 Putzarbeiten – Werkvertragsnorm, 07.01
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Putz>, Stand: 09/2009
- [7] Merkblatt »Deckputze, Strukturen– Beschreibung und Benennung von Putzstrukturen«, Hrsg.: Schweizerischer Maler- und Gipsermeisterverband – smgv; 1991
- [8] Merkblatt »Weissputz und Spachtelungen als Unterlage für Tapeten, Beläge und Anstriche«; Hrsg.: Schweizerischer Maler- und Gipsermeisterverband – smgv; 1995
- [9] Kastien, H.; Wicki, N.; Anstrichprobleme mit Weissputzen, Fortsetzung der Untersuchungen; Sonderdruck aus der Schweizerischen Fachzeitschrift applica 104 ; 8/1997, Nr. 20
- [10] DIN 18550 Teil 1, Putz – Begriffe und Anforderungen, Januar 1985
- [11] Merkblatt »Strukturierte Oberflächen – Visuelle Anforderungen«; Hrsg.: Hauptverband Farbe, Gestaltung, Bautenschutz, Deutscher Stuckgewerbeverbund; 2001
- [12] Merkblatt »Putzoberflächen im Innenbereich – Qualitätsstufen für abgezogene, glatte und gefilzte Putze«; Hrsg.: Bundesverband der Gipsindustrie e.V., November 2003

- [13] ÖNORM B 3346, Putzmörtel – Regeln für die Verwendung und Verarbeitung; November / 1993;
- [14] ÖNORM DIN 18202, Toleranzen im Hochbau – Bauwerke, Juni 2006
- [15] Merkblatt »Technische und visuelle Eigenschaften von verschiedenen Deckputzarten«, Hrsg.: Schweizerischer Maler- und Gipserunternehmer-Verband – smgv; August 2008

IV Regeln

Das »Meersburg-Urteil«

Bundesverwaltungsgericht (Deutschland)

Aktenzeichen 4 C 33-35/83

Urteil vom 22.5.1987

Auszug:

»... Abgesehen davon darf der Erkenntniswert von DIN-Normen nicht überbewertet werden. Technische Regelwerke des Deutschen Instituts für Normung e.V. dienen in erster Linie einer Standardisierung von Produkten im Interesse Ihrer Einheitlichkeit, Vergleichbarkeit, Austauschbarkeit. Dariüber hinaus kommt Ihnen praktische Bedeutung für die Vereinheitlichung behördlicher Anforderungen an Qualität und Sicherheit von Materialien, Bauwerken u. dgl. im Interesse der Gleichbehandlung und Verfahrensvereinfachung zu.

Die Normenausschüsse des Deutschen Instituts für Normung sind so zusammengesetzt, daß ihnen der für ihre Aufgabe benötigte Sachverstand zu Gebote steht. Daneben gehören ihnen aber auch Vertreter bestimmter Branchen und Unternehmer an, die deren Interessenstandpunkte einbringen.

Die Ergebnisse ihrer Beratungen dürfen deswegen im Streitfall nicht unkritisch als »geronnener Sachverstand« oder als reine Forschungsergebnisse verstanden werden. Zwar kann den DIN-Normen einerseits Sachverstand und Verantwortlichkeit für das allgemeine Wohl nicht abgesprochen werden. Andererseits darf aber nicht verkannt werden, daß es sich dabei zumindest auch um Vereinbarungen interessierter Kreise handelt, die eine bestimmte Einflussnahme auf das Marktgeschehen bezwecken.

Den Anforderungen, die etwa an die Neutralität und Unvoreingenommenheit gerichtlicher Sachverständiger zu stellen sind, genügen sie deswegen nicht.«

Fundstelle

NJW Neue Juristische Wochenschrift. Jahrgang 1987, Heft 45, Seite 2888.



Standardfragen zu Regulativen:

Der Jurist fragt: Was sagt die Norm dazu?

Der Handwerker ist ratlos: Wer soll sich da noch auskennen?

Der Gutachter zweifelt: Wo steht denn das?

BAUern-Regeln

Für Baumenschen, denen die Zeit fehlt, an Bauschäden-Seminaren teilzunehmen

Ist das Betonrumpf länger als zwei Meter,
kommt der Schwindriss früher oder später.

Hat das Flachdach kein Gefälle,
gibt's im Frühjahr eine feuchte Stelle.

Nasser Fleck an kalten Tagen:
gleich nach der Wärmedämmung fragen.

Später Rostschutz ist gar nicht billig,
verlegt man Abstandhalter im Beton nicht willig.

Jedes Sichtbetonelement, na klar,
bringt häufig Ärger über's Jahr.

Garantie verlangt Garanten,
wer's nicht glaubt, frag' weise Tanten.

Fachberater wollen nur verkaufen,
reklamierst du, haben sie sich verlaufen.

Billig bauen ist nicht geheuer,
sanieren danach wird sicher teuer.

Kommt der Schaden immer wieder,
lag die Bauphysik darnieder.

Hört der Schimmel nicht auf Hü und Hott,
hilft die Kamera mit Infrarot.

Kam er wieder, dieser Riss,
lag's dran, dass er keine Fuge is.

Ist außenseitig zu hart der Putz,
gibt er nur kurzen Wetterschutz.

Kein Häutchen lässt Euch's sagen,
kann auf Dauer Wechselspannung tragen.

Spart man falsch beim Spengler,
kommen dann mit Recht die Quengler.

Ist zum Dehnen fast kein Raum,
sprengt es meistens dann den Saum.

Holz neigt leider zum Vermorschen,
es lohnt sich nach der Ursach' z'forschen.

Wand mit Tür auf weicher Decke?
Risse gibt's an jeder Ecke!

Viele Fliesen sind wohl wasserdicht,
rundum die Fugen sicher nicht.

Fehlt der Schindel der rechte Nagel,
zeigt den Fehler Sturm und Hagel.

Die Verwendung von Kitt in Fugen
ist äußerst selten bei den Klugen.

Es rächt sich nicht
– oh welches Glück –
in jedem Fall die Wärmebrück'.

Regenschutzschiene ohne Endabschottung?
Beim Holzfenster fördert's die Verrottung.

Die Attika ohne Blechverwahrung
belastet bald die Geldgebarung.

Kaltdach nicht durchlüftet? Schau!
Bist auf dem Weg zum Wasserdampf-GAU.

Die Dampfbremse denkt? Wie soll das gehen?
Eher wirst Du nasse Flecke sehen!

Laß Dich nicht täuschen durch ein Patent;
heißt bloß, dass es bisher keiner kennt!

Beschichtung, die Riss' auf Dauer überbrückt?
Wer das glaubt, ist doch verrückt!

Die Wärmeschutzverordnung ist ja ganz apart;
an der Wand klebt mehr Energie,
als man beim Heizen jemals spart!

Hörst Du den Nachbarn spätabends duschen?
Die Schallbrück' ist's ! ... Das kommt vom Pfuschen.

Die »Weiße Wanne« ist wohl rissfrei wasserdicht,
den Wasserdampf dagegen hält sie nicht.

Es hält den Putz – merk's jedenfalls! –
nicht die Rauigkeit, sondern Van der Waals.

V Technologie – Bauphysik

»Das Schwierige am Diskutieren ist nicht, den eigenen Standpunkt zu verteidigen, sondern ihn zu kennen.«

André Maurois, franz. Schriftsteller (1885–1967)

w-Wert, s_d -Wert, v-Wert nach EN 1062, was ist das?

1 Einleitung

Planer, Maler, Stuckateure, alle Bauschaffende werden durch die Industrie mit Hochglanzprospekten über die Eigenschaften von Fassaden-Farben informiert. Schon der Begriff »Farbe« zeigt, worum es geht: Um die farbige Gestaltung der Fassaden. Dass viele von der Industrie gelieferte Fassadenfarben ihren Farbton im Laufe der Zeit teils stark verändern, wird schon nicht beachtet. In welchem Leistungsverzeichnis (LV) wird ein lichtbeständiger Farbton verlangt?

Doch die Nachlässigkeit geht noch weiter:

Es hat sich auch unter den Planern und Malern herumgesprochen, dass Farben auch die Funktion des Bautenschutzes übernehmen sollen. Das Synonym Bautenschutz = Feuchtigkeitsschutz ist auch noch bekannt. Doch wer achtet auf den Feuchtigkeitshaushalt von Fassadenbeschichtungen?

2 Aussagen der Prospekte

Die Hochglanzprospekte stellen die Bedeutung des Feuchtigkeitsschutzes heraus:

- wasserabweisend
- schlagregendicht
- hoch dampfdurchlässig

sind die Fassadenbeschichtungen alle, wenn man den Prospekten glauben darf. Also ist es eigentlich egal, welche Beschichtung man streicht oder ausschreibt. Wenn schon die billigste Farbe diese o. g. Eigenschaften hat, kann

man auch die nehmen. Warum soll man ein teures Produkt nehmen?

Frage man dann die Bauschaffenden, wie viel Wasser durch eine wasser-abweisende Beschichtung hindurchgeht, herrscht allgemein Rätselraten. Meist vermutet man wenige Gramm pro qm und Tag. Wie schnell das Wasser aus dem Untergrund wieder ausdiffundiert, weiß man auch nicht. Seit Einführung der Siliconharzfarben soll sich diese Frage sowieso nicht mehr stellen, denn diese Farben sind ja »hydrophob« und »atmungsaktiv«.

3 Die Wahrheit sieht anders aus:

Wer als Planer nicht die feuchtigkeitstechnischen Eigenschaften des von ihm geforderten Anstrichsystems im LV festlegt, geht das hohe Risiko ein, dass er im Fall eines Schadens z. B. nicht nachweisen kann, dass er fachgerecht nach dem Stand der Technik geplant und ausgeschrieben hat. Der Planer wird für das Versagen eines Anstrichsystems von dem Sachverständigen und damit vom Gericht verantwortlich gemacht. Für den Handwerker gilt das Gleiche. Dann ist man sauer.

Der Autor kann den Betroffenen nur raten, sich mit den folgenden Begriffen zu beschäftigen und diese auch in ihre LV aufzunehmen.

4 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme durch Beschichtungen in den Untergrund hinein wird durch den w-Wert bestimmt:

$$\text{Die Wasseraufnahme} \quad W = w \cdot h_{0,5}$$

$$\text{Dies bedeutet} \quad h_{0,5} = \text{Wurzel aus der Zeit}$$

$$\text{Gemessen wird über 24h:} \quad 24h_{0,5} = 4,9$$

$$\text{Daraus folgt:} \quad W = w \cdot 4,9$$

Messverfahren

Die Anstriche werden vorzugsweise auf Kalksandsteinplatten der Dimension 20 cm x 10 cm aufgetragen; die Rückseite, die Seiten und vom Rand aus 5 mm der Messfläche mit 2-K-EP-Beschichtungen abgedichtet und dann für 24 h ca. 10 mm tief in Wasser getaucht. Üblicherweise wird der 24 h-Wert herangezogen zur Bestimmung des w-Wertes. Wird kürzer gemessen, muss dies vermerkt werden.

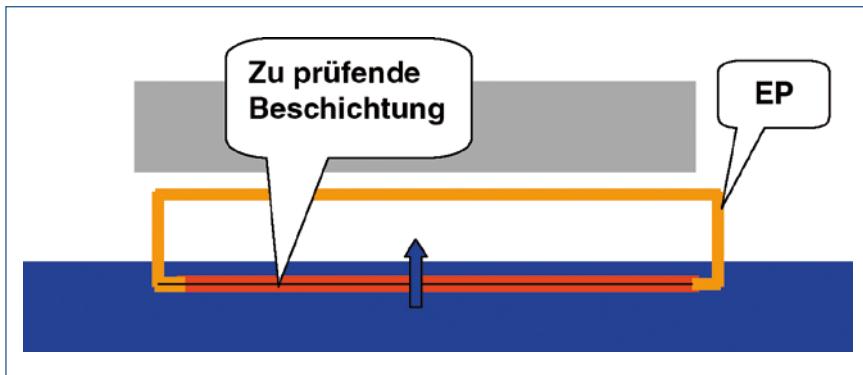


Bild 1:
Mess-Anordnung
zur Bestimmung
des w-Wertes

	w-Wert in kg/m ² h ^{0,5}	w-Wert in g/m ² d
I niedrig	< 0,1	< 490
II mittel	0,1 – 0,5	490 – 2.450
III hoch	> 0,5	> 2.450

Tabelle 1:
w-Wert – Klassen
»Wasserdurchlässigkeits«

Jedem wird klar sein, dass eine Beschichtung mit einer Wasseraufnahme größer als 490 g/m²d zu viel Wasser eindringen lässt. Also sollte man den

w-Wert mit < 0,1 kg/m²h^{0,5}

ins LV hineinschreiben. Denn die Frage ist, wie schnell diffundiert das Wasser wieder heraus? Dies lässt sich mit dem v-Wert klären.

5 v-Wert Wasserdampf-Diffusionsstromdichte

Bild 2:
Prüfverfahren

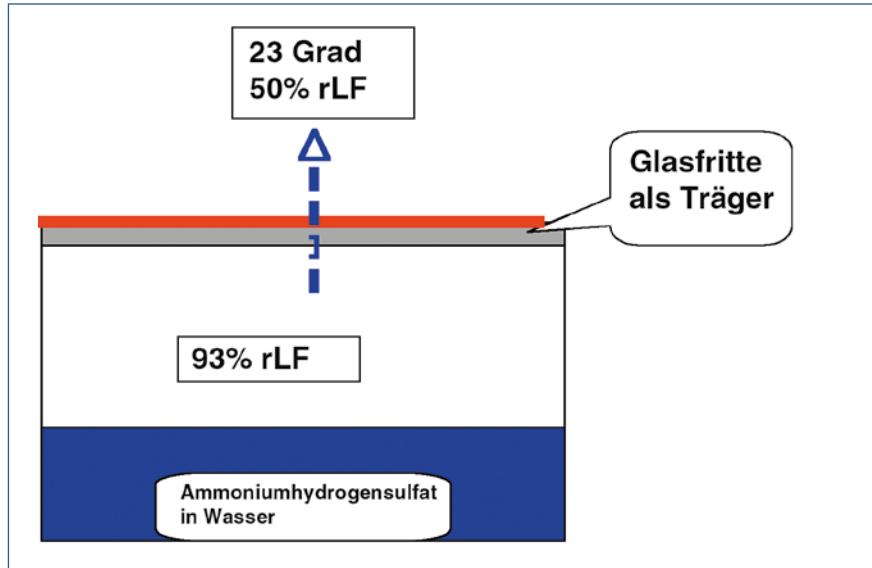


Tabelle 2:
Klassen der
Wasserdampf-
Diffusionsstrom-
dichte

	v-Wert in g/m ² d	s _d -Wert in m
I hoch	> 150	< 0,14
II mittel	< 150	> 0,14
	> 15	> 1,40
III niedrig	< 15	< 1,40

Umrechnung von s_d-Wert in v-Wert und umgekehrt:

$$v\text{-Wert} = 21 / s_d\text{-Wert} \quad s_d = 21 / v\text{-Wert}$$

6 Auswertung

Will man nun berechnen, ob eine Fassadenbeschichtung einen günstigen Feuchtehaushalt hat, also im Mittel trocken ist, muss der

w-Wert in g/m²d < sein als der v-Wert in g/m²d.

Beispiel: eine Reinacrylatfarbe mit folgenden Kennzahlen

$$\begin{aligned} w\text{-Wert} &= 0,1 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{-0,5} \Rightarrow w &= 490 \text{ g/m}^2 \text{ d} \\ s_d\text{-Wert} &= 0,5 \text{ m} \Rightarrow v\text{-Wert} &= 42 \text{ g/m}^2 \text{ d.} \end{aligned}$$

Wenn die Feuchtigkeit, die in 24 h eindringt, über 11 Tage benötigt, um wieder auszudiffundieren, wird man das Jahr über immer mit Feuchtigkeitsaufschaukelungen rechnen müssen.

Beispiel: eine echte Siliconharzfarbe

$$\begin{array}{lll} w\text{-Wert} & = 0,1 \text{ kg/m}^2 \text{ h}0,5 \Rightarrow w & = 490 \text{ g/m}^2 \text{ d} \\ s_d\text{-Wert} & = 0,1 \text{ m} & \Rightarrow v\text{-Wert} = 210 \text{ g/m}^2 \text{ d.} \end{array}$$

Hier dauert die Austrocknung zwar nur 2-3 Tage, was aber nur für den Sommer gilt. Rechnet man den v-Wert auf die durchschnittliche Wintertemperatur von ca. 3 Grad Celsius um, dann dauert es schon wieder über 9 Tage bis der Untergrund wieder trocken ist, zumindest auf WDV-Systemen.

	23 Grad C	13 Grad C	3 Grad C
v-Wert in g/m2d	210	105	53

Tabelle 3:
Veränderung des
v-Werts in
Abhängigkeit zur
Temperatur

Eine Auswertung bezüglich der Klassen für niedrige Wasserdurchlässigkeit in Relation zur hohen Wasserdampf-Diffusionsstromdichte nach DIN EN 1062 ergibt, dass beide Werte nicht zusammenpassen (siehe dazu Diagramm im Anhang).

Zusammenfassung

Ins LV sollten folgende Daten für Fassadenbeschichtungen aufgenommen werden:

(1) w-Wert in g/m²d soll < sein als der v-Wert in g/m²d.

Damit dies auch für den Winter gilt, ist der v-Wert der EN 1062 durch 4 zu teilen:

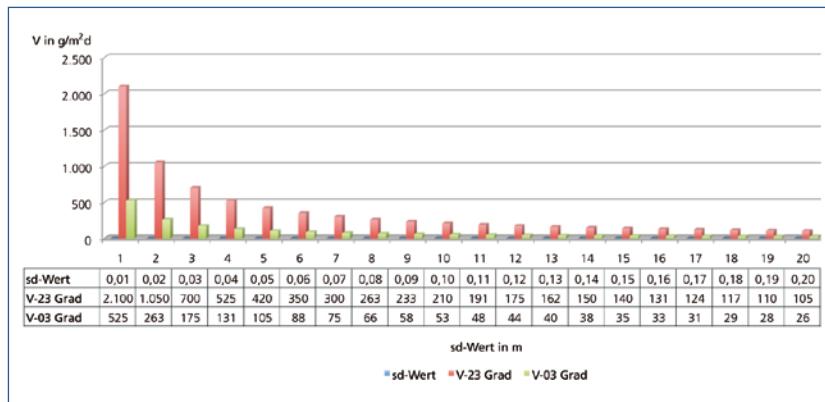
$$(2) \text{ w-Wert} < 0,1 \text{ kg/m}^2 \text{ h}0,5 = w < 490 \text{ g/m}^2 \text{ d}$$

Literatur

- [1] DIN EN 1062 Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich – Teil 1: Einteilung, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Herausgeber); Ausgabe August 2004
- [2] DIN EN 1062 Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich – Teil 3: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Herausgeber); Ausgabe April 2008

Anhang

Bild 3:
Grenzwerte der
EN 1062 passen
nicht zusammen.



Hydrophobierte Mörtel – Fluch oder Segen

1 Hydrophobierungsschäden

Hydrophobierungsschäden häufen sich. Nicht immer und überall sind Hydrophobierungen das geeignete Bautenschutzmittel, auch wenn die Werbeunterlagen, die den Berufsleuten zur Verfügung stehen, dies suggerieren. Dazu zählen auch technische Merkblätter der Anbieterfirmen, aus denen dieser Schluss abgeleitet werden könnte.

Die Vor- und Nachteile einer Hydrophobierung sollen sachlich und objektiv geprüft werden.

2 Warum hydrophobieren?

Hydrophobierte Baustoffe sind wasserabweisend. Die kapillare Wasseraufnahme wird unterbunden oder doch stark reduziert. Die inneren Poren des Baustoffes werden mit den hydrophoben Wirkstoffen belegt, ohne diese zu verschließen, so dass die Diffusionsfähigkeit für Wasserdampf und damit aller gasförmigen Stoffe erhalten bleibt.

Die Wirkstoffgruppen der Silane, Siloxane, Siliconharze sowie deren Gemische haben grundsätzlich dieselben Wirkungsprinzipien.

Hydrophobierungen werden als Materialien für Bautenschutz mit folgenden Argumenten angeboten und empfohlen:

- keine Wasserschäden
- keine Frostschäden
- geringe Verschmutzung

- reduzierter Eintrag von Salzen
- längere Gebrauchstauglichkeit der Oberflächen
- einfache Oberflächenreinigung
- keine Algenbildung.

Trotz der unbestrittenen Vorteile dieser Bautenschutztechnik ist es angebracht, die selten angesprochenen und eher verkaufshindernden Argumente zusammenzutragen und kritisch zu würdigen.

Die absolute Aufmerksamkeit der Anbieter von hydrophoben Anstrichstoffen, Imprägnierungen und Deckputzen richtet sich auf die Verhinderung der Wasseraufnahme der Baustoffe.

Die Praxisrealität jedoch schließt Risse, Anschlussfugen und Materialübergänge nicht aus und Meteorwasser kann hinter die Hydrophobierung gelangen.

Bild 1:
Eindringen der
Hydrophobierung,
Kristallisations-
zone; Eindringtiefe
der Hydrophobie-
rung, Salzbildung
hinter der
Hydrophobierung

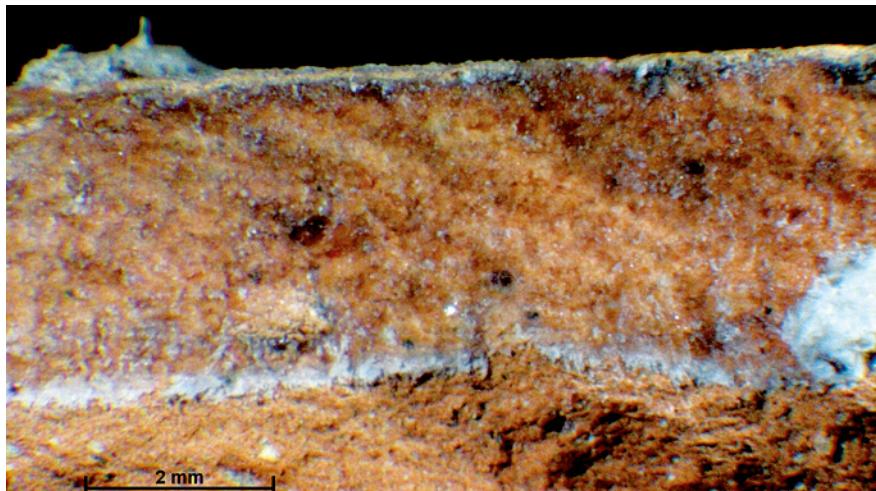


Bild 2:
Hydrophobierte
Reprofilierungs-
mörtel auf
Sandstein, 8-jährig





Bild 3:
8 Jahre nach der
Gesamtrenovation



Bild 4:
Das in den Deck-
putz eindringende
Meteowasser
kann sich nicht in
den Verputzquer-
schnitt verteilen
und staut sich an
der hydrophoben
Zwischenschicht

Bild 5:
Hydrophobierte Ausgleichsschicht auf mineralischem Grundputz, Deckputz rein mineralisch, blättert großflächig ab



3 Grundsätzliche Überlegungen zu Hydrophobierungen im Fassadenbereich

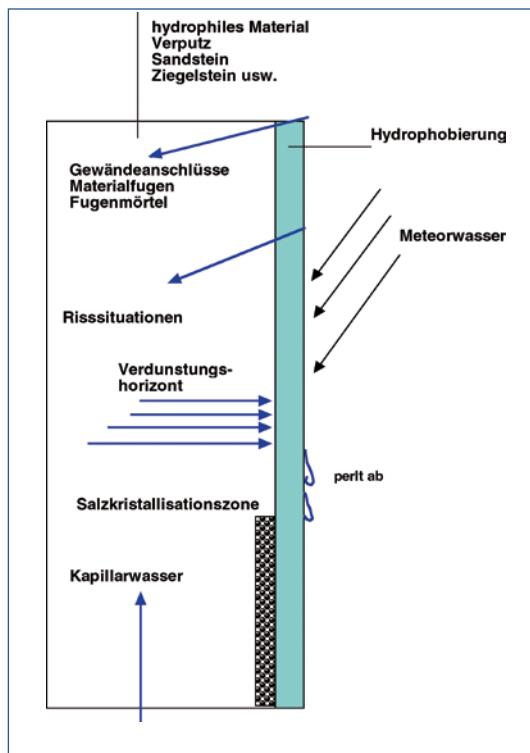
Der Feuchttetransport im Verputz erfolgt einerseits durch Diffusion von Wasserdampf, andererseits durch Transport von flüssigem Wasser in den Kapillaren. Unterstützt von den kapillaren Saugkräften ist der kapillare Wassertransport um Größenordnungen leistungsfähiger als die reine Wasserdampfdiffusion. Ein nasser Verputz saugt somit, ähnlich einem nassen Schwamm, nachfolgendes Wasser besser auf als ein trockener.

4 Wirkungen der Hydrophobierung

Um die Benetzung des Verputzes über die bewitterte Oberfläche zu verhindern, wird häufig ein Anstrichsystem empfohlen, das, im Gegensatz zu rein mineralischen Bindemitteln, hydrophob ist. Die Hydrophobierung verringert das Eindringen von Wasser in flüssiger Form, erlaubt aber die Diffusion von Wasserdampf.

Da das Meteorwasser aber dennoch über Verputzrisse und Gewändeschlüsse eindringen kann, saugt sich der Verputz an exponierten Stellen von innen voll. Die hydrophobierte Oberfläche behindert nun das Austrocknen des Verputzes. Das flüssige Wasser staut sich in den Kapillaren hinter der Oberfläche, während die dünne Oberflächenschicht trocken bleibt, da sie nur für Wasserdampf durchlässig ist.

Grafik 1:
Hydrophobie
außen



Damit behindert die hydrophobierte Oberfläche die Austrocknung erheblich. Eine Karbonatisierung eines kalkhaltigen Mörtels ist nur zeitverzögert möglich, da wassergefüllte Poren das Eindringen von CO₂ verringern oder gar verhindern.

5 Mechanismus der Eisbildung unter der hydrophobierten Oberfläche

Bei Frost kühlt die trockene Oberfläche relativ rasch unter den Gefrierpunkt ab. Dahinter, in den ersten, mit flüssigem Wasser gefüllten Poren, kommt die Abkühlung vorerst zum Stillstand, weil die Eisbildung sehr viel Kälte konsumiert.

Es bilden sich auf einer Ebene parallel zur Oberfläche zahlreiche Eiskristalle, während die darunter liegende Schicht noch lange in einer Temperatur knapp über dem Gefrierpunkt verharrt. Während dieser Zeit strömt über die Kapillaren Wasser aus dem Untergrund in die eisbildende Zone nach, wo sich die kleinen Eiskristalle parallel zur Oberfläche ausbreiten und damit die für Frostschäden erforderliche Sprengwirkung erreichen.

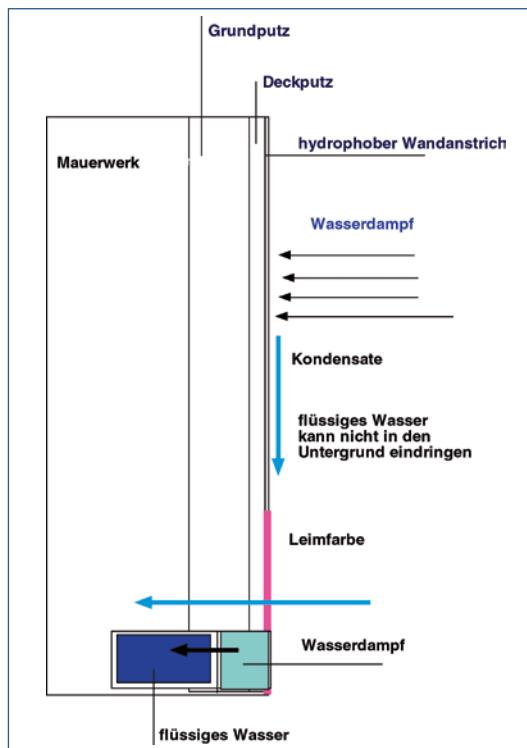
6 Ursachen und Wirkungen von hydrophoben Wand- und Deckenstrichen in Kirchen

Außer den bekannten Verschmutzungsparametern wie Lüftung, Heizung, stoßweisem Feuchtigkeitseintrag usw. sind zu einem großen Teil die Eigenschaften der hydrophoben Anstriche für die schnelle und heftige Verschmutzung in Kirchenräumen verantwortlich.

Die hydrophoben Eigenschaften der Oberflächenbeschichtungen erlauben zwar, dass Wasserdampf in genügendem Umfang durch das Anstrichpaket diffundieren kann, flüssiges Wasser in Form von Kondensat perlt ab. Um die Vorteile eines wasserdampfdiffusionsoffenen Anstrichs mit hoher Abriebfestigkeit zu erreichen, werden häufig hydrophobierte Anstriche in Kirchen angewendet.

Nebst den erwähnten Vorteilen dieses Anstrichsystems sind auch dessen Nachteile auszumachen. Der wesentlichste Nachteil, der auch die Verschmutzung außerordentlich begünstigt, liegt in der hydrophoben Oberfläche.

Grafik 2:
Hydrophobie
innen



Wenn die Heizung in einer Kirche angefahren wird, steigt wohl die Raumtemperatur, aber die Wand- und Deckenoberflächen bleiben kalt. Während der Benutzung entwickelt sich eine hohe Feuchtigkeit, die an den Wand- und Deckenoberflächen kondensiert.

Dieses flüssige Wasser vermag nicht in den Anstrich- oder Verputzquerschnitt einzudringen, sondern benetzt die Oberfläche und das Wasser verbleibt dort, bis es verdunstet. Während der Zeit der Oberflächennässe bleiben sämtliche Staub- und Rußpartikel an den Wand- und Deckenflächen kleben und fördern die Verschmutzung nachhaltig.

Wenn das Kondenswasser in den Anstrich- und Verputzquerschnitt einzudringen vermag, kann die Oberfläche bei konsequenter Nachlüftung schnell abtrocknen. Die Verdunstungszone wandert nach innen, was die Dauer der Oberflächennässe drastisch reduziert. Dies hat zur Folge, dass der Zeitraum bis zu einer negativ in Erscheinung tretenden Verschmutzung deutlich ausgeweitet wird.

7 Konsequenzen der angestellten Überlegungen

Um zu einer für das Objekt optimierten Lösung zu kommen, muss die Absicht, durch Hydrophobierungen die Bausubstanz langfristig einer besseren Gebrauchstauglichkeit zuzuführen, die Evaluierung der angesagten Vorteile wie auch der Nachteile beinhalten.

Die werbetechnisch im Vordergrund stehenden Vorteile können die Entscheidungsfindung erschweren.

Wenn hydrophobiert werden soll, gilt es folgende Punkte zu beachten:

- Unterliegen hydrophoben Oberflächen hydrophile Materialien, muss bedacht werden, dass eindringendes Meteorwasser hinter die Hydrophobierung zu liegen kommt und bevor es verdunsten kann, je nach Jahreszeit, diverse Frostzyklen erlebt. Ausdehnungspotenzial von flüssigem Wasser zu Eis ca. 10 Vol %.
- Durchfeuchtete Baustoffe verfügen über ein reduziertes, kapillares Wirkstoffaufnahmevermögen.
- Wirkungskonzentration und Löse- oder Verdünnungsmittel sollten objektspezifisch optimiert selektioniert werden.
- Die Eindringtiefe und der Wirkungsgrad sollten an einer Musterfläche untersucht werden.

-
- Eine Musterfläche kann auch Aufschluss über das notwendige Arbeitsverfahren geben: Verarbeitungshinweise, Auftragsmenge, Kontaktzeit, Anzahl der Arbeitsgänge, Zeitabstände zwischen den Applikationen.

Eine hydrophobe Oberfläche zu erreichen ist einfach, sie beeindruckt visuell, dagegen ist eine längerfristig schadfreie, funktionstaugliche Hydrophobierung wesentlich schwieriger zu realisieren.

Der Feuchtehaushalt von Fassadenbeschichtungen

1 Feuchtehaushalt in der Literatur

Wie in der Literatur hinreichend dargestellt, kann der Feuchtehaushalt einer Fassadenbeschichtung durch die Wechselbelastung von Wasseraufnahme und Wasserabgabe = Verdunstungsrate beschrieben werden. Einen ersten Anhaltspunkt dafür, dass die meisten Fassadenfarben diesbezüglich mangelhaft sind, war der Publikation von Bagda und Michel zu entnehmen [1]. Dort ist dargestellt, ob oder ob nicht bei einer Wechselbelastung Regen/Trocknung im Verhältnis 6h/18h eine Feuchtigkeitszunahme zu verzeichnen ist. Das Ergebnis war niederschmetternd:

Alle Dispersionsfarben und auch Siliconharzfarben zeigten im Vergleich zu einer gut rezeptierten Dispersionssilikatfarbe ein ungünstiges Verhalten.

w-Werte und s_d -Werte der untersuchten Anstrichsysteme:

	s_d [m]	W [kg/m ² /h ^{1/2}]	c [c _{f1} - c ₅₀ kg/m ³]	$s_d \cdot w$ [kg/m/h ^{1/2}]
Silikatfarbe	0,05	< 0,1	150–250	5 · 10 ⁻³
Siliconharzfarbe	0,08	< 0,1	200–300	8 · 10 ⁻³
DispF. PVK 45	0,40	< 0,1	200–300	40 · 10 ⁻³
DispF. PVK 72	0,15	≈ 0,5	200–300	75 · 10 ⁻³
Elastikf. PVK 30	0,70	≈ 0,1	400–500	70 · 10 ⁻³

Tabelle 1:
Die feuchterelevanten Kennzahlen der untersuchten Beschichtungsstoffe

Bild 1:
Feuchtehaushalt
der Proben, die im
Labor im Wechsel
6 h gewässert und
18 h getrocknet
wurden
[Quelle: 1]

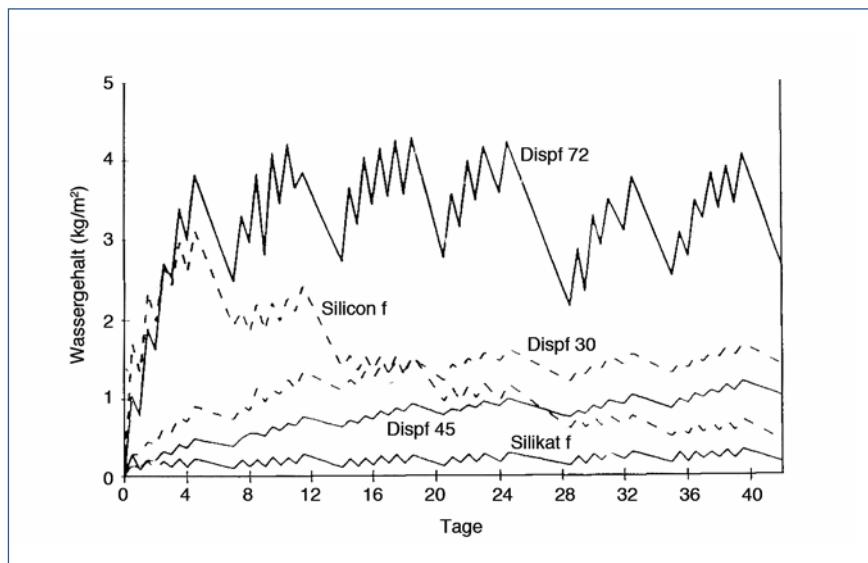
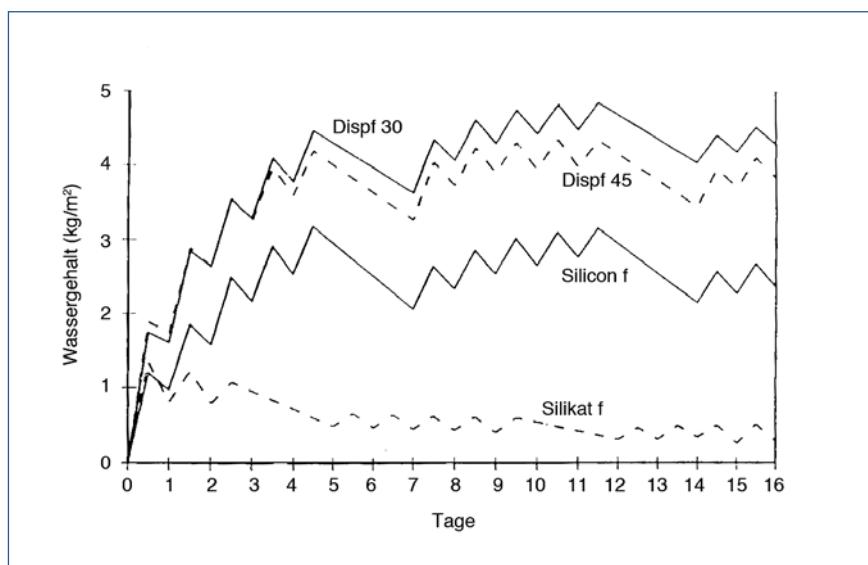


Bild 2:
Feuchtehaushalt
der Proben mit 6
Fehlstellen, die im
Labor im Wechsel
6 h gewässert und
18 h getrocknet
wurden
[Quelle: 1]



Ergebnis der Untersuchungen

Dispersionsfarben zeigen ein äußerst ungünstiges Bild mit hoher Feuchtigkeitszunahme; Siliconharzfarben sind nicht viel besser; lediglich die Dispersionssilikatfarbe zeigt unter allen Bedingungen keine Feuchtigkeitszunahme! Deshalb kommen die Autoren zu folgendem Ergebnis:

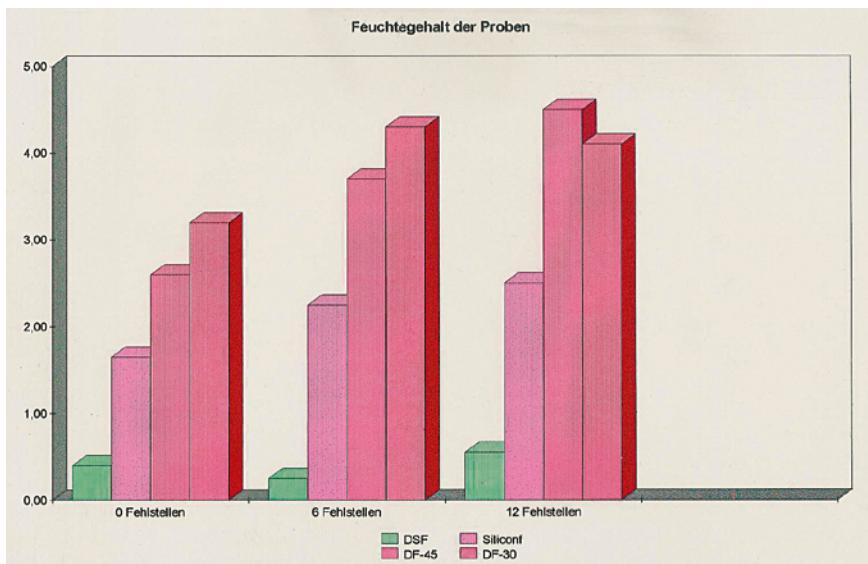


Bild 3:
Feuchtehaushalt
der Proben

»Hinsichtlich Feuchtehaushalt ist derzeit eine Fassadenbeschichtung mit den optimalen Eigenschaften dadurch zu erzielen, dass neben Wasserglas als Hauptbindemittel eine ausgewogene Silicon-Acryl-Kombination verwendet wird, die in der fertigen Beschichtung einen Glühverlust unter 5 % hat.«

Glühverlust bedeutet organische Anteile = Dispersionssilikatfarbe.

2 Angabe der Hersteller im Technischen Merkblatt – häufig Fehlanzeige

Dies kann man auch mit den w-Werten und s_d -Werten errechnen, wenn man anstelle der s_d -Werte die v-Werte einsetzt. In den folgenden Tabellen wurde dann der v-Wert für 3 °C mit 25 % des v-Wertes bei 23 °C angesetzt und der w-Wert in g/m²d durch den v-Wert bei 3 °C dividiert, um zur Austrocknungszeit zu gelangen. Die Tabellen wurden aus den technischen Merkblättern der Hersteller erstellt (Stand: 2006), die via Internet jedem zur Verfügung stehen. Insofern sind die Daten also nicht geheim, sondern allgemein bekannt.

Brillux gibt leider kaum Daten bekannt. Nur v-Werte wie bei der Dispersionssilikatfarbe helfen auch nicht, weil bei höherer Wasseraufnahme der Feuchtehaushalt trotz der guten v-Werte unzureichend sein kann (Tabelle 2).

Tabelle 2:
Daten Firma Brillux

Farbe Brillux	DIN 18363	Wasser- aufnahme in g/qm d	v-Wert 23°C in g/qm d	v-Wert 3°C in g/qm d	Austrock- nungszeit Tage
100	Dispersionsfarbe	?	?	?	?
903	Dispersionsfarbe	?	?	?	?
960	Dispersionsfarbe	?	?	?	?
56	Dispersionsfarbe	?	?	?	?
999	Polymerisat	?	?	?	?
918	Siliconharzfarbe	245	1050	263	0,9
1804	Dispersionssilikatfarbe	?	1050	263	
1811	Dispersionssilikatfarbe	?	?	?	?
380	Dispersionsfarbe	?	?	?	?

Die Firma Caparol gibt alle Werte bekannt, wenn auch nur relativ klein gedruckt. Wer die Werte sucht, findet sie und kann seine Schlüsse daraus ziehen (Tabelle 3).

Tabelle 3:
Daten Firma
Caparol

Farbe Caparol	DIN 18363	Wasser- aufnahme in g/qm d	v-Wert 23°C in g/qm d	v-Wert 3°C in g/qm d	Austrock- nungszeit Tage
Acryl Fass.-weiß	Dispersionsfarbe	4900	210	53	92,0
Amphisil	Dispersionsfarbe	4900	300	75	65,0
Amphibolin 2000	Dispersionsfarbe	392	42	11	35,0
Permasilan	Dispersionsfarbe	147	52	13	11,0
Fibrosil	Dispersionsfarbe	147	60	15	10,0
Muresko	Dispersionsfarbe	490	150	38	12,0
Sylitol	Dispersions- silikatfarbe	392	1050	263	1,5
Amphisilan	Siliconharzfarbe	392	420	105	3,7
Thermosan	Siliconharzfarbe	98	350	88	1,1

Die Firma Sto AG gibt auch alle Werte bekannt (Tabelle 4).

Farbe Sto AG	DIN 18363	Wasser- aufnahme in g/qm d	v-Wert 23°C in g/qm d	v-Wert 3°C in g/qm d	Austrock- nungszeit Tage
Jumbosil	Dispersionsfarbe	245	150	38	6,4
Crylan	Dispersionsfarbe	245	15	4	61,0
Fibrosil	Dispersionsfarbe	245	15	4	61,0
Maxicryl	Dispersionsfarbe	245			
Color S fein	Dispersionsfarbe	245	70	18	13,6
Royal	Dispersionsfarbe	245	15	4	61,0
Top	Dispersionsfarbe	245	15	4	61,0
Lastik	Dispersionsfarbe	245	15	4	61,0
Lotusan-G (Gift)	Siliconharzfarbe	245	2100	525	0,5
Silco Color	Siliconharzfarbe	490	2100	525	1,0
Silco elast	Dispersionsfarbe	100	28	7	14,0
Stosil	Dispersions- silikatfarbe	490	310	78	6,3

Tabelle 4:
Daten Firma
Sto AG

Auch die Firma Keimfarben gibt die Werte an (Tabelle 5).

Farbe Keimfarben	DIN 18363	Wasser- aufnahme in g/qm d	v-Wert 23°C in g/qm d	v-Wert 3°C in g/qm d	Austrock- nungszeit Tage
Purkristalat	Silikatfarbe	?	2100	525	?
Pukr. + Lotexan	Silikatfarbe + Siloxan	245	2100	525	0,5
Granital	Dispersions- silikatfarbe	490	2100	525	1,0
Soldalit	Sol-Silikatfarbe	490	2100	525	1,0

Tabelle 5:
Daten Firma
Keimfarben

Die reine 2K-Silikatfarbe ist kapillar-aktiv, weshalb ein w-Wert nicht angegeben werden kann, weil dieser nur vom w-Wert des Untergrundes abhängt.

Allgemein ist festzuhalten, dass auf beheizten = nicht gedämmten Fassaden viele Beschichtungen trotz ungünstigem Feuchtehaushalt funktionieren, weil die warme Wand die Feuchtigkeit schneller ausdiffundieren lässt als die kalte WDVS-Oberfläche. Bei der Renovierung von WDV-Systemen ist also besonders auf diese Werte zu achten.

Laut dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik ist aber die Oberflächentauwasserbildung bei Taupunktsunderschreitung von besonderer Bedeutung für den Algen und Pilzbefall, weil die Fassaden sehr lange feucht sind, auch wenn der Untergrund trocken ist. In Zürich wurde von Frau Dr. Fitz Folgendes vorgetragen (s. Bild 4 und 5) [2]:

Bild 4

Hintergrund

Beobachtung

Zunehmende Belastung von Fassaden
durch mikrobiellen Bewuchs (Bauschaden!)

Mögliche Ursachen

- Verminderte SO₂-Belastung der Atmosphäre
- Zunehmende Eutrophierung der Atmosphäre
- Globale Erwärmung
- Änderung der Oberflächenfeuchteverhältnisse durch zunehmende Wärmedämmung

Fraunhofer Institut Bauphysik Zürich 1. Februar 2005

Bild 5

Ursachen für mikrobiellen Befall

Bessere Wärmedämmung

=> Erhöhung der Dauer der Taupunkttemperaturunterschreitungen
durch nächtliche Unterkühlung

=> mehr Oberflächenfeuchte für mikrobielles Wachstum

♂ Annahme:
Taupunktstemperaturunterschreitungen maßgeblich für Bewuchsrisiko

Begründung:
♂ Bewuchs meist auf schlagregenarmer Nordseite

Fraunhofer Institut Bauphysik Zürich 1. Februar 2005

Vergleich zweier Fassaden mit und ohne WDVS: Die mit WDVS liegt die Nacht über unter der Taupunkttemperatur und wird nass. Ist die Oberfläche hydrophob, bleibt die Feuchtigkeit über viele Stunden pro Monat stehen. Für zwei Monate kam das Fraunhofer IBP bereits zu 200 Stunden und mehr. Da aber die Taupunktsunterschreitung nicht nur im Oktober und November, sondern in weiteren sechs Monaten anzunehmen ist, bedeutet dies ca. 800 Stunden Tauwasser an der Oberfläche, vermutlich sehr zum Vergnügen der Mikroorganismen (Bild 6 und 7).

Bild 6

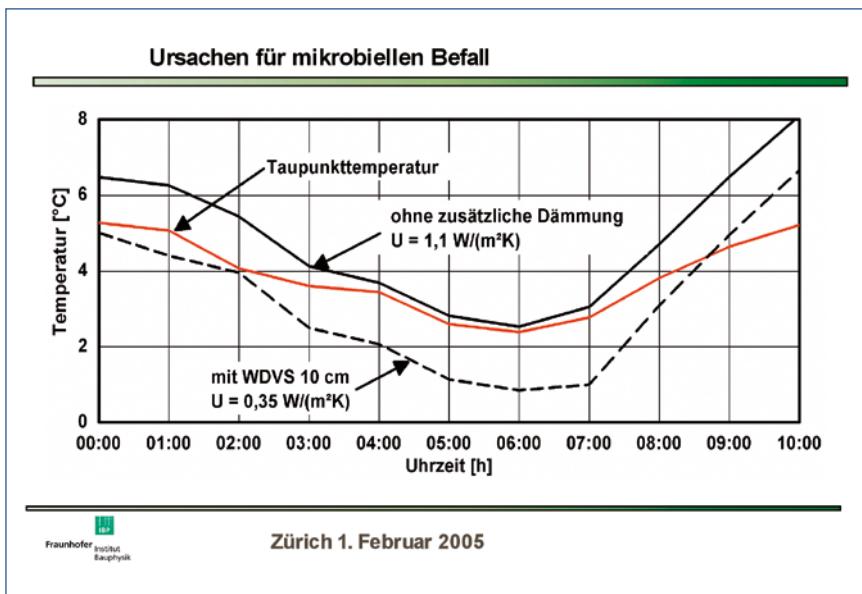
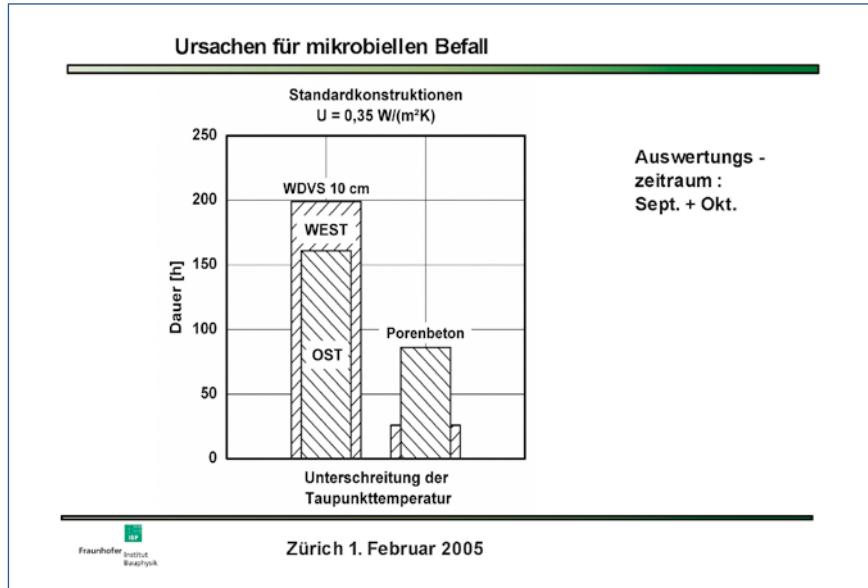
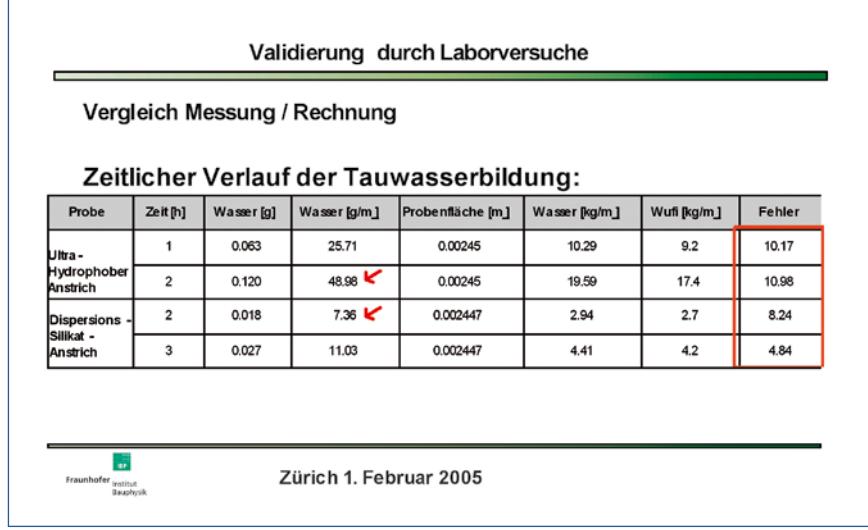


Bild 7



Dies deutet daraufhin, dass hydrophobe Systeme sich besonders ungünstig bezüglich des Oberflächentauwassers verhalten. Dies ist auch ersten Messungen des Fraunhofer IBP zu entnehmen, laut denen sich bei der ultrahydrophoben Beschichtung mit dem Lotuseffekt eine mehr als 6fache Wassermenge niederschlug – im Vergleich zu einer hyrophob eingestellten Dispersionssilikatfarbe (Bild 8).

Bild 8



Siliconharzfarben sind nach Meinung der Firma Sto AG in den allermeisten Fällen ein Betrug am Handwerk [3], weil die meisten Farben im Markt gar keine echten Siliconharzfarben sind. Von 55 untersuchten Siliconharzfarben waren nur 12 sog. echte Siliconharzfarben. Das zweite überraschende Ergebnis war, dass es die 12 echten Siliconharzfarben nur auf einen durchschnittlichen w-Wert von $0,32 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{0,5}$ brachten, was ja eine Wasseraufnahme von über $1500 \text{ g/m}^2 \text{ d}$ bedeutet. Nach EN 1062 also mittlere Wasserdurchlässigkeit. Von hoch wasserabweisend also keine Rede.

Zusammenfassung

Die Auswertung der technischen Merkblätter der Hersteller zeigt dem in s_d -, V- und w-Wert kundigen Baufachmann, was er bezüglich des Feuchteschutzes von den Beschichtungssystemen erwarten kann. Die Auswertung zeigt, dass die meisten Anstrichsysteme mangelhafte Ergebnisse bringen.

Den neuesten Forschungsergebnissen des Fraunhofer IPB ist zu entnehmen, dass die besonders hydrophoben Anstrichsysteme mit großem Randwinkel auf WDV-Systemen zusätzlich über hunderte von Stunden unter dem Taupunkt liegen und deshalb in diesem Zeitraum, wenn es nicht regnet, an der Oberfläche einen Wasserfilm anlagern, der die Mikroorganismen magisch anzieht.

Damit wäre bezüglich der Abwehr von Mikroorganismen ohne biozide Gifte neben einem möglichst niedrigen s_d -Wert von kleiner 0,01 m bzw. einem v-Wert von größer $2100 \text{ g/m}^2 \text{ d}$ auch eine benetzbare Oberfläche ohne Abperleffekt wünschenswert. Nicht hydrophob, nein hydrophil ist gefragt. Doch selbst diese Erkenntnis ist nicht neu: Bagda forderte schon vor sechs Jahren benetzbare = hydrophile Oberflächen, was zu dem Produkt Silamur auf Kieselsolbasis führt. Auch Agrob-Buchthal hat mit der Hydrotect-Beschichtung bewusst auf hydrophile Oberflächen gesetzt. Auch Sto AG scheint sich zu besinnen, wenn man die Ankündigung der neuesten Entwicklung mit »Phototosan« auswertet. Hoffentlich zerstört das photoaktive und hydrophile Titandioxid-Pigment nicht das Bindemittel der Farben, sonst landen wir wieder bei den »selbstreinigenden« Anstrichsystemen, die wir nun 30 Jahre hinter uns gelassen haben.

Literatur

- [1] Zur Beurteilung des Feuchtehaushaltes von Beschichtungsstoffen, Dr. Bagda, Engin und Michel, Reinhard in: Farbe & Lack, 101. Jahrgang, Heft 7, Seite 603 bis 605; 1995
- [2] Beeinflussung der Oberflächenfeuchte zur Vermeidung von Algenbewuchs, Dr.-Ing. M. Krus, Dr. C. Fitz; vorgetragen von Frau Dr. C. Fitz, IBP Holzkirchen, in Zürich, Stadtverwaltung, 01.02.2005
- [3] Schwarze Schafe täuschen das Handwerk, Merkblatt 1/04, Sto AG, CH-Niederglatt

VI Mängel – Schäden – Analyse

»Das ist seltsam, dass Männer, die sich für Sachverständige ausgeben, einander widersprechen und von einerlei Sache nicht einerlei Begriff haben.«
Lukian von Samosata, altgriech. Philosoph (180–120 v. Chr.(!))



Sachverständigkeit ist baukriminalistische Arbeit

»... Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit in eigener Verantwortung...«

Vorwort, DIN-Taschenbuch 70, Beuth-Verlag

Zur Verschmutzung von Fassaden

1 Partikel in der Troposphäre

Verschmutzungen an Fassaden resultieren aus Partikeln der Troposphäre. Die Troposphäre erreicht eine Höhe von 12 km und ist die wetterwirksame Luftschicht der Erdatmosphäre. Die Partikel in der Troposphäre sind fest, flüssig oder ein Gemisch aus festen und flüssigen Bestandteilen. Sie haben einen Durchmesser zwischen 10 nm und einigen µm. Die Partikel sind anorganischer und organischer Natur. Sie sind zum Teil natürlichen Ursprungs, z.B. Salzkristalle aus dem Meer, Erosionsmaterial von der Erdkruste, organische Emissionen über Waldflächen und zum anderen Teil aus Menschenhand (anthropogenen Quellen), wie z.B. aus Verbrennungsprozessen, Straßenverkehr oder Bau- und Industrietätigkeit. Die Emissionsquellen für Deutschland sind in Tabelle 1 und Anhaltswerte zur Zusammensetzung der Stäube für Deutschland in Tabelle 2 zusammengestellt.

Emissionsquelle	Anteil in %
Industrieprozesse	38,4
Schüttgutumschlag	17,1
Straßenverkehr	13,5
Übriger Verkehr	7,3
Haushalte	12,0
Kraft- und Fernheizwerke	7,7
Industriefeuerungen	2,3
Kleinverbraucher	1,7

Tabelle 1:
Staubemissionen
von insgesamt
259.000 t nach er-
mittelten Gruppen
in Deutschland für
1999 [1]

Tabelle 2:
Anhaltswerte zur Zusammensetzung der Feinstäube in Deutschland. Grobstäube haben ähnliche Zusammensetzungen wie Feinstäube.

Der Anteil an Material aus der Erdkruste ist bei Grobstäuben höher [1]

Bestandteile des Feinstaubes	Anteil in %
Kohlenstoffhaltiges Material (Ruß, Teer und Öl) aus kleineren Heizungsanlagen und Kfz-Verkehr, wobei der Ruß überwiegend von Dieselmotoren stammt	35
Sulfat-, Ammonium- und Nitratsalze	30
Anorganisches Material, das aus der Erdkruste aufgewirbelt wird	25
Wasser, angelagert an hygrokopischen Teilchen	10

Der organische Teil dieser Partikel besteht aus hochsiedenden organischen Verbindungen und aus Kohlenstoff mit graphitischen Strukturen (Ruß, schwarzer Kohlenstoff). Organische Partikel werden in der Troposphäre photochemisch, z. T. bis zu Kohlendioxid und Wasser, oxidativ abgebaut. Kommen sie auf Oberflächen, bilden sie wasserunlösliche Schichten im nm-Bereich, die vom Regen nicht abgewaschen werden, da sie hydrophob sind.

Tabelle 3:
Jahresmittelwerte der TSP-Konzentrationen 1995 über verschiedenen Städten [2]

Stadt	TSP-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Frankfurt	37
Florida	37
Tokio	49
Berlin	50
New York	55
Ankara	58
Prag	59
Rom	73
Brüssel	78
Moskau	100
Barcelona	117
Athen	179
Sofia	195
Manila	201
Bangkok	224
Shanghai	247
Jakarta	272
Peking	377
Delhi	415

Die Summe der Partikel in der Troposphäre (Total Suspended Particles TSP) ist regional unterschiedlich. Als Beispiel sind in Tabelle 3 die TSP-Konzentrationen verschiedener Städte wiedergegeben. Die TSP-Konzentrationen verdeutlichen, warum die Verschmutzung von Oberflächen durch Ablagerungen regional sehr unterschiedlich sein kann.

Die Größenverteilung, die Zusammensetzung und damit die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Partikel sind in der Troposphäre nicht homogen. Unterschiedliche Quellen und Bildungswege der Partikel sind dafür der Grund. Nakaya [6] hat z. B. festgestellt, dass der Rußanteil bei Vergrauung in der Stadt im Vergleich zu ländlichen Gebieten überwiegt, da in der Stadt die Dichte des Verkehrs und der Feuerungsanlagen höher ist. Noch höher ist der Rußanteil in Großstädten von Entwicklungs- und Schwellenländern, wo Filtertechniken bei Feuerungsanlagen und Industrieprozessen kaum Anwendung finden.

Für die Verschmutzung von Fassaden ist die chemische Zusammensetzung und die Größenverteilung der Partikel von Bedeutung. Die Partikel können in folgende drei Partikelgrößenbereiche eingeteilt werden (siehe Bild 1 und Tabelle 4).

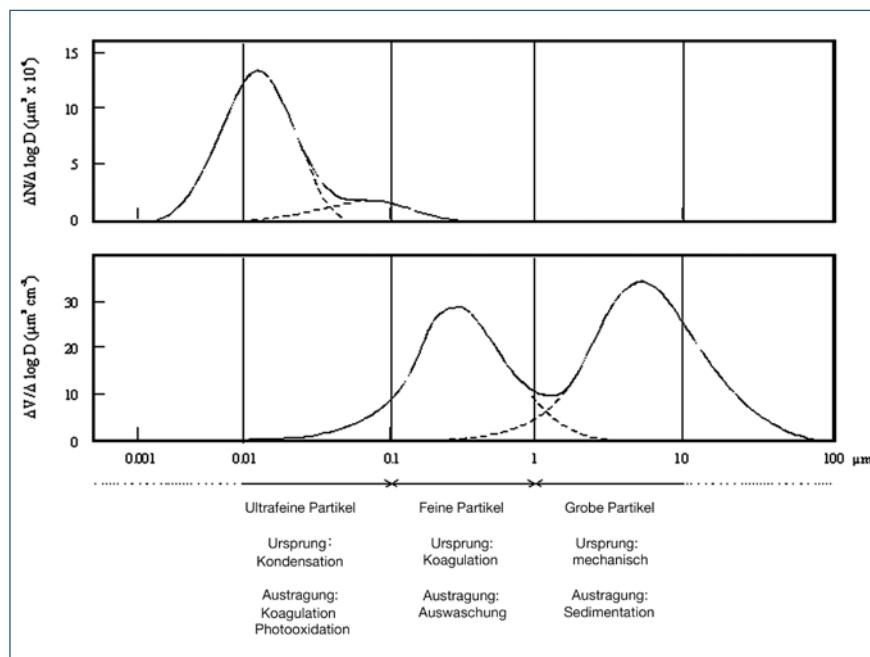


Bild 1:
Anzahl- (ΔN) und
Volumenverteilung (ΔV) der
Partikel in der
Troposphäre [3]

Tabelle 4:
Partikelgrößenbereich

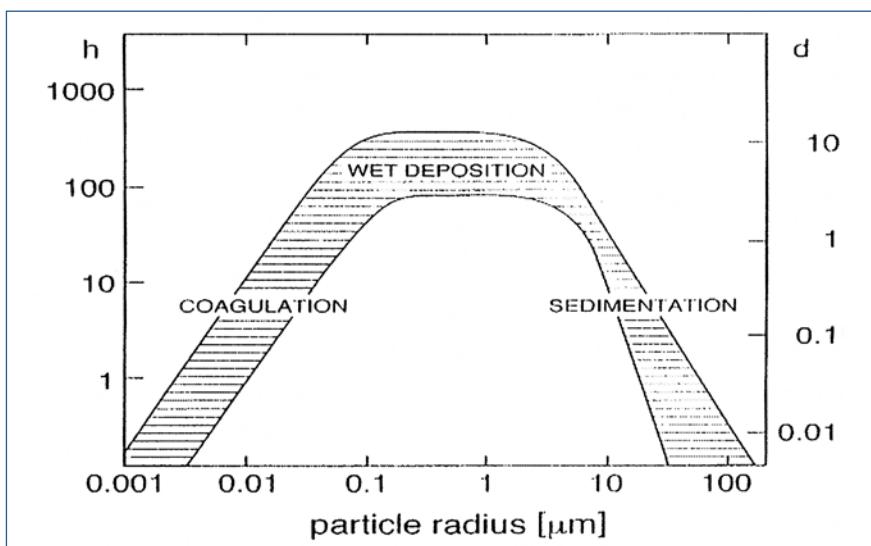
Partikelgrößenbereich	Bezeichnung	Deposition
PM _{1,0} bis PM ₁₀	Grobstaub	Mit Sinkgeschwindigkeit von 0,1 bis 1 cm/s
PM _{0,1} bis PM _{1,0}	Feinstaub	Bleibt in der Schwebefuge, bis sie mit dem Niederschlag ausgewaschen werden
< PM _{0,1}	ultrafeine Partikel	Werden durch Oxidation abgebaut oder durch Koagulation umgewandelt

1.1 Grobstaub (Partikelgrößenbereich PM 1,0 bis PM 10)

Partikel zwischen 1,0 µm und 10 µm sind lokalen Ursprungs. Sie werden durch Wind und Verkehr aufgewirbelt und transportiert. Ein Teil dieser Teilchen ist natürlichen Ursprungs, wie z. B. Salzkristalle in unmittelbarer Meeresnähe, Mineralteilchen aus der Bodenerosion, Sporen, Pollen, Bakterien und Pflanzenteile. Der andere Teil dieser Partikel ist anthropogenen Ursprungs, wie z. B. aus der unvollständigen Verbrennung organischer Materie oder vom Straßenverkehr (Reifen- und Bremsabrieb).

Der Grobstaub (PM_{1,0} bis PM₁₀) wird, bedingt durch die Gravitation, mit einer Sinkgeschwindigkeit von 0,1 cm/s bis 1 cm/s innerhalb von Stunden ausgetragen (mit zunehmender Partikelgröße und Dichte nimmt die Sinkgeschwindigkeit zu), weshalb gröbere Partikel im Allgemeinen nur über kurze Entferungen transportiert werden und in ihrem Ursprungsraum bleiben (siehe Bild 2).

Bild 2:
Lebensdauer der
Partikel in der
Troposphäre [5]



1.2 Feinstaub (Partikelgrößenbereich PM 0,1 bis PM 1,0)

Partikel zwischen 0,1 µm und 1,0 µm werden über große Räume verteilt. Diese Partikel sind unter dem Lichtmikroskop nicht zu sehen, da sie eine Größe < 1 µm haben. Diese Partikel halten sich über Tage und Wochen in der Luft ohne zu sinken und können über mehrere 1.000 km transportiert werden. Sie bestehen, unabhängig vom Standort, zum großen Teil aus wasserlöslichen Salzen wie Ammonium-, Natrium-, Calcium-, Magnesium-Nitraten und Sulfaten in Konzentrationen von einigen µg/m³. Sie enthalten etwa eine Zehnerpotenz weniger organische Verbindungen wie polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH's), deren Oxidationsprodukte (oxy PAH's), n-Alkane, deren Oxidationsprodukte, Fettsäuren, Hydrocarbonsäuren, Dicarbonsäuren und elementaren Kohlenstoff [4] (siehe Bild 3). Organische Verbindungen können während des Transportes auf vorhandene, hydrophobe Partikeloberflächen aufkondensieren und durch Oxidation zu wasserlöslicheren Produkten, mit höherem Siedepunkt, abgebaut werden. Der in den Partikeln enthaltene elementare Kohlenstoff, der primär aus dem Auspuff von Dieselfahrzeugen oder vom Hausbrand emittiert wird, unterliegt ebenfalls der Oxidation.

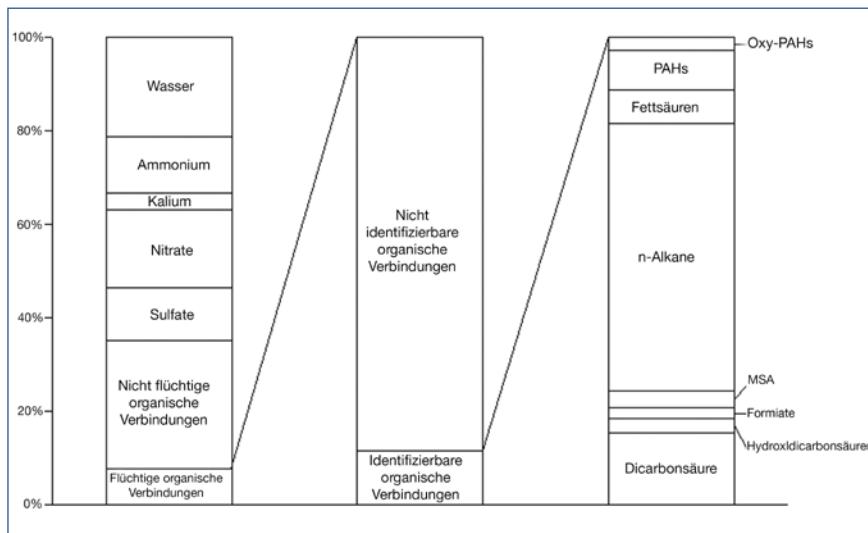


Bild 3:
Zusammensetzung (Masse-%) von Feinstaub (0,14 µm bis 0,42 µm) in Melpitz bei Torgau [4]

Der Feinstaub (PM_{0,1} bis PM_{1,0}) hat eine Lebensdauer von mehreren Tagen und wird im Wesentlichen mit Schnee, Regen und Nebel ausgetragen.

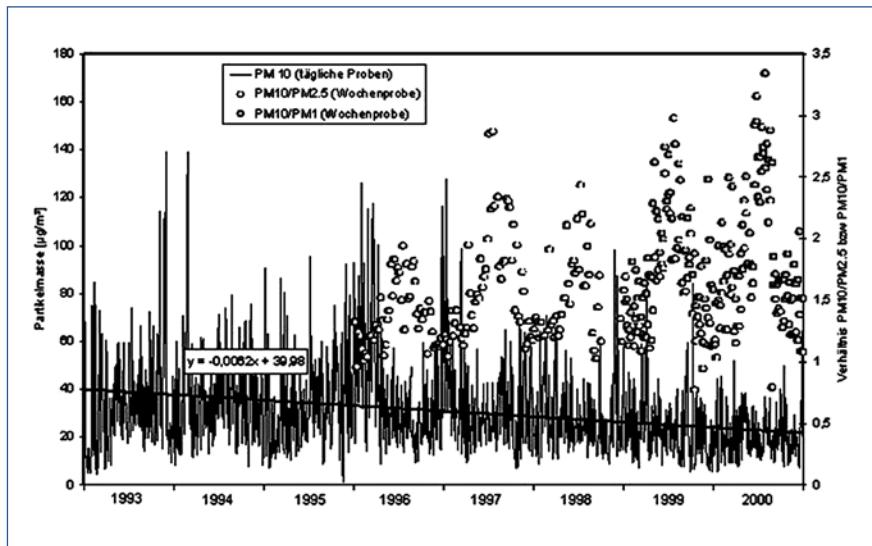
1.3 Partikelgrößenbereich PM 0,1

Ein Teil dieser ultrafeinen Partikel mit einer Größe $< 0,1 \mu\text{m}$ bilden sich in der Troposphäre aus gasförmigen Stoffen durch Koagulation. Diese Partikel sind instabil. Sie werden in der Troposphäre innerhalb von Tagen durch Oxidation abgebaut oder agglomerieren zu größeren Partikel (PM_{0,1} bis PM_{1,0}).

2 Deposition der Partikel aus der Troposphäre auf Fassaden

Die Partikel haften an Oberflächen, in Abhängigkeit ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften und der Eigenschaften der Oberflächen, unterschiedlich stark. In den letzten Jahren und Jahrzehnten hat es eine Veränderung der Zusammensetzung und Partikelgrößenverteilung der Schwebstäube gegeben. Vor den Erdölkrisen und vor der Ausprägung des Umweltbewusstseins wurden bis zu den 70er Jahren, durch den Einsatz von Braunkohle, Kohle, Schweröle und die ungefilterte Abgabe von deren Verbrennungsprodukten, Teilchen im μm -Bereich emittiert. Diese lagerten sich mit mehr oder minder hoher Sinkgeschwindigkeit auf Oberflächen ab. Daraus resultierten auf gegliederten Oberflächen, wie z. B. Skulpturen und rauen Putzoberflächen, Schichten aus Ruß und anderen Stäuben.

Bild 4:
Entwicklung
der Masse der
Teilchen PM₁₀
im Zeitraum von
1993 bis 2000
in Sachsen, vgl.
auch [7] und
die Verhältnisse
PM₁₀/PM_{2,5} und
PM₁₀/PM₁



In den letzten Jahren wird beobachtet, dass die Partikelmasse PM₁₀ kontinuierlich abnimmt [7] (siehe Bild 4) und winterliche Konzentrationsmaxima,

wie sie durch individuelle Braunkohlenheizungen verursacht wurden, weitestgehend ausbleiben. Dies ist auf den Rückgang der Braunkohlebrikettfeuerung und zunehmend wirksamere Filtertechniken zurückzuführen. Damit nimmt die Bedeutung der Verschmutzung von Oberflächen durch Ablagerungen aus sedimentierenden Partikeln mit Durchmessern $> 1 \mu\text{m}$ ab. Neuere Untersuchungen belegen, dass in den Städten, bedingt durch Dieselfahrzeuge, der Anteil des organisch gebundenen und elementaren Kohlenstoffs in der Fraktion $< 1 \mu\text{m}$ [8] zunimmt.

3 Verschmutzung durch Grobstaub

Die Verschmutzung von geneigten Flächen beruht überwiegend darauf, dass der Grobstaub auf diese sedimentiert. Es sind die Partikel, die abgelagert auf Fensterbänken, Simsen, etc. mit dem Regen zu Schmutzläufern führen. Mit zunehmender Neigung nimmt die Ablagerung der größeren Partikel ab, bis letztendlich an senkrechten, glatten Flächen die Partikel im Wesentlichen vorbei fallen. Das ist der Grund, weshalb waagerechte Flächen stärker verschmutzen als senkrechte.

Die Verschmutzung von senkrechten, rauen Flächen beruht auf die Sedimentation von Grobstaub auf die kleinsten waagerechten Teilflächen (z. B. auf einem Putzkorn). Deswegen verschmutzen Fassaden mit groben Strukturen in Gebieten mit viel Grobstaub stärker als glatte Fassaden.

Große Partikel $> 10 \mu\text{m}$ lassen sich mit einem Tuch, Besen oder Staubsauger mechanisch von der Fassade entfernen. Grobstaub von $1,0 \mu\text{m}$ bis $10 \mu\text{m}$ lässt sich mit Wasser, ggf. unter Zuhilfenahme eines Schwammes, von der Fassade entfernen.

4 Verschmutzung durch Feinstaub

Im Gegensatz zum Grobstaub gelangt Feinstaub im Wesentlichen durch die Luftbewegung an Oberflächen, an die sie durch Absorptionskräfte gebunden wird. Mit der Zeit können die Partikel auch in die Oberflächen diffundieren.

Für diese Absorptionstheorie der Partikel $< \text{PM}_{1,0}$ an Oberflächen spricht, dass auf vergraute Oberflächen, nach dem Entfernen der größeren Partikel mit Wasser, ein grauer Film bleibt, in dem auch mit dem Raster Elektronen Mikroskop (REM) keine einzelnen Partikel sichtbar sind. Diese gleichmäßigen, grauen Filme sind nicht mit Wasser (Regen) und apolaren Lösemitteln (z. B. n-Hexan) zu entfernen. Mit polaren, organischen Lösemitteln, wie z. B. i-Propanol, kön-

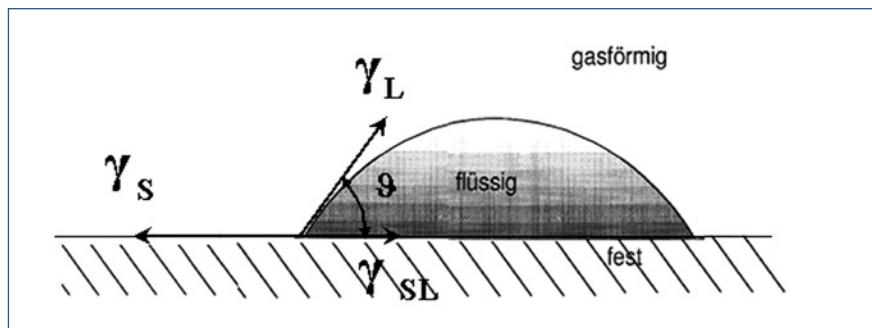
nen sie eluiert (abgewaschen) werden. Im Eluat werden mit GC-MS organische Verbindungen gefunden, die laut Literatur (z. B. [4]) in der Troposphäre in der Fraktion < PM_{1,0} als organischer Kohlenstoff vorhanden sind.

Da der Feinstaub absorbtiv gebunden wird, lässt er sich mechanisch oder mit Wasser, im Gegensatz zum Grobstaub, nicht entfernen. Der aus der Troposphäre abgelagerte, organische Feinstaub kann durch photochemische Oxidationsprozesse abgebaut werden.

5 Zur »Selbstreinigung« von Fassaden mit dem Abperleffekt

Fast jeder hat mit Teflon® Erfahrungen, an dem Wasser abperlt und an das nichts anklebt. So unterstellt man, dass Oberflächen, an denen Wasser abperlt, wenig verschmutzen (easy to clean) und keine feuchtebedingten Schäden zeigen. Der Abperleffekt resultiert aus dem Randwinkel ϑ , den das Wasser mit dem Untergrund bildet. Der Randwinkel ϑ der Wassertropfen ist nach der Young-Dupree-Gleichung von der Oberflächenspannung γ_L (_L für Liquid) des Wassers, der Oberflächenspannung γ_S (_S für Solid) der Oberfläche und der Grenzflächenspannung γ_{LS} , zwischen dem Wasser und der Oberfläche, abhängig (siehe Bild 5).

Bild 5:
Ein Tropfen
Wasser auf einem
Untergrund



$$\gamma_S - \gamma_{LS} = \gamma_L \cdot \cos \vartheta \quad \text{Gleichung 1}$$

Ist $\vartheta \approx 0^\circ$ wird die Oberfläche voll benetzt und das Wasser spreitet. Die Oberfläche wird als **hydrophil** bezeichnet. Dieser Fall liegt im Allgemeinen auf nicht hydrophobierten Mineralputzen, Silikatputzen und Silikatfarben mit dem Hauptbindemittel Wasserglas sowie auf abgewitterten, alten Oberflächen vor, an denen das organische Bindemittel an der Oberfläche abgebaut ist und die mineralischen Bestandteile, wie TiO₂, CaCO₃, SiO₂, überwiegen.

Ist $0^\circ < \vartheta < 90^\circ$ bildet das Wasser Tropfen mit flachem Randwinkel. Dieser Fall liegt bei allen organisch gebundenen Beschichtungen vor, da organische Verbindungen eine geringere Oberflächenspannung haben als mineralische (siehe Tabelle 5).

Stoff	Oberflächenspannung in mN/m
PolyTetrafluorkohlenstoff (PTFE) Teflon®	18 – 20
Polyethylen, Polypropylen	20 – 25
PVC	25 – 30
Fette	20 – 25
Silicone	20 – 25
Polystyrol	30 – 35
Alkydharze	30 – 35
Polyacrylat	35 – 40
Metalle und mineralische Stoffe, da Oberfläche molekular mit Wasser belegt	> 70

Tabelle 5:
Oberflächenspannung einiger Feststoffe bei 23°C

Ist $\vartheta > 90^\circ$ wird die Oberfläche nicht benetzt und als hydrophob (Wasser abstoßend) bezeichnet. Ist $\vartheta > 120^\circ$, so spricht man von Oberflächen, an denen das Wasser abperlt, da in diesem Fall beim Neigen der Oberfläche die Wassertropfen abrollen. Die Neigung, bei der das Wasser abrollt, nennt man Abrollwiderstand. Der Randwinkel ϑ sowie der Abrollwiderstand hängen, neben der Oberflächenspannung der Oberfläche, auch von dessen Rauigkeit ab. Auf rauen Oberflächen ist der Randwinkel größer als auf glatten Oberflächen gleicher Oberflächenspannung [9].

6 Randwinkel von Wasser auf Fassadenbeschichtungen

Es wurde der Randwinkel von Wasser auf folgenden Fassadenfarben bestimmt [10]:

- »Acrylfarben« mit PVK zwischen 30 % und 40 %, mit einem w-Wert $< 0,1 \text{ kg/m}^2/\text{h}^{0,5}$ und einem s_D -Wert von 0,50 m. Als Bindemittel wurden eine Styrolacrylatdispersion und mehrere Typen von Reinacrylatdispersionen, alle mit einer $T_G > 20^\circ\text{C}$, verwendet. Um den Einfluss des TiO_2 - und Bindemittelgehaltes auf die Benetzung und Vergrauung zu untersuchen wurden diese variiert.

- »Silikonharzfarben« pigmentiert in der Nähe der KPVK von ca. 65 %, mit einem w-Wert < 0,1 kg/m²/h^{0,5} und einem s_D-Wert < 0,10 m. Es wurde der Anteil an Dispersion, Siliconharz sowie hydrophobierendem Silikonöl variiert, um deren Einfluss auf die Benetzung und Vergrauung zu untersuchen.
- Eine rissüberbrückende Fassadenbeschichtung mit einem Bindemittel mit einem T_G von 5 °C, PVK 30 %, w-Wert < 0,1 kg/m²/h^{0,5} und s_D-Wert ca. 0,70 m.
- Silikatfarben mit dem Hauptbindemittel Wasserglas, einem w-Wert < 0,1 kg/m²/h^{0,5} und einem s_D-Wert < 0,10 m. Der Anteil an Dispersion bis 5 Masse % hatte keinen Einfluss auf die Benetzungseigenschaften, die Vergrauung und die bauphysikalischen Eigenschaften.

Alle Fassadenfarben beinhalteten gecoatetes Rutil TiO₂. Diese TiO₂-Typen sind weitgehend photokatalytisch inaktiv, um einer Kreidung und Aufhellung farbiger Beschichtungen vorzubeugen. Bei einigen Proben wurde 1 % Rutil TiO₂ durch 1 % Anatas TiO₂ ersetzt, um den Einfluss der Photokatalyse durch Anatas TiO₂ auf die Verschmutzung und die Benetzung zu untersuchen.

7 Messung der Vergrauung

Das Vergrauen von Oberflächen wird als Verschmutzung bezeichnet. Die Vergrauung kann nach DIN EN ISO 4628-1:2004-01 (Ersatz für DIN 53230:1983-04) visuell beurteilt werden. Dabei bedeutet die Kennzahl »0« als bestmöglicher Wert »keine Veränderung« und die Kennzahl »5« eine starke Veränderung gegenüber der Null-Probe. Der Vorteil der visuellen Beurteilung ist, dass neben dem Schmutz auch Algen- und Pilzbefall, Kreidung und andere Phänomene berücksichtigt werden können, die bei einer längeren Bewitterung zusammen auftreten können. Der Nachteil dieser vergleichenden Beurteilung ist, dass keine Absolutwerte, sondern nur qualitative Aussagen möglich sind.

Inzwischen ist es zum Stand der Technik geworden, nach dem CIE-LAB System DIN 1674, ISO 10526 die Helligkeit L* (0=schwarz, 100=weiss) einer Beschichtung vor der Bewitterung L*_{unbewittert} und während der Bewitterung L*_{bewittert} zu messen. Aus diesen L*-Werten kann, als Maß der Vergrauung, der ΔL*-Wert berechnet werden:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{bewittert}} - L^*_{\text{unbewittert}}$$

8 Ergebnisse der Freibewitterung auf die Benetzung

Die oben beschriebenen Fassadenbeschichtungen wurden mit 90° und 60° Neigung in Ober-Ramstadt (OR) sowie in Istanbul (IST) bewittert [13]. Es wurde in Abständen von einigen Monaten der Helligkeitsverlust ΔL^* (siehe Bild 6) und der Randwinkel von Wasser auf diesen Proben gemessen. Der Randwinkel der »Acrylatfarbe« fängt in Istanbul bei 60° Bewitterung nach 164 bzw. bei 90° Bewitterung nach 615 Tagen an abzunehmen (siehe Bild 7). Bei der »rissüberbrückenden Farbe« und der »Silikonharzfarbe« ist auch nach 615 Tagen Bewitterung bei 60° keine Änderung des Randwinkels festzustellen (siehe Bild 8). Dabei spielt es keine Rolle, ob bei diesen Beschichtungen 1 % Rutil TiO_2 gegen 1 % Anatas TiO_2 ausgetauscht wurde.

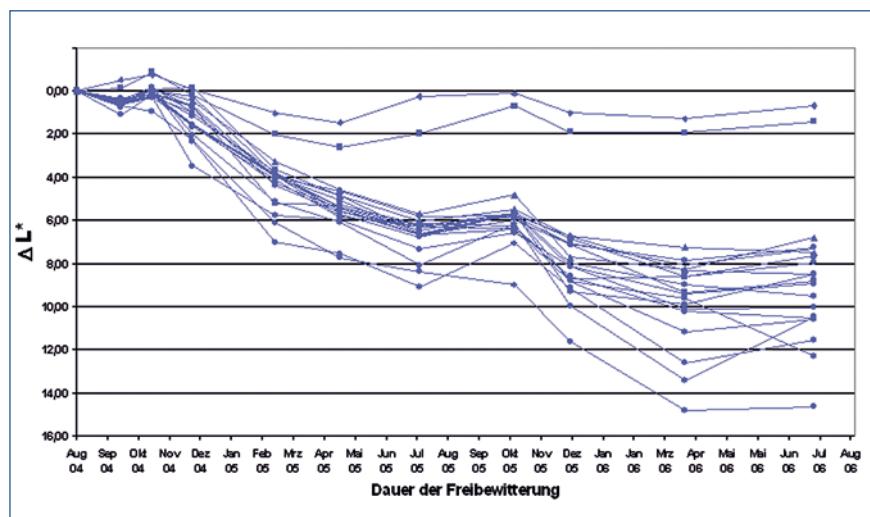


Bild 6:
Die Vergrauung von verschiedenen Fassadenfarben in Istanbul im Zeitraum August 2004 bis Juli 2006 [13]

Bild 7:
Veränderung
des Randwinkels
verschiedener Acrylatfarben bei der
Freibewitterung
in Istanbul bei
60° und 90° (AY:
Acrylat, SA: Styrol
Acrylat)

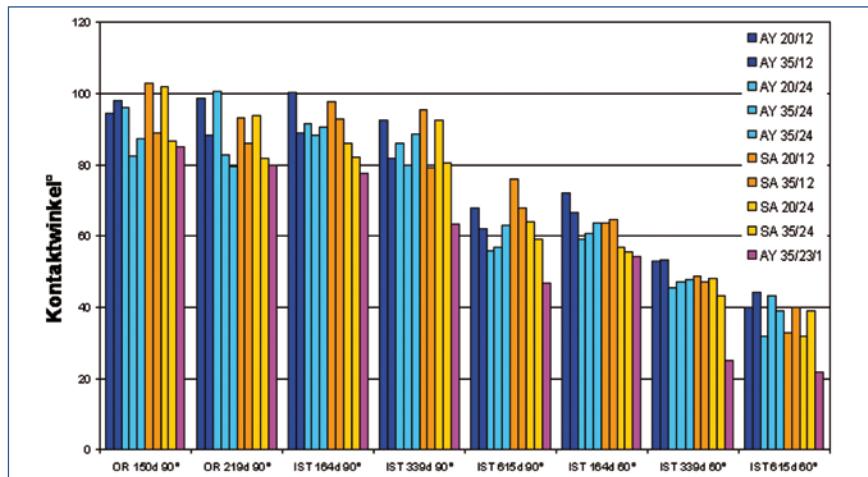
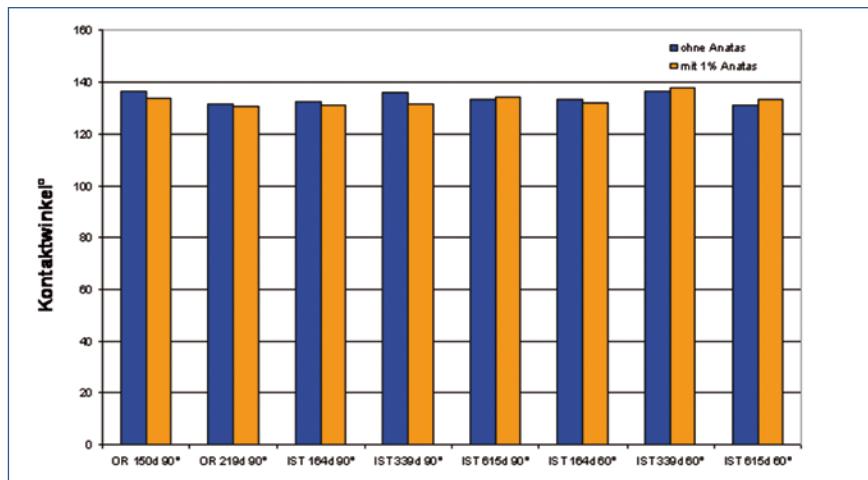


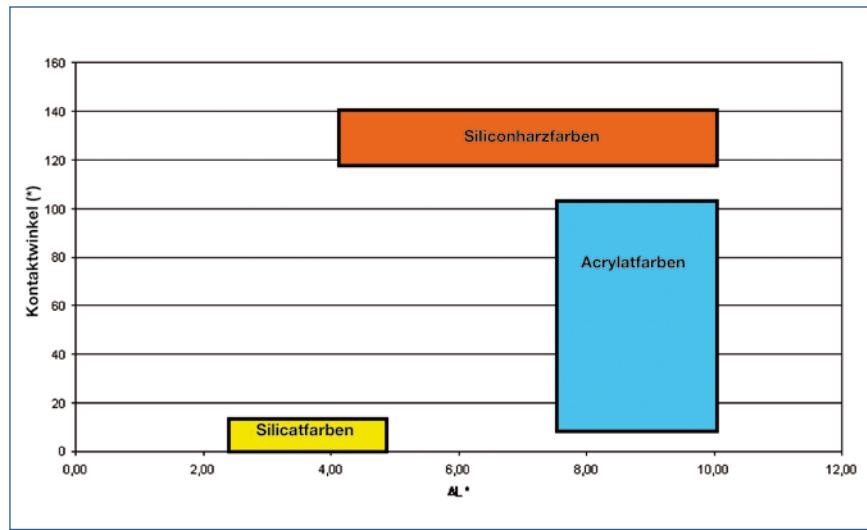
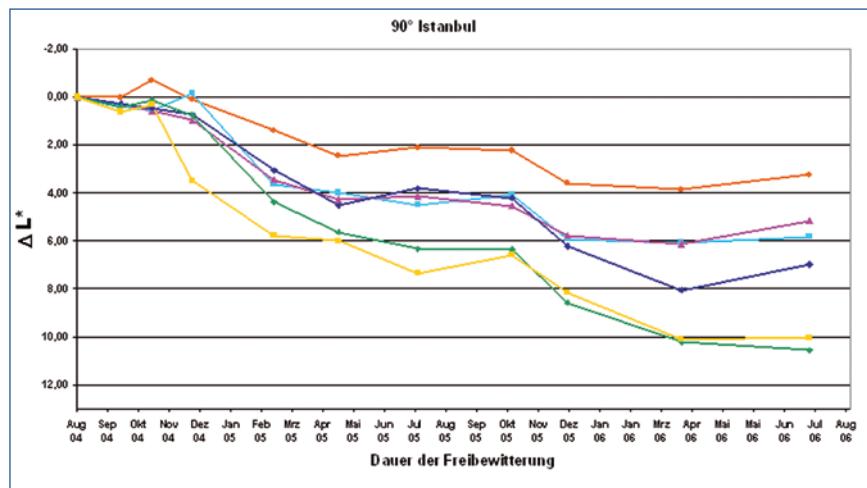
Bild 8:
Veränderung
des Randwinkels
verschiedener Silikonharzfarben
bei der Freibewitterung in Istanbul
bei 60° und 90°



Zur Verifizierung der unterschiedlichen Abnahme des Randwinkels bei der Freibewitterung der Acrylatfarbe und der Silikonharzfarbe wurden Farben mit unterschiedlichem Anteil an Acrylat und Silikonharz hergestellt. Es wurde festgestellt, dass der Randwinkel bei den Farben mit Silikonharz, im Gegensatz zu Farben nur mit Acrylat, nicht abnimmt. Auch Silikonharzfarben mit 3 % Anatas TiO₂, die nach 3 Jahren stark kreiden, zeigten einen Randwinkel von > 120°. Das zeigt, dass die Kreidung und damit die photokatalytische Wirkung des TiO₂ bei Silikonharzfarben auf die Benetzung nicht zur Wirkung kommt, wenn Silikonharze oder Abbauprodukte von Silikonharzen vorhanden sind. Anscheinend werden die TiO₂-Teilchen immer wieder neu vom Silikonharz oder dessen Abbauprodukten überzogen.

9 Der Abperleffekt hat keinen Einfluss auf die Vergrauung

In Bild 9 ist die Vergrauung von verschiedenen Siliconharzfarben wiedergegeben, die mit unterschiedlichen Silikonharzen und Silikonölen rezeptiert wurden. Alle diese Silikonharzfarben haben gemeinsam, dass sie einen Randwinkel $\vartheta > 120^\circ$ haben. Die Vergrauung zeigt in Abhängigkeit der verwendeten Silikonharze und Silikonöle große Unterschiede. Demnach kann die Vergrauung nicht vom Abperleffekt abhängen, sondern von der Rezeptur der jeweiligen Silikonharzfarbe.



In Bild 10 haben wir die Randwinkel und die Vergrauung der untersuchten Beschichtungen zusammengestellt. Dabei zeigen die Acrylatfarben mit der Zeit die größten Unterschiede im Randwinkel von $\vartheta \approx 100^\circ$ am Anfang bis $\vartheta \approx 0^\circ$ nach etwa einem Jahr. Bei den Silikonharzfarben bleibt der Randwinkel bei $\vartheta > 120^\circ$. Die Vergrauung zeigt, wie oben dargestellt, je nach verwendetem Silikonharz und Silikonöl, große Unterschiede. Silikatfarben werden gut benetzt und vergrauen am wenigsten, was auch in [11] bestätigt wird.

Wie schon früher vermutet [12,13] sind somit nicht der Randwinkel und die bauphysikalischen Eigenschaften, sondern die »Oberflächenklebrigkei« für die Vergrauung ausschlaggebend, wobei die »Oberflächenklebrigkei« nicht definiert ist und bis jetzt nicht gemessen werden konnte.

10 Zusammenfassung

Die zu Vergrauungen führende Ablagerung von Partikeln aus der Troposphäre kann, je nach Struktur und Neigung der Oberflächen sowie dem Standort, sehr unterschiedlich sein.

- Die Bindung der Partikel an die Oberflächen ist von den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Oberflächen und denen der Partikel abhängig.
- Die an der Oberfläche von Fassaden abgelagerten Partikel werden photooxidativ abgebaut. Fassaden, deren Oberflächen den photooxidativen Abbau begünstigen, bleiben »sauber«. Das ist seit Jahrzehnten von kredenden Oberflächen bekannt. Dieser Mechanismus ist aber eine Gefahr für die Farbtonbeständigkeit (Ausbleichen der Farbtöne).
- Für die Vergrauung ist die »Klebrigkei« der Oberfläche ausschlaggebend.
- Eine geringe Klebrigkei wird am besten durch Bindemittel erreicht, die eine möglichst hohe T_G haben oder, wie Silikatfarben, anorganischer Natur sind.
- Die »Klebrigkei« der Oberfläche wird neben der T_G von den verwendeten Additiven beeinflusst. Werden z. B. hydrophobierende Bestandteile an der Oberfläche angereichert, können diese eine »klebrige« Schicht bilden.
- Eine hohe Hydrophobie birgt die Gefahr, dass die Wassertropfen über die Oberfläche ablaufen ohne den Schmutz zu benetzen und somit mitzunehmen. So ist ein Randwinkel $\vartheta < 120^\circ$ hinsichtlich Vergrauung sicherer, als eine Superhydrophobie mit $\vartheta > 120^\circ$.

Literatur

- [1] Umweltbundesamt 2001
- [2] World Development Bank and Ontario Ministry of the Environment
- [3] B.J. Finlayson-Pitts; J.N. Pitts, Jr.; Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere, Academic Press; 2000
- [4] C. Neusüss, M. Pelzing, A. Plewka and H. Hermann; A new analytical approach for size-resolved specification of organic compounds in atmospheric aerosol particles: Methods and first results; Journal of Geophysical Research; 2000; 105, D4, pages 4513–4527
- [5] P. Warneck; Chemistry of the Natural Atmosphere; San Diego California; Academic Press, 1988
- [6] T. Nakaya; Development of a staining preventive coating for architecture; Progress in Organic Coatings; 1996; 27; pages 173–180
- [7] G. Spindler, K. Müller and H. Hermann; Main Particulate Matter Components in Saxony (Germany); ESPR-Environ. Sci. and Pollut. Res 6, (2); 1999; pages 89–94
- [8] E. Brüggemann, U. Franck, Th. Gnauk, H. Hermann, A. Neusüß, A. Plewka, G. Spindler, H. J. Stärk, R. Wennrich; Kerngrößendifferenzierte Identifikation der Anteile verschiedener Quellgruppen an der Feinstaubbelastung; Abschlußbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (13-8802.3521/46) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie; 2000
- [9] R.N. Wenzel; Ind. Eng. Chem., 1936; 28; Seite 988; J. Phys. Colloid Chem.; 1949; 53; Seite 1466
- [10] E. Bagda; A. Ülgen; Farbe und Lack, 2006; 3, Seite 36–42
- [11] K. Gaszner; Zur Vortragstagung der Fachgruppe Anstrichstoffe und Pigmente der GDCH, Eisenach 21.–23.09.2005.
- [12] O. Wagner; Farbe und Lack, 107; 2001; 1; Seite 105
- [13] E. Bagda; Farbe und Lack, 110; 2004; 12; Seite 60

*»Nichts ist unglaublicher
als die Wirklichkeit.«*

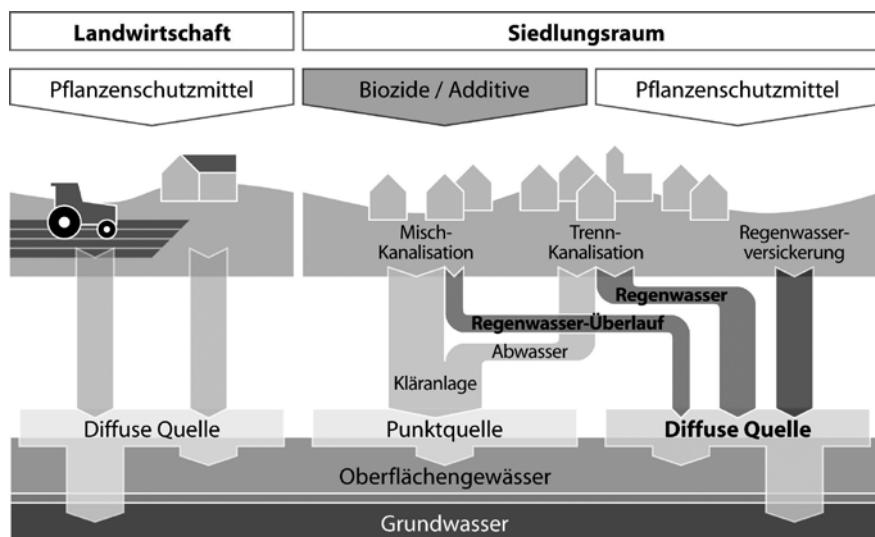
Fjodor Michajlowitsch Dostojewskij, russischer Schriftsteller (1821–1881)

Auswaschung von Bioziden aus Fassaden und Vorkommen im Regenwasserabfluss

1 Einleitung

Die Ableitung von Regenwasser erfolgt in der Siedlungsentwässerung über Versickerung, Direkteinleitung ins Gewässer via Trennkanalisation oder Einleitung in die Mischkanalisation mit nachfolgender Behandlung in einer Kläranlage (Bild 1). Insbesondere in Neubaugebieten werden die Versickerung und Direkteinleitung umgesetzt. Die schlechte Versickerungsfähigkeit des Bodens oder ein hoher Grundwasserstand sind Gründe, warum die Trennkanalisation bevorzugt wird. Auch die Qualität des Regenwasserabflusses beeinflusst die Entsorgungswege, denn belastetes Regenabwasser ist behandlungsbedürftig (Behandlungsgebot). Dies ist in der Schweiz für metallhaltige Oberflächen, z. B. aus Kupfer oder Zink, und pestizidhaltige Dachbahnen der Fall [1]. Unklar ist, ob weitere organische Substanzen aus Baustoffen ausgewaschen werden. Insbesondere Biozide, die *per se* ökotoxische Effekte auf Organismen zeigen, werden dabei kritisch betrachtet.

Bild 1:
Regenwasserentsorgung im ländlichen und urbanen Raum. Dargestellt sind mögliche Belastungsquellen sowie die Eintragswege in Grund- und Oberflächenwasser



Untersuchungen von Klärschlamm, gereinigtem Abwasser aus Kläranlagenabläufen und Gewässern unterstreichen das Vorkommen von Bioziden in der Umwelt [2, 3, 4]. Für ein nachhaltiges Regenwasser-Management und den Gewässerschutz ist zu klären, aus welchen Quellen die Biozide freigesetzt werden und welche Auswirkungen auf Organismen zu erwarten sind. Als potentielle Quelle von Bioziden wurden Fassadenmaterialien von Gebäuden identifiziert, denn nach dem Stand der Technik sind kunstharzgebundene Farben und Verputze mit Bioziden gegen Algen und Pilze ausgerüstet [5].

2 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen von Labor- und Feldversuchen wurde die Auswaschung von bioziden Wirkstoffen aus verschiedenen Farben und Verputzen untersucht. Zu den untersuchten Bioziden zählen beispielsweise Diuron, Cybutryn, Terbutryn – alle drei Biozide wirken gegen Algenbewuchs – und Carbendazim, ein Mittel gegen Pilzbefall. Diuron und Carbendazim werden auch als Pestizide in der Landwirtschaft eingesetzt. Hingegen ist Terbutryn für die Anwendung in der Landwirtschaft nicht mehr zugelassen. Cybutryn hat sich vor allem als Wirkstoff für Schiffsanstriche etabliert. Cybutryn und Terbutryn gehören zur Wirkstoffgruppe der Triazine, zu der auch Atrazin zählt.

Im Labor wurde die Auswaschung unter Variation von Temperatur, UV-Bestrahlung und Beregnungsmenge untersucht. Marktgängige Farben und Putze mit definierten Wirkstoffmengen (je Wirkstoff 1500 mg/m²) wurden

auf Wärmedämmplatten praxisgerecht aufgetragen. Während 80 Berechnungen mit jeweils 80 L/m² wurden je Berechnung in fünf definierten Zeitabständen Abflussproben entnommen und analysiert. Weitere experimentelle Details sind bei Burkhardt [5] zu finden.

In einem Siedlungsgebiet, wo die eingesetzten bioziden Wirkstoffe für die Überbauungen bekannt sind, wurde die Belastung des Fassadenabflusses an realen Gebäuden untersucht und deren Vorkommen bis ins Gewässer verfolgt. Dafür wurden an mehreren Standorten Abflussmessungen und Probenahmen durchgeführt. Auch diese Biozide wurden mit den neuesten Methoden der Spurenanalytik (LC-MS/MS) analysiert.

Die ökotoxikologische Beurteilung der Wasserqualität basiert auf effekt-bezogenen Konzentrationen [5]. Die sog. »Hazardous Concentration« HC05 bezieht sich auf 95 % einer betrachteten Spezies. So soll der HC05_{NOEC} für Algen beispielsweise 95 % der Algen schützen. Die Wirkung der Triazine und von Diuron erfolgt durch eine reversible Hemmung der Photosynthese, während Carbendazim irreversible Effekte verursacht.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Laborversuche zur Auswaschung von Bioziden aus Fassaden

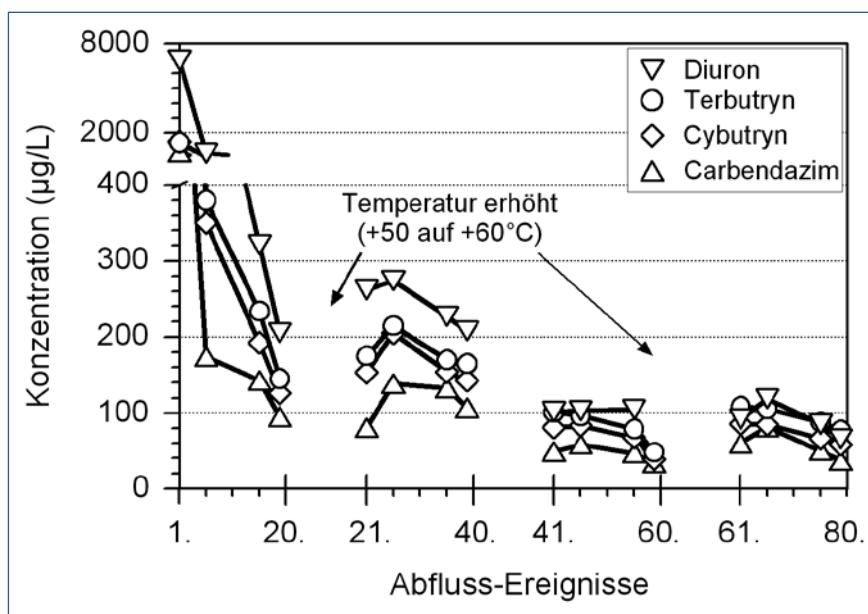
Im Fassadenabfluss der Laborversuche nehmen die Konzentrationen von den vier Bioziden über die Berechnungsergebnisse stark exponentiell ab (Bild 2). Unter den gewählten Versuchsbedingungen liegen die höchsten Konzentrationen im ersten Liter des Fassadenabflusses vor und erreichen beispielsweise 7000 µg/L für Diuron und 700 µg/L für Carbendazim. Die hohen Anfangskonzentrationen auf neuen Beschichtungen beruhen vor allem auf einer lösungsdominierten Auswaschung. Im Fassadenabfluss nach 60 min Berechnungsdauer sind nur noch rund 80 µg/L Diuron sowie 40 µg/L Carbendazim nachgewiesen worden.

Diuron besitzt mit 42 mg/L die höchste Wasserlöslichkeit unter den vorgestellten Bioziden [6] und wird auch am stärksten ausgewaschen. Die Konzentrationen von Cybutryn und Terbutryn sind durchweg geringer als diejenige von Diuron. Auffallend ist darüber hinaus, dass trotz unterschiedlicher Wasserlöslichkeiten – Cybutryn 7 mg/L und Terbutryn 25 mg/L – die Auswaschraten sehr ähnlich sind. Wäre ausschließlich die Wasserlöslichkeit relevant, so hätten für Cybutryn und Carbendazim (Wasserlöslichkeit 8 mg/L) ähnliche Konzentrationen auftreten sollen. Die Konzentrationen von Carben-

dazim liegen über die gesamte Bewitterungsdauer tiefer. Die Wasserlöslichkeit der Biozide ist also nicht alleine bestimmt für die Auswaschung, sondern weitere Faktoren wie die Farb-/Putzmatrix, der pH-Wert und die Stabilität der Wirkstoffe. Die Untersuchungen zeigen, dass die Lipophilität, ausgedrückt durch den Verteilungskoeffizienten zwischen Octanol und Wasser (K_{OW}), ein wichtiger Parameter für die Auswaschbarkeit darstellt. Darin spiegelt sich der Einfluss des organischen Bindemittels wider. Deshalb dürften unter gleichem Witterungseinfluss die Wirkstoffe in Abhängigkeit von den Farb- und Putzeigenschaften unterschiedlich dauerhaft geschützt sein.

Bild 2 zeigt, dass eine Temperaturerhöhung die Freisetzung von Bioziden beschleunigen kann (Luftfeuchtigkeit nahe 90 %). Dies lässt erwarten, dass unter sommerlichem Temperatureinfluss und auf eingefärbten Fassaden die Fassadenabflusskonzentrationen grundsätzlich höher liegen dürfen. In gealterten Fassaden wird die Auswaschung vor allem durch eine temperaturbedingte Diffusion an die Fassadenoberfläche bestimmt.

Bild 2:
Auswaschung von vier Bioziden aus kunstharzgebundenem Putz während 80 Beregnungen mit jeweils 80 mm Wasser innerhalb von 1 h Dauer.
Die gesamte Versuchsdauer umfasste 28 Tage. Vier Phasen mit jeweils 20 Intervallen (=5 Tage) und nachfolgenden zwei Ruhetagen wurden untersucht. Vor der 21. und 61. Beregnung wurde die Temperatur jeweils von +50 °C auf +60 °C erhöht.



Die Konzentrationen der Biozide nehmen nicht nur über die gesamte Simulationsdauer exponentiell ab, sondern ebenfalls über jedes einzelne Beregnungsintervall. Bild 3 zeigt den Konzentrationsverlauf beispielhaft im 1. und 61. Abflussereignis. Unter Berücksichtigung der Beregungsmenge sind 50–60 % der Biozidfracht bereits innerhalb der ersten 10–15 Minuten ab-

gewaschen (Beregnungsdauer 60 min). Daraus lässt sich schließen, dass die Schlagregendauer vermutlich eher von untergeordneter Bedeutung für die Auswaschmenge ist.

Die ausgewaschene Fracht umfasst im ersten Beregnungsintervall 1,5 % der zugesetzten Biozidmenge und verringert sich auf beispielsweise 0,1 % im 61. Intervall. Bezogen auf die gesamte Bewitterung sind aus dem untersuchten Putz 7 % Carbendazim, 19 % Cybutryn, 21 % Terbutryn und 29 % Diuron ausgewaschen worden. Unter realen Bewitterungsbedingungen dürfte demzufolge Diuron bei gleicher Einsatzmenge viermal schneller ausgewaschen werden als Carbendazim, und daher den Regenwasserabfluss – bezogen auf die Konzentration – stärker belasten. Die rasche Verarmung an Bioziden in Fassadenbeschichtungen, wie sie im Laborversuch mit intensiver Schlagregenbelastung beobachtet wurde, wirft die Frage auf, wie gut die Resultate auf reale Gebäudefassaden übertragbar sind.

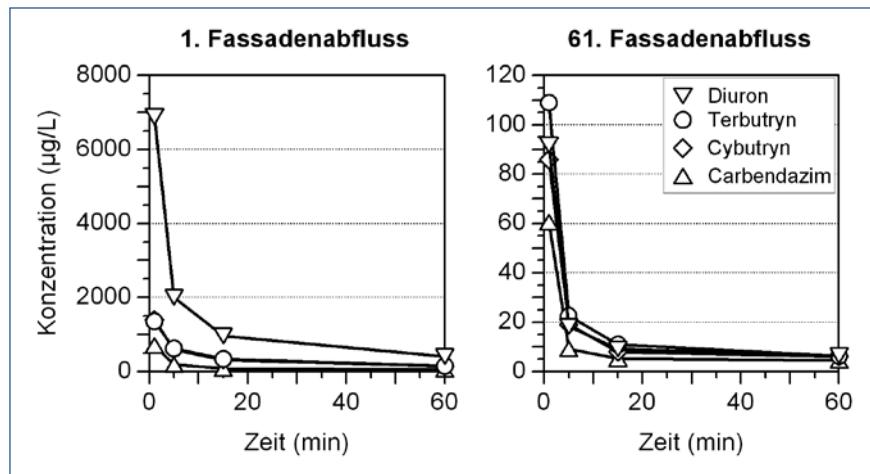


Bild 3:
Auswaschung von
Diuron, Terbutryn,
Cybutryn und
Carbendazim aus
Fassadenputz
während der 1.
und 61. Bereg-
nung

3.2 Feldstudie zum Vorkommen von Bioziden im Regenwasserabfluss

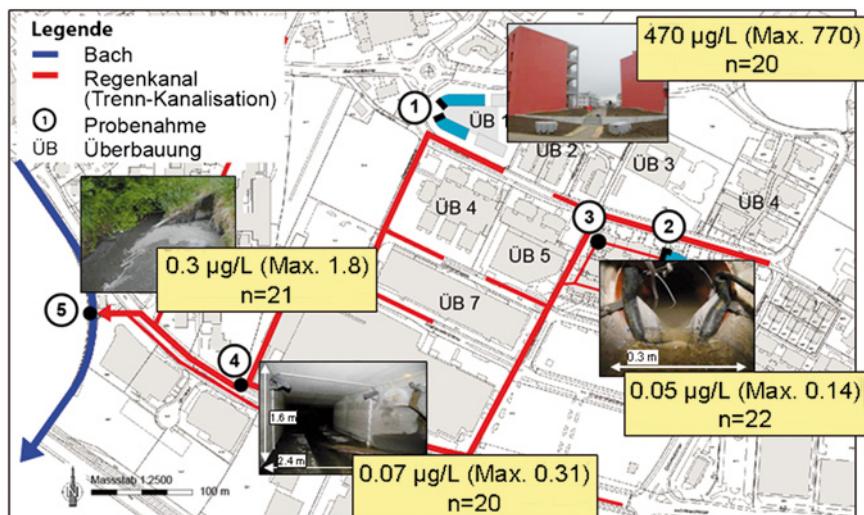
Im Rahmen der Felduntersuchung wurden über einen Zeitraum von mehreren Monaten die Konzentrationen der Biozide im Fassadenabfluss und Regenkanal quantifiziert (Bild 4). An einem relativ neuen Gebäude (Standort 1: Alter < 9 Monate) lagen die Konzentrationen im Fassadenabfluss von südwest- und nordwestexponierten Fassaden beispielsweise von Terbutryn zwischen 100 und 770 µg/L (n=20). Im Abfluss einer rund vier Jahre alten westexponierten Fassade lagen die Biozidkonzentrationen bereits rund drei bis vier Größen-

ordnungen tiefer. Einige Biozide dürften damit bereits nach kurzer Zeit ihre Wirksamkeit verlieren.

Das Fassadenwasser von sämtlichen Überbauungen des Untersuchungsgebiets fließt über die gebäudenahen Sickerleitungen direkt in den Regenkanal der Trennkanalisation ab. An den Standorten 3 bis 5 wurden Proben im Regenkanal gesammelt (Bild 4). Terbutryn, welches ausschließlich in Fassadenbeschichtungen eingesetzt wird, konnte bis zur Einleitung ins Gewässer nachgewiesen werden. Im Regenkanal nehmen die Konzentrationen zwischen den drei Standorten bis zur Einleitung tendenziell eher zu, so dass auf Höhe der Einleitung ins Gewässer im Regenkanal bis zu $1,8 \mu\text{g/L}$ Terbutryn gefunden wurden. Die Altersstruktur der Gebäude im Einzugsgebiet ist dafür von erheblichem Einfluss. Wenn bis zum Gewässer weitere Fassadenabflüsse von neuen und renovierten Gebäuden eingeleitet werden und der Anteil von unbelastetem Regenwasser gering ist, so fällt die Belastung hoch aus. Umgekehrt kann viel unbelastetes Regenwasser die Konzentrationen bis zum Gewässer deutlich verdünnen.

Bild 4:
Vorkommen von
Terbutryn im
Regenwasser eines
Siedlungsgebiets
mit 9 Überbauun-
gen. Die Probe-
nahmestandorte
1 und 2 repräsen-
tieren Fassaden,
3 und 4 den
Regenkanal sowie
5 die Einleitung
ins Fließgewässer.

Dargestellt sind
die Mittelwerte
und Maximalkon-
zentrationen in
 $\mu\text{g/L}$ für jeweils
20–22 Proben



3.3 Ökotoxizität der Biozide

Die derzeit gültige Anforderung an Fließgewässer in der Schweiz von $0,1 \mu\text{g/L}$ je Biozid unterscheidet die Belastung im Gewässer für verschiedene Wirkstoffe nicht. Um ökotoxische Effekte abschätzen zu können, werden daher vielfach substanzspezifische Qualitätskriterien vorgeschlagen. Vorgeschlagen wurde beispielsweise der dynamischen Belastung mit einem chronischen und

akuten Zielwert gerecht zu werden [7]. Dabei soll das akute Qualitätskriterium zu keinem Zeitpunkt und das chronische nicht in kleineren Abständen als zwei Wochen überschritten werden. Für Terbutryn wurden $0,17 \mu\text{g}/\text{L}$ chronisch und $1,4 \mu\text{g}/\text{L}$ akut definiert [7]. Im Untersuchungsgebiet lagen nahe der Einleitung ins Gewässer einzelne Terbutryn-Konzentrationen sogar über dem akuten Qualitätskriterium (Bild 4). Außerdem zeigt sich, dass alle drei Biozide deutlich tiefere akute und chronische Qualitätskriterien aufweisen als das aus der Landwirtschaft bekannte und in Europa bereits verbotene Herbizid Atrazin ($1,8 \mu\text{g}/\text{L}$ und $15 \mu\text{g}/\text{L}$). Cybutryn zeigte das größte Wirkungspotenzial mit einem chronischen Kriterium HC₀₅_{NOEC} von $18 \text{ ng}/\text{L}$. Dieser Wert liegt 100-mal niedriger als für Atrazin.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Durch die verstärkte Wärmedämmung an Gebäuden ist damit zu rechnen, dass der Biozideinsatz in Fassadenbeschichtungen noch zunehmen wird. Die gegenwärtige Baupraxis weist hier in eine eindeutige Richtung. Für einen ökonomisch und ökologisch nachhaltigen Gewässerschutz bieten sich vor allem Maßnahmen an der Quelle an (»Source Control«). Kenntnisse zur Auswaschung sollten auch für die Hersteller von Fassadenbeschichtungssystemen von Nutzen sein, denn darüber lassen sich die Rezepturen optimieren und eine unerwünscht hohe Auswaschung minimieren.

Wie die Regenwasserbelastung aus Sicht eines nachhaltigen Regenwasser-Managements darüber hinaus zu lösen ist, ist noch unklar. Die beobachteten Konzentrationen und Frachten im Fassadenabfluss und Regenwasser zeigen in jedem Fall, dass bei der urbanen Regenwasserentsorgung qualitative Aspekte verstärkt Beachtung finden müssen. Dies vor dem Hintergrund, dass verschmutztes Regenwasser im Regenkanal von Trennsystemen fast ohne Retardation und Abbau der mitgeführten Substanzen in die Gewässer geleitet wird.

Literatur

- [1] VSA: Regenwasserentsorgung – Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. Zürich, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, 2002.
- [2] Gerecke, Andreas et al.: Pestizide in Oberflächengewässern. Einträge via ARA: Bestandsaufnahme und Reduktionsmöglichkeiten. GWA Gas, Wasser, Abwasser, 2001, Nr. 81, S. 173–181.
- [3] Kupper, Thomas et al.: Fate and removal of polycyclic musks, UV filters and biocides during wastewater treatment. Water Research, 40(2006), S. 2603–2612.
- [4] Balsiger, Christian et al.: Gewässerbelastung durch Pestizide. Gas, Wasser, Abwasser GWA, 2007, Nr. 3, S. 177–185.
- [5] Burkhardt, Michael et al.: Biozide in Gebäudefassaden – ökotoxikologische Effekte, Auswaschung und Belastungsabschätzung für Gewässer. Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (UWSF), 21(2009), Nr.1, S. 36–47.
- [6] Paulus, Wolfgang: Directory of Microbiocides for the Protection of Materials. Dordrecht, Springer, 2006.
- [7] Chèvre, Nathalie et al.: Pestizide in Schweizer Oberflächengewässern. Gas, Wasser, Abwasser GWA, 2006, Nr. 4, S. 297–307.

Hinternässte Fassaden – Planungs-, Produkt- und Ausführungsmängel

1 Einleitung

Die Deckschicht eines Wärmedämmverbundsystems dient nicht nur der optischen Gestaltung eines Bauwerkes, sie schützt die Dämmschicht und die dahinter liegende Bausubstanz vor Witterungseinflüssen. Gelangt Wasser hinter die Fassade und damit in die Gebäudehülle, hat das in der Regel fatale Folgen. Dabei ist es egal, in welchem Aggregatzustand, auf welchem Wege und woher das Wasser eindringt.

Wassereintrittstellen in der WDVS-Deckschicht in Form von Rissen oder mangelhaften An- oder Abschlüssen stellen eine Gefährdung der unmittelbar dahinter liegenden Dämmung durch eindringenden Niederschlag dar – feuchte Wärmedämmung verliert ihre dämmende Eigenschaft. Wird ein WDVS lange Zeit und intensiv hinternässt, kann es zu nachhaltigen Schäden auch an der Bausubstanz kommen, die sogar die Erneuerung des WDVS zur Folge haben kann.

Der nachfolgende Beitrag befasst sich mit den Folgen von Hinternässungen bei Außenwand-Wärmedämmverbundsystemen mit Mineralwolle, Kork, expandiertem Polystyrol (EPS) und Holzweichfaser und versucht aufzuzeigen, wie derartige Probleme vermeidbar wären.

2 Wasser ist zum Bauen da!

Ohne Wasser kein Leben! Ohne Wasser gibt's kein Bauen! Gäbe es kein Wasser, könnten nicht einmal Naturvölker ihre Lehmhütten bauen, wir hätten keinen Beton, keinen Mörtel, auch keinen Kunststoff, keine Beschichtung. Es

gäbe vielleicht nur Häuser aus Holz, aber das braucht ja auch wieder Wasser zum Wachsen. Wir haben aber ausreichend Wasser auf unserer Erde, so dass wir Bauwerke der unterschiedlichsten Art herstellen können und auf eine Vielzahl von Bauweisen zurückgreifen können.

Wenn aber so ein Bauwerk vollendet ist, dann gilt plötzlich ein recht gegenteiliges Motto, nämlich: »Wasser weg vom Haus!«! Zwar hat diese alte Bauregel unverändert Gültigkeit, doch wie auch in vielen anderen Bereichen unseres Lebens, ignoriert man heute auch in der Architektur und im Bauwesen allgemein ganz gerne das Althergebrachte, das Altbewährte. Man will fortschrittlich sein um jeden Preis, das Wasser strömt landauf landab über die Fassaden, denen man jeglichen konstruktiven Witterungsschutz verwehrt. Die kantig-kubische-ungeschützte Gebäudeform, kurz: KKU-Architektur, ist »in«.

3 Was trocken bleibt, bleibt nicht nur algenfrei!

Der 2003 erstmal publizierten, grundsätzlichen Erkenntnis des Verfassers aus zahlreichen Schadensfällen fehlten damals noch die beiden, jetzt eingefügten Wörtchen »nicht nur«, denn es ging damals nur um den mikrobiellen Befall von Fassadenoberflächen. [1] Die ebenso einfache wie logische Feststellung hat sich in der Zwischenzeit in vielen Bau-Köpfen verankert, auch in jenen von Planern. Man sieht vereinzelt auch schon wieder gegliederte Fassaden.

Diese These bleibt auch im erweiterten Anwendungsbereich unbestreitbar und widerspruchsfrei, denn bei konstruktiv witterungsgeschützten Fassaden gibt es auch das Thema Hinternässung nicht. Auf ausreichende Beispiele und Beweise, dass auch bei hohen Fassaden Vorsprünge, Gliederungen und Vordächer Schutzwirkung über die ganze Fassade zeigen, sei an dieser Stelle nur hingewiesen. [2]

4 Ursachen für Hinternässungen

Die nachfolgenden Beispiele von Schadensobjekten und das Aufzeigen der erkannten Ursachen haben natürlich nie allgemein Gültigkeit, sollen aber den Geist- und Handwerker am Bau zum Nachdenken anregen und zum richtigen Handeln motivieren.

4.1 Planungs- und Ausführungsfehler

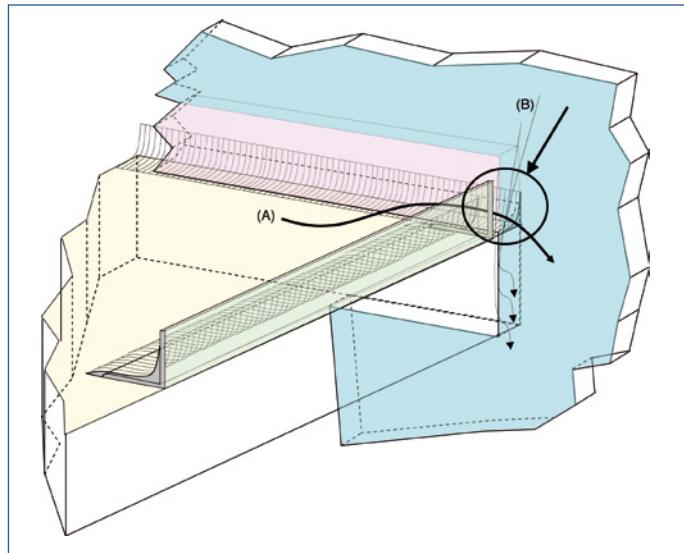
Gravierende, noch dazu systematische Planungs-, Konstruktions- und Ausführungsfehler sind die Ursache eines Großschadens am Objekt A. Die Balkonplatten der elf Geschosse hohen Wohnanlage – nur jedes zweite Geschoss verfügt über einen Balkon – stießen stumpf an angrenzende Wände (Bild 1).



Bild 1:
Objekt A:
Fassade mit
stumpf anstoßen-
den Balkonplatten

Man dämmte zuerst die Wandflächen und führte das WDVS mit Mineralwolle über zuerst fachgerecht angebrachte Isolierhochzüge an den Balkonseitenwänden. Danach meinte man, die Wanne am Balkon schließen zu können, indem man an der Balkonplattenvorderkante eine Winkelschiene versetzte, über die man ebenfalls einen Hochzug ausführte. Der Denkfehler war nur 13 cm lang (der Dämmdicke plus Kleber entsprechend), dies aber 2x, weil es ja links und rechts einen Anschluss gab. Durch die zu kurze Abschlusschiene konnte die beabsichtigte Wanne nicht geschlossen werden (Bild 2).

Bild 2:
Objekt A:
Prinzipskizze der
»Wanne« am
Balkon



Die Balkone entwässerten links und rechts in die Dämmung der Flankenwände, das Wasser setzte über die zellenoffene Mineralwolleldämmung seinen Weg nach unten fort, sammelte sich in der ganz unten horizontal liegenden Untersichtsdämmung, weichte Dämmmaterial und Spachtelmasse auf und ließ am Weihnachtstag 300 m² Deckschicht auf die Fußgängerrampe dieser Wohnanlage stürzen (Bild 3).

Bild 3:
Objekt A:
abgestürzter
Deckenbereich



Ein klassischer Planungsfehler am Objekt B ist die Gestaltung von Fassadenteilflächen in einem besonders extremen Längen-Breiten-Verhältnis. Während sich die große, fugenlose Wandfläche rissfrei darstellt, weist der sehr schmale, dafür extrem hohe Streifen der Deckschicht eine Vielzahl von Rissen auf (Bild 4).

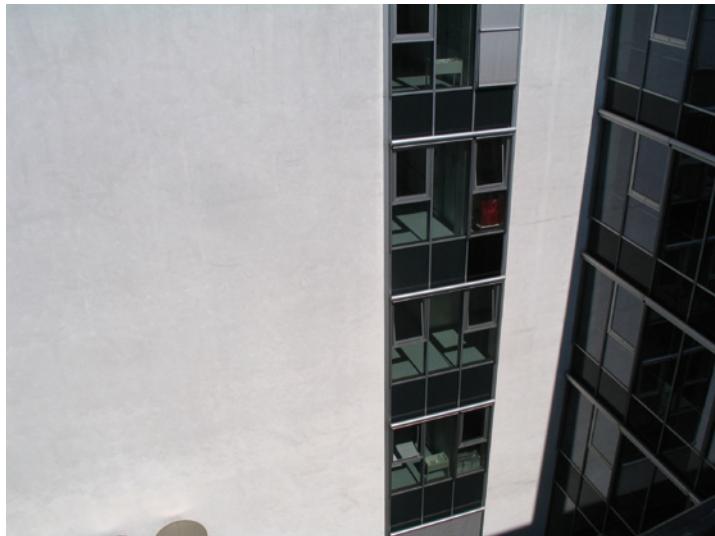


Bild 4:
Objekt B: Große Fassade links, ausgewogenes L:B-Verhältnis = rissfrei. Ausnahmslos waagrechte Risse in der hohen, schmalen Fassadenfläche

Am gleichen Objekt finden sich an anderen Teilflächen mit ungünstigem Längen-Breiten-Verhältnis in gleicher Weise zahlreiche Risse. Bei extrem breiten und niedrigen Flächen sind es dann dementsprechend senkrechte Risse (Bild 5).



Bild 5:
Objekt B: Ungünstige Flächenproportionen. Ausnahmslos vertikale Risse in der breiten niedrigen Fassadenfläche.

Auch wenn der Vergleich etwas hinkt, sollte jeder Bauschaffende nachdenken, warum kein Estrichleger eine Fläche in so einem ungünstigen Ausdehnungsverhältnis verlegen würde, wo der doch mit seiner Betonplatte bloß maximale Temperaturamplituden von +25°C bis +5°C zu bewältigen hat. An der Fassade aber, wo die Temperaturen im Jahreslauf schon um 100°K differieren können, sollte das alles aber möglich sein, fugenfrei natürlich.

4.2 Koordinierungsfehler

Objekt C: Die Hinternässung einer Fassade während der Bauzeit ist dann möglich, wenn die terminliche Koordinierung der Professionisten nicht funktioniert und z. B. die Brüstungsabdeckungen fehlen und die fertig gedämmte WDVS-EPS-Fassade von zusätzlich undichten Wasserspeichern hinterfeuchtet wird (Bild 6). Weil sich das Jahresende ankündigte und das Gerüst weg musste, wollte man auf jeden Fall die Außenputzarbeiten abschließen. Der organisch gebundene Deckputz konnte auf dem feuchten Untergrund keine funktionierende Filmbildung aufbauen und hatte damit auch keine ausreichende Anhaftung. Feuchtigkeitsansammlung in den zuerst noch sehr kleinen Hohlräumen zwischen Deckputz und Armierungsschicht wuchsen im Zusammenwirken von Nässe und Frost zu beachtlichen Blasen an. Auch bei organisch gebundenen Deckputzkomponenten sind Trocknung und Verarbeitungstemperaturen von mehr als 5°C Voraussetzung für eine dauerhafte Gebrauchstauglichkeit einer WDVS-Fassade.

Bild 6:
Objekt C:
Deckschichtblasen
wegen verhinderte
Filmbildung



4.3 Summierung mehrerer Detailfehler

Nicht zu Ende gedachte Details verschiedener Gewerke entwickelten sich zur Katastrophe für den Bauherrn des Objektes D. Die auch hier gewünschte KKU-Architektur (Bild 7, Bild 8) hat dazu geführt, dass der Steinmetz das nicht voll taugliche Werk des Flachdach-Abdichters (300m^2 Terrassen-Unterbau), des Fassadenbauers (nicht schlagregengeschützte WDVS-Dämmung) und des Gartengestalters (keine frei sichtbaren unteren Steinplattenränder) mit der Steinverkleidung quasi miteinander verbunden hat. Mit Abweichungen von handwerklichen Regeln.

Das unerfreuliche Ergebnis kam an der Innenseite der dahinter liegenden Räume zu Tage (Bild 9): Große Feuchtflecken und abplatzende Beschichtungen verhinderten die Nutzung der Räume. Diese Fassade wird von oben her belastet, weil man zwar die Horizontalfugen der Steinplatten mit Dichtstoff verfügte, aber der stete Tropfen am Ende der Verfugung in die offene Vertikalfuge einfließen konnte.

Wenn in der Norm geschrieben steht, dass Steinverkleidungen mit 3 cm dicken Platten und einem 2 cm breiten Luftspalt dahinter auch ausreichend schlagregensicher sind, dann haben die Verfasser dieser Norm den Winddruck vergessen und nicht beachtet, dass bei direkter Montage der Steinplatten (ohne Unterkonstruktion) hunderte Plattenanker ebenso viele Wassereinleitstege in das Wandsystem darstellen (an diesem Objekt: 12 cm Wärmedämmung ohne Armierungsschicht, auf 25 cm Hochlochziegelwand, knirsch vermauert, somit beide Schichten fugenoffen!). Viele Überlegungen und Gedankenansätze zu einer wirtschaftlich günstigen und doch technisch vertretbaren Sanierung mussten aus bauphysikalischen Gründen verworfen werden. Es blieb nur der totale Ab- und Neuaufbau der Fassade mit Kosten, die mit dem Neubau eines Einfamilienhauses vergleichbar sind.

Bild 7:
Objekt D:
Steinverkleidete
WDVS-Fassade in
KKU-Architektur



Bild 8:
Objekt D: Kein
konstruktiver
Witterungsschutz

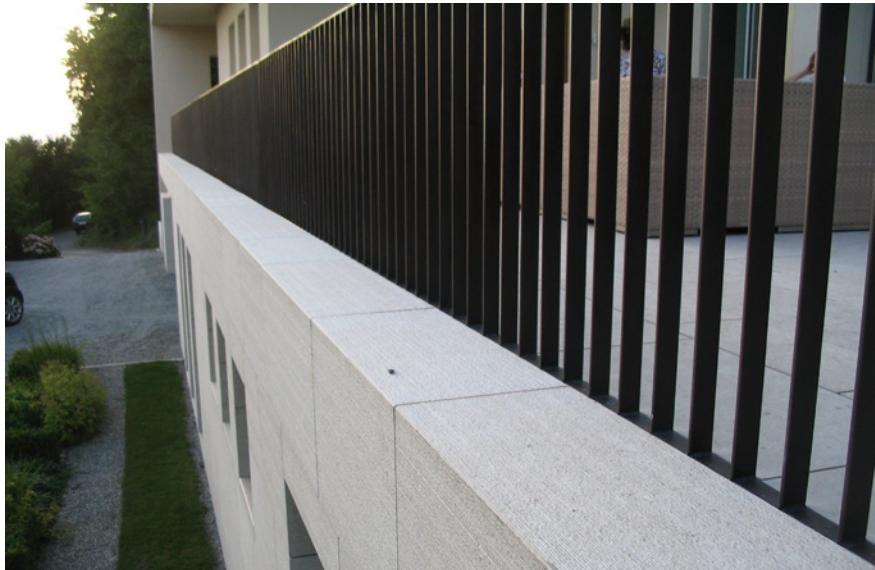




Bild 9:
Objekt D: Innen
Schaden auslö-
sende Feuchtig-
keit von außen

4.4 Beratungsfehler

Beratungsfehler passieren nicht nur Außendienstmitarbeitern von Produktherstellern, sondern auch autorisierten Versuchs- und Prüfanstalten. Dass es am Objekt E gleich zwei Beratungsfehler von der gleichen Stelle gab, kann auch als Schicksal gewertet werden. Dieser Kirchturm ist zugleich das nicht wärmegedämmte Stiegenhaus für das angrenzende, mehrstöckige Pfarrhaus. (Bild 10) Weil man Heizkosten sparen wollte, zog man eine zuerst nicht geplante gewesene Holzdecke ein. Das brachte die Bauphysik des Turms aus dem Gleichgewicht. Amtlicherseits riet man zu einer Umhüllung des Kirchturms mit einem Wärmedämmssystem, bestehend aus einer Mehrschicht-Holzwolle-Mineralwolle-Holzwolle-Dämmplatte und darauf appliziertem Dickschichtputz. Intensiver als in Bild 4 erkennbar, kam es auch hier, quer zur längeren Flächenachse, zu Rissen, sogar zu weit aufklaffenden (Bild 11).

Bild 10:
Objekt E: Kirch-
turm noch mit
WDVS eingehüllt



Bild 11:
Objekt E: Waag-
rechte Risse in
Fläche mit
einseitiger
Längsausdehnung





Bild 12:
Objekt E: Latex-
anstrich war keine
Lösung

Jahre später riet das gleiche Beratungsinstitut zwar zur Sanierung der Risse analog der WTA-Richtlinie [3], an der Oberfläche aber zu einer Beschichtung mit einem Latex-Anstrich (Bild 12). Der momentane Zustand des Objektes ist jener in seiner ursprünglichen Bauweise, ohne WDVS und eine automatische Ventilationseinrichtung in der eingefügten Holzdecke.

4.5 Missachtung der Naturgesetze

Diffusion ist dumm! Sie weiß nämlich nicht, dass sie bei diffusionoffenen Wandsystemen nur von innen nach außen funktionieren sollte. Immer wieder folgt sie widerspruchslos den Naturgesetzen, dreht sich um und lässt Niederschlagswasser von außen nach innen diffundieren, dort evtl. auch noch kondensieren und im Winter gemeinsam Väterchen Frost im Teamwerk agieren. So auch beim beispielhaften Objekt F. Diese Umkehrdiffusion ist eine »Hinternässung der Fassade in Stufen«. Die zuerst in Dampfform vorliegende Feuchte kondensiert im Wandsystem, sobald es der warmen und mit Feuchte geladenen Außenluft in den tiefer liegenden trockenen und zugleich kühleren Schichten zu kalt wird und das Wasser nicht mehr halten kann. An diesem Objekt (Bild 13) hat man bei der Konstruktion des gläsernen Konferenzzimmers ganz oben, schlichtweg auf die Wasserführung verzichtet.

Bild 13:

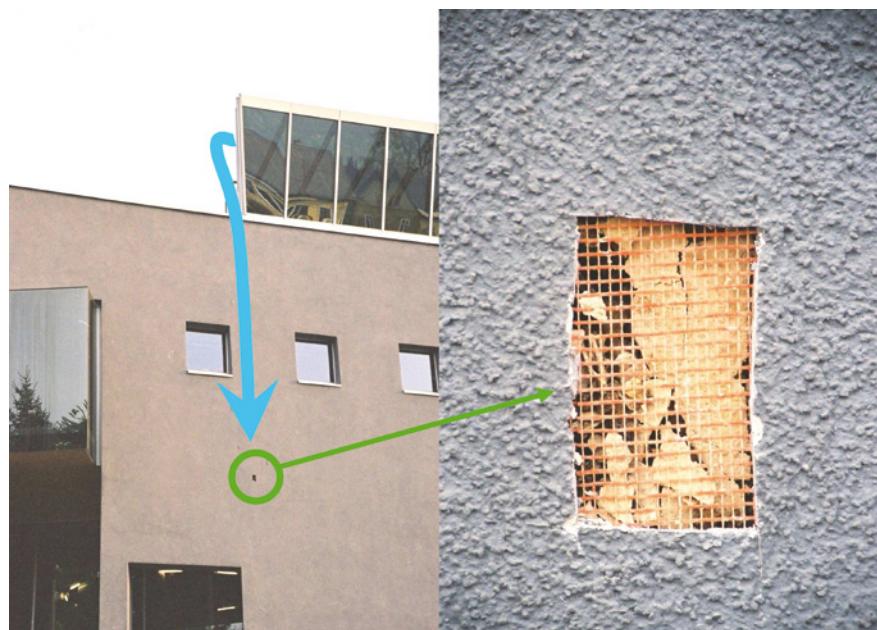
Objekt F: Moderne Architektur, auf Wasserführung verzichtet



Das abfließende Wasser sammelte sich und rann wasserfallähnlich links und rechts des Glaskastens jahrelang über die Fassade ab. Die Feuchte und hohe Temperaturen durch die dunkle Fassadenfarbe haben nicht nur die Deckschicht dieser WDVS-Kork-Fassade nachhaltig zerstört. Zahlreiche Frost-Tauwechsel haben den Schichtenaufbau insgesamt zerstört (Bild 14).

Bild 14:

Objekt F: Sondieröffnung mit beschädigter Deckschicht



Die wiederholten Warm-Feucht-Zyklen haben zudem die Schutzhülle (Apertur) der Textilglasgitterfäden angegriffen und die Festigkeit der Glasfasern auf gleich Null verringert (»tot gekocht«), das Gewebe konnte man mit den bloßen Fingern in kleinste Teile zerflicken.

4.5.1 Wir kochen Armierungsgewebe in der Fassade tot!

Das ist keine neue Erkenntnis. Himborg hat bereits 1999 in seiner Dissertation an der TU Berlin festgestellt [4] »[...] Bei den in Putz eingebetteten Gewebe-Proben zeigten sich bereits nach einer 28tägigen Lagerung unter Normalklima deutliche **Festigkeitsabminderungen** bis zu 50 %. Dies lässt den Schluss zu, dass die alleinige Einbettung des Gewebes in die Putzmatrix schon im frühen Stadium zu Festigkeitsverlusten führt, unabhängig von der weiteren Probenlagerung bzw. Bauausführung.«

Nun haben wir an der Fassade aber alles andere als ein Normklima wie im Labor.

4.6 Schadenskausale Gestaltung, keine Detailplanung

Besondere Gestaltungsdetails müssen perfekt und bis ins letzte Detail geplant werden! Am Beispiels-Objekt G wusste der Architekt zwar, dass er die über 400 Fenster vor der Fassade schweben lassen wollte (Bild 15), überließ aber die Lösung der Details dem Bauschlosser (Fensterrahmen), dem Fensterbauer und dem Fassader (WDVS-Mineralwolle-Fassade).



Bild 15:
Objekt G:
»Schwebende
Fenster«

Letzter nahm auch noch seinen System- und Profillieferanten mit ins Boot. Das Ergebnis ist bedauerlich: Die um den Fensterrahmen angebrachten WDVS-Abschlussprofile verfügen über keine dichte Eckverbindung (Bild 16).

Bild 16:
Objekt G: Die
Tücke liegt im
Detail



Aufgrund der KKU-Architektur des Gebäudes läuft regelmäßig Regen an der Fassade herunter und bei den Eck-Löchern der Profile in die WDVS-Mineralwolle hinein. Erst an den horizontalen, gedämmten Untersichten über den Verkehrsflächen (Parkdecks) zeigt sich das eingedrungene Wasser wieder an der WDVS-Oberfläche in Form markanter Ausblühungen (Bild 17). Über den Zustand der Mineralwolleldämmung kann man sich im nachfolgenden Objektbericht informieren.

Bild 17:
Objekt G:
Wasseransamm-
lung im System



4.7 Feuchtigkeitsreaktive Dämmstoffe

4.7.1 WDVS mit Mineralwolle

Am Objekt H löste sich ein großer Teil der Deckschicht von der Dämmsschicht Mineralwolle. Wiederholt stürzten ähnliche Teile an der großen Wohnanlage ab (Bild 18). Eine Ablösung konnte man vor dem Absturz noch rechtzeitig abtragen.

An großflächigen, hohen WDVS-Mineralwolle-Fassaden ohne Öffnungen, schwingt bei böigem Wind die Deckschicht wie eine Membran. Läuft z. B. bei einem Gewitter Wasser an der Fassade herunter, pumpt dieses Membranen-Verhalten der Deckschicht flüssiges Wasser in das WDVS. Drückt die Böe auf die Fläche, wird Luft herausgepresst, lässt die Böe nach, entspannt sich die Fläche und saugt gleichzeitig an der Oberfläche befindliches Wasser ein. Dieses Pumpen kann man bei entsprechender Witterung sogar durch Berühren der Fassadenfläche erfühlen. Das Regenwasser wird dabei durch kleinste, also zulässige Risse, ins System gesaugt.

Diese Wechselwirkung ist also witterungsabhängig, kann lange andauern und jedenfalls immer wieder auftreten. In Verbindung mit dunklen Fassadenfarben (= hohe Temperaturen) kann das Deckschichtsystem dann relativ schnell »altersmüde« werden.



Bild 18:
Objekt H:
Deckschichtab-
sturz nach
starkem Wind

Zur intensiven Feuchtebelastung von Mineralwolle-Dämmungen befragt lautet die Antwort einer offiziellen Mineralwolle-Interessenvertretung: »[...] es sollte Mineralwolle [...] immer so eingebaut werden, dass sie vor dauerhafter Feuchtigkeit (in Form von Dampf oder von Wasser) geschützt ist. Nur das ist bauphysikalisch und konstruktiv richtig! Stauende Nässe, vielleicht auch noch verbunden mit erhöhten Temperaturen, kann das in der Mineralwolle-Dämmplatte enthaltene Harz/Bindemittel lösen. Die Dämmplatte verliert ihre Formstabilität, kann »zusammensacken« und büßt ihre Wärmedämmfähigkeit ein. Schlagregen, der die Dämmung regelmäßig bzw. »wiederholt« durchnässt, schadet nicht nur der Dämmschicht, sondern der gesamten Wandkonstruktion! Dagegen muss unbedingt konstruktiv vorgegangen werden.«

Bild 19:
Objekt H:
Bruchlinie der
Putzschorle ist
zugleich Risslinie
des Gewebes. Das
Gewebe ist
funktionslos



Die am Beispielsobjekt abgestürzten Deckschichtteile (Bild 19) zeigten auffallende Zerreißlinien (Bruchlinien) des eingelegten Gewebes. Das Gewebe reißt genau entlang der Bruchlinie der Deckschichtscholle. Siehe 4.5.1 Gewebeermüdung.

An diesem Objekt gab es auch eine auffallende Aufweichung des unter dem WDVS befindlichen Alputzes.

Dazu sei nochmals Himborg zitiert, in [4] »[...]Bei einer schnellen Erwärmung der Bekleidungsschicht kann die gespeicherte Feuchtigkeit in einem kurzen Aufheizungszeitraum nicht vollständig nach außen diffundieren. In diesem Fall setzt ein **Diffusionsstrom in umgekehrter Richtung**, also von außen nach innen ein. Unter bestimmten Randbedingungen kann es nachfolgend zu einem Tauwasseranfall

an der Schichtgrenze zur Massivwand kommen. [...] Es ist erkennbar, dass die durch Berechnung angesammelte Feuchte in einem WDVS mit Mineralfaser-Dämmung beim Erwärmen der Bekleidungsschicht schnell austrocknet und dabei auch in Richtung der Massivwand transportiert wird (Umkehrdiffusion)«.

Womit eine Dissertation schon 6 Jahre vor Eintritt des Schadens am Objekt H eine seiner Ursachen beschrieben hat.

4.7.2 WDVS mit Holzweichfaserplatten

Wärmedämmverbundsysteme werden zunehmend auch mit Holzweichfaser-Dämmplatten ausgeführt. Durch die hygroskopischen Eigenschaften des Holzwerkstoffs steht dieser in einer engen Wechselbeziehung mit dem Umgebungsklima. Es genügt bereits, die Eigenfeuchte im Zuge der Putzausführung in die Platten »einzusperren«, damit nachfolgende Erwärmung der Putzoberfläche die darunter befindlichen Dämmplatten erwärmt und zum Dämpfen bringt.

Im Schadensfall am Objekt I (Bild 20) konnten interessante Erkenntnisse gewonnen werden, was die relative Luftfeuchte anbelangt. Alle vom Verfasser bisher bearbeiten WDVS-HWF-Objekte lagen in der Nähe von größeren stehenden oder fließenden Gewässern. Eingeholte Witterungsdaten ergaben eine täglich wechselnde, jedoch ebenso täglich hohe relative Luftfeuchte.

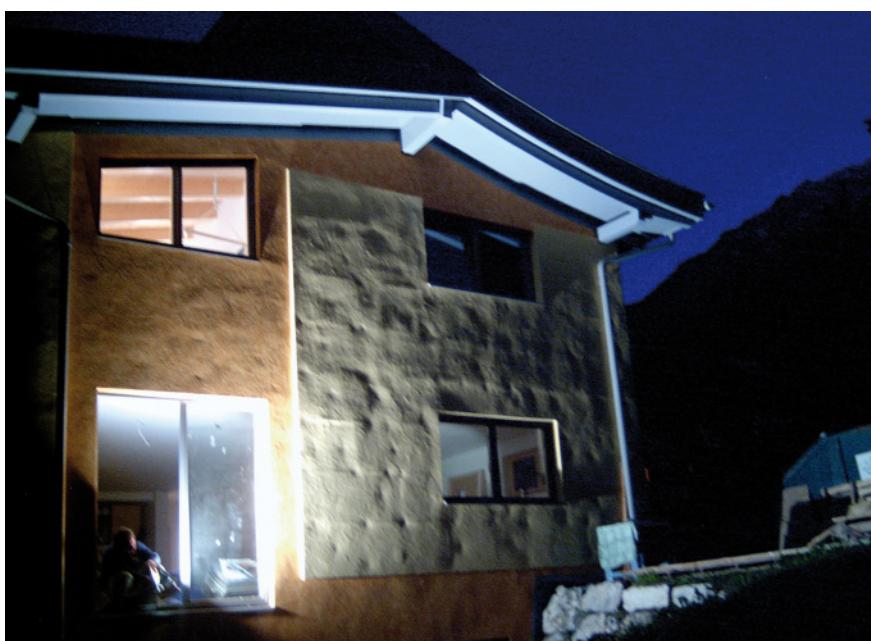


Bild 20:
Objekt I: Mit Hilfe
extremen Streif-
lichts dokumen-
tierte Aufwölbun-
gen von
HWF-Platten

Bei Nachstellversuchen im Zusammenhang mit Schäden am Objekt J konnten an hellgrauen Oberflächen bei etwa 45°-Sonneneinstrahlungswinkel bereits Oberflächentemperaturen von knapp unter 70°C gemessen werden. Die Weichfasern quellen im feucht-warmen Milieu auf (Bild 21). Die materialtypische Ausgleichsfeuchte von Holzweichfaser-Dämmplatten liegt um die 13...15 M%. Werden Weichfaserplatten über die Erwärmung von außen getrocknet, so ist das gleichbedeutend mit Volumenverlust, die Platten schwinden, auch wenn Sie an sich im trockenen Zustand verputzt wurden.

Bild 21:
Objekt J: Jede WDVS-Weichfaserdämmplatte zeichnet sich ab



Nachdem der Putz nicht elastisch-rückstellend ist, verbleiben in der Regel die deformierten Oberflächen. Die Sanierung kann dann meist nur durch vorgehängte Fassadensysteme erfolgen. Besser man hätte sich gleich vorher dafür entschieden.

4.8 Hinternässung durch tierische Schäden

Im Herbst und im Frühjahr kann es passieren, dass Spechte die Deckschicht von WDVS durchlöchern. Die dabei entstandenen kreisrunden Löcher mit Durchmesser von etwa 7-8 cm befinden sich dann oft an besonders Witterungsbelasteten Gebäudekanten und meist recht weit oben, in Dachrandnähe (Bild 22). Spechtschäden sind Wassereintrittsstellen und somit schadenskausal. [5] Insbesondere, wenn es sich um witterungsbelastete, wenig geschützte Gebäudeseiten handelt, sind Sofortmaßnahmen angebracht.

Abhängig von der Lage der Löcher kann das Verschließen eine sehr aufwändige Arbeit sein, weshalb auch zu entsprechenden Maßnahmen zur Spechtabwehr geraten wird, denn es kommt immer wieder vor, dass der Vogel bereits verschlossene Löcher wieder öffnet oder daneben neue macht.



Bild 22:
Objekt K:
Spechtlöcher sind
Wassereintritts-
stellen

Zusammenfassung

Jede Art von Feuchtigkeitseinwirkung in Fassaden ist zu vermeiden. Egal, ob es sich bloß um eine Hinterfeuchtung oder um eine aktive Hinternässung handelt, es ist ein bauschädigender Vorgang.

Die Bemühungen, Feuchte und Wasser vom Gebäude abzuhalten, müssen bereits in der Planung beginnen; ihnen ist das Motto »Wasser weg vom Haus« voranzustellen. WDVS-Fassaden bedürfen einer sehr genauen Detailplanung, vor allem was die An- und Abschlüsse betrifft. Die Kenntnis von Anwendungsgrenzen von WDV-Systemen mit bestimmten Dämmstoffarten sollten sowohl Planer wie Ausführende haben, denen letztlich eine sehr exakte Ausführung des WDVS obliegt.

Wie die angeführten Beispiele zeigen, hätten in einigen Fällen »ein paar Zentimeter mehr Architektur«, sprich konstruktiver Witterungsschutz, in Form von Fassadengliederungen und/oder Vordächern, zu einer deutlich verringerten Schadensintensität geführt bzw. sogar die Schäden verhindert.

Im Zusammenhang mit der möglichen Hinternässung von witterungsbelasteten Fassaden ist auch die sog. »zulässige Rissbreite« anders zu werten als bei sonstigen Putzrissen. Es genügen bereits zahlreiche Haarrisse, um Wasser in das System eindringen zu lassen.

Literatur

- [1] M. Hladik, Was trocken bleibt, bleibt algenfrei! Ausbau + Fassade, C. Maurer Druck u. Verlag, Geislingen/Steige. 04/2003, S. 28-30
- [2] M. Hladik, Witterungsschutz – Sinn und Wirkung von Vordächern, Hrsg. Forum BAUINFOalpin www.bauinfoalpin.at, Natters-Innsbruck. 2. Auflage, 12/2004
- [3] WTA-Merkblatt 2-4-94 Beurteilung und Instandsetzung gerissener Putze an Fassaden.
- [4] St. Himburg, Zur Standsicherheit und Langzeitbeständigkeit von Wärmedämmverbundsystemen mit keramischen Bekleidungen, Dissertation. TU Berlin, 1999
- [5] M. Hladik, Spechtschäden an Fassaden, Internet-Publikation Forum BAUINFO-alpin www.bauinfoalpin.at, Natters-Innsbruck. 11/2005

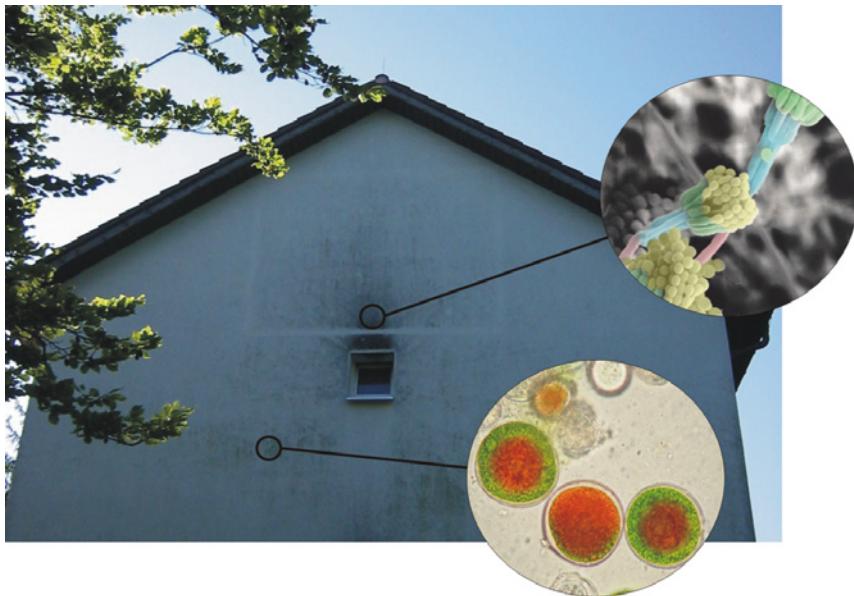
Oberflächenfeuchte als Voraussetzung für mikrobiellen Befall

1 Hintergrund

Mikrobieller Bewuchs auf hoch gedämmten, der Witterung ausgesetzten Außenbauteilen ist – neben der Substratwirkung der Oberflächenschicht – eine Folge erhöhter Feuchtebelastungen an der Oberfläche und dadurch begünstigter Wachstumsbedingungen [1–3]. Bei Außenwänden sind insbesondere Konstruktionen mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) betroffen, bei denen die außen liegende Wärmedämmeschicht nur durch eine dünne Putzschicht abgedeckt wird. Die relativ dünne Außenschicht ist durch die dahinter liegende Dämmung von der restlichen Baukonstruktion gewissermaßen thermisch abgekoppelt. Sie besitzt selbst nur eine geringe Wärmespeicherkapazität und unterliegt instationär größeren Temperaturschwankungen. Insbesondere können sich daher in klaren Nächten infolge Wärmeabstrahlung rasch Temperaturen unterhalb der Außenlufttemperatur einstellen, wodurch Oberflächentauwasser entsteht. Dies bedeutet eine zur Beregnung zusätzliche Feuchtezufuhr und damit günstigere Wachstumsbedingungen.

Bild 1 zeigt eine typische mit Schimmelpilz und Algen bewachsene Fassade. Man erkennt oberhalb des gekippten Fensters, dass selbst das Lüftungsverhalten der Bewohner Einfluss auf den mikrobiellen Bewuchs haben kann. Deutlich sichtbar ist hier auch die Wirkung von Wärmebrücken. Die etwas höhere Oberflächentemperatur bewirkt eine Unterbrechung des massiven Schwärzepilzbewuchses oberhalb des Fensters. In der Fläche unterhalb des Fensters sind vorwiegend Algen zu beobachten.

Bild 1:
Algenbewuchs
einer Fassade mit
Wärmedämmver-
bundsystem und
Schimmelpilzbe-
wuchs oberhalb
eines Fensters



Da eine biozide Ausrüstung der Oberflächen aus Umweltschutzgründen und aufgrund deren zeitlich begrenzter Wirksamkeit einen Sonderfall darstellen sollte, wird nach Wegen gesucht, das Algenwachstum möglichst mit bauphysikalischen Mitteln zu unterbinden. Zu diesem Zweck werden im Freilandversuchsgelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP umfangreiche Messungen an Fassadenoberflächen durchgeführt. Allerdings kann aus nahe liegenden Gründen nicht die ganze Vielfalt der interessanten Variationen messtechnisch untersucht werden. Mit Hilfe von Berechnungen mit dem Berechnungsprogramm WUFI® [4–6] lassen sich nach deren Validierung schnell und kostengünstig zahlreiche weitere Varianten beurteilen, um unterschiedliche Einflussfaktoren, wie z. B. Orientierung, Dämmschichtdicke oder Erhöhung der thermischen Speichermasse durch Nutzung von Latentwärmeeffekten (PCM) in ihrer Wirkungsweise abschätzen. Das Berechnungsprogramm WUFI® wurde zu diesem Zweck modifiziert, um die langwellige Abstrahlung korrekter zu berücksichtigen [7].

2 Hygrothermische Randbedingungen an der Fassade

Für das Algenwachstum auf Außenfassaden sind die Bedingungen an der Außenoberfläche des Bauteils von entscheidender Bedeutung. Diese werden durch zahlreiche gleichzeitig ablaufende bauphysikalische Vorgänge beein-

flusst. Tagsüber verliert die Außenoberfläche über langwellige Abstrahlung, Konvektion und eventuell auch Betauungsenthalpie Energie. Allerdings wird durch solare Einstrahlung eine größere Menge Energie zugeführt mit der Folge, dass sich die Oberfläche erwärmt. In der Nacht fehlt die solare Einstrahlung, so dass Wärmeverluste überwiegen, mit der Konsequenz einer sinkenden Außenoberflächentemperatur und damit steigender oberflächennaher Luftfeuchten. Sinkt die Oberflächentemperatur soweit unter die Außenlufttemperatur, dass deren Taupunkttemperatur unterschritten wird, kommt es zu einer Befeuchtung durch Tauwasseraufschlag. Solange weitere Kenntnisse über die Wachstumsvoraussetzungen von Algen fehlen, kann die Dauer der Tauwasserbildung und die Stärke der Taupunkttemperaturunterschreitung als gutes Kriterium zur Beurteilung der Ergebnisse und des Bewuchsrisikos herangezogen werden.

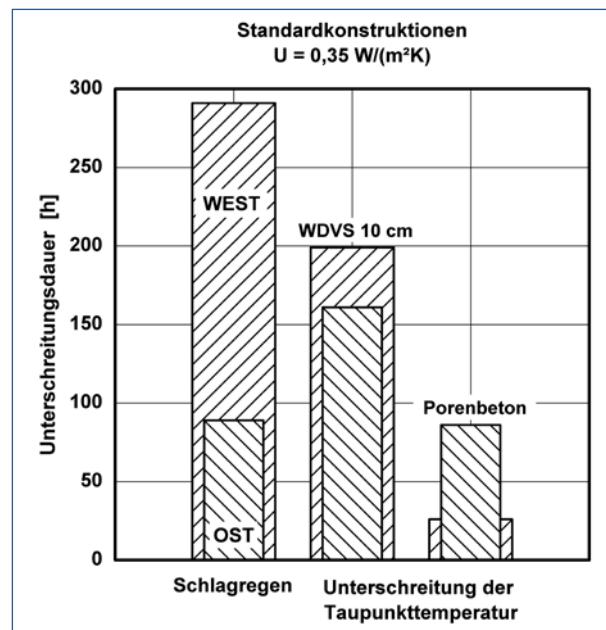


Bild 2:
Aufsummierte
Taupunkttempera-
turunterschreitun-
gen einer
Wandkonstruktion
mit WDVS und
einer monolithi-
schen Konstruktion
im Vergleich mit
der Schlagregen-
dauer

Im Bild 2 sind die aufsummierten Taupunkttemperaturunterschreitungen einer Wandkonstruktion mit WDVS und einer monolithischen Konstruktion (als Beispiel hier aus Porenbeton) für die West- und Ostausrichtung dargestellt und mit der Schlagregenbelastung verglichen. Daraus wird ersichtlich, dass die Wand mit WDVS mehr Taupunkttemperaturunterschreitungen erfährt als der monolithische Aufbau. Vor allem auf der Westseite spielt als maßgebliche zusätzliche Feuchtequelle der Schlagregen eine große Rolle. Auffällig ist auch,

dass im Gegensatz zur WDVS-Fassade bei der monolithischen Bauweise die Ostseite mehr Taupunkttemperaturunterschreitungen aufweist. Dies ist darin begründet, dass die auf der Ostseite morgendlich über solare Einstrahlung eingespeiste Energie bis zum Sonnenuntergang weitgehend abgebaut ist, im Westen dagegen in die Nacht «hineingerettet» wird. Beim WDVS spielt dieser Effekt aber aufgrund der niedrigen Wärmekapazität kaum eine Rolle.

3 Rechnerische Untersuchungen zu Vermeidungsstrategien

Aus bauphysikalischer Hinsicht gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansatzpunkte zur Reduktion der Betauung der Außenoberflächen eines WDVS. Mit einer Erhöhung des oberflächennahen Wärmespeichervermögens kann die tägliche solare Erwärmung des Bauteils und die damit gespeicherte Energie genutzt werden, um eine Temperaturabsenkung unter die Taupunkttemperatur möglichst zu vermeiden. Weiterhin kann durch Verwendung eines Anstrichs mit höherem Absorptionsgrad die tägliche Erwärmung der Fassade angehoben werden oder mit einem Anstrich mit abgesenktem langwelligem Emissionsgrad der nächtliche Temperaturabfall verringert werden. Ein mögliches Kriterium zur Beurteilung der Ergebnisse und des Bewuchsrisikos ist die Dauer der Tauwasserbildung an der Oberfläche und die Stärke der Taupunkttemperaturunterschreitung.

In Bild 3 sind zusammenfassend die zu erwartenden Effekte der aufgeführten Maßnahmen graphisch dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, dass der Einsatz einer dunkleren Fassadenfarbe in Bezug auf die Vermeidung von Tauwasser keinen nennenswerten Erfolg bringt. Trotzdem kann ein getönter Anstrich vorteilhaft sein. Zum einen, weil er geringfügigen Bewuchs kaschiert und zum Anderen können dadurch hin und wieder hohe Temperaturen auftreten, die für die Mikroorganismen letal sein können. Ein dickerer Außenputz mit hoher thermischer Masse kann die Taupunktunterschreitung maximal 20 %, eine IR-Farbe um fast 30 %, eine Latentwärmeschicht sogar um 70 % reduzieren. Eine Kombination beider Maßnahmen kann als Extremfall die Taupunkttemperaturunterschreitungsdauer weiter reduzieren. Bei der Verwendung von Latentwärmespeichermaterialien (PCM) ist allerdings zu beachten, dass sie den erhofften Effekt nur erbringen, wenn der Schmelzpunkt des PCM optimal auf die klimatischen Randbedingungen angepasst ist. Gera de darin liegt aber das Problem bei dessen Anwendung. Die Optimierung des Phasenwechselpunktes kann unter Verwendung von Testreferenzjahren

rechnerisch erfolgen. Allerdings sind die Unterschiede der klimatischen Bedingungen aufeinander folgender Jahre so groß, dass auch ein derart optimiertes PCM nicht durchgängig zur Wirkung kommt.

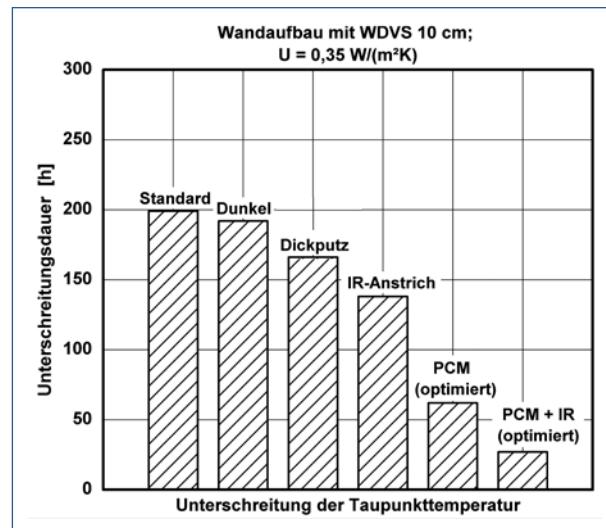


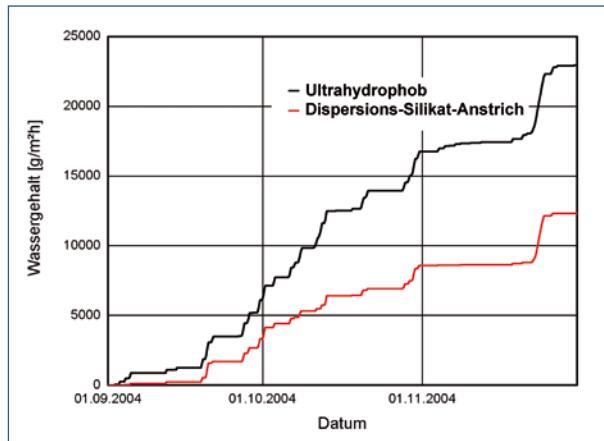
Bild 3:
Effekt verschiedener Maßnahmen auf die Dauer der Taupunktunterschreitungen im Zeitraum von September bis Oktober

Die wesentlichste Voraussetzung für mikrobielles Wachstum (Algen und Pilze) ist das Vorhandensein einer ausreichenden Menge an Feuchtigkeit. Für die Mikroorganismen ist aber nicht der Wassergehalt im Außenputz entscheidend, da nach derzeitigem Kenntnisstand nur die auf der Oberfläche vorliegende Feuchte für einen Anfangsbewuchs verfügbar ist. Eine Möglichkeit das Risiko eines mikrobiellen Bewuchses zu reduzieren, besteht deshalb in der Optimierung der hygrischen Materialeigenschaften des Außenputzes. Dabei muss geklärt werden, ob eine hydrophobe Außenbeschichtung, die zu einer geringeren Wasseraufnahme des Putzes führt, in Bezug auf das Bewuchsrisiko von Vorteil ist. Eine derartige Beschichtung beeinflusst nämlich nicht die anfallende Tauwassermenge, die kleinen Tauwassertropfen verbleiben aber deutlich länger auf der Oberfläche. Bei einem kapillaraktiven Putz kann das Tauwasser dagegen in tiefere Schichten transportiert werden und damit für die Organismen nicht mehr verfügbar sein. Nach Sonnenaufgang wird der Putz dann durch die Einstrahlung wieder austrocknen. Aktuelle hygrothermische Berechnungsmodelle können den instationären Wassergehalt innerhalb der Materialien unter realen Randbedingungen korrekt berechnen, nicht aber den Feuchtegehalt auf der Außenoberfläche. Es wurde deshalb das vorhandene Berechnungsprogramm entsprechend erweitert und mithilfe von Laboruntersuchungen und Freilandtests eine Validierung durchgeführt [8].

Damit ergibt sich nun die Möglichkeit für eine Optimierung der hygrothermischen Eigenschaften zur Vermeidung unerwünschten mikrobiellen Bewuchses.

Bild 4 zeigt die über die Hauptwachstumsperiode von Mikroorganismen auf Außenfassaden, den Herbst, akkumulierte Mengen an Feuchtigkeit auf der Außenfassade für eine ultrahydrophobe Farbe und einen Dispersions-silikatanstrich. Man erkennt daraus, dass bei dem Dispersionssilikatanstrich nur etwas mehr als halb so viel Feuchtigkeit den Mikroorganismen zur Verfügung steht. Bei der Beurteilung dieser Ergebnisse muss natürlich auch berücksichtigt werden, dass weitere Einflussgrößen, wie z. B. Selbstreinigungs-effekte auch bei hohen Oberflächenfeuchten, einen Bewuchs verhindern können.

Bild 4:
Über die Hauptwachstumsperiode von Mikroorganismen auf Außenfassaden, den Herbst, akkumulierte Mengen an Feuchtigkeit auf der Außenfassade für eine ultrahydrophobe Farbe und einen Dispersions-silikatanstrich



4 Freilanduntersuchungen und Ergebnisse

Für die Freilandversuche wurden auch an der Außenoberfläche der Wände die Temperaturverläufe gemessen, um durch den Vergleich zur gemessenen Außenlufttaupunkttemperatur die Dauer und Intensität der Tauwasserbildung zu bestimmen. In Bild 5 sind die Versuchsfächen einer westorientierten (rechts) und einer nordorientierten (links) Fassade dargestellt.

Neben einer normalen Silikonharzfarbe wurde eine Silikonharzfarbe mit einem Kontaktwinkel größer 130° und mit Abperleffekt in die Untersuchungen einbezogen. Während sich bei der normalen Silikonharzfarbe an allen drei Standorten vergleichbare Bewuchsbilder ergeben, unterschieden sich diese bei der Farbe mit Abperleffekt je nach Standort. In Holzkirchen tritt



Bild 5:
Fotografische
Ansicht der
westorientierten
(rechts) und
nordorientierten
(links) Fassaden

kein Bewuchs auf, an den anderen beiden Standorten wird dagegen ein deutlicher Bewuchs festgestellt. Eine Erklärung hierfür ist im unterschiedlichen Abtrocknungsverhalten zu suchen (siehe Bild 6), wie anhand von Oberflächenfeuchtemessungen nachgewiesen werden konnte. Das an der Oberfläche befindliche Wasser wird dabei durch ein Abtupfen mit einem saugfähigen Vlies und anschließende Wägung ermittelt. Auf der untersuchten Silikonharzfarbe bleiben die Regentropfen auf der Fassadenoberfläche und trocknen über einen Zeitraum von 3 Stunden langsam ab. Bei der Farbe mit Abperleffekt rollen die Regentropfen ab und die Oberfläche ist bereits kurz nach Regenende trocken. Nach nächtlicher Betauung liegen umgekehrte Verhältnisse vor. Da Tautropfen wesentlich kleiner als Regentropfen sind, kommt der Abperleffekt nicht zum Tragen und das Tauwasser bleibt auf der Fassade. Da auf der Farbe mit Abperleffekt aufgrund der extremen Hydrophobie auf der Oberfläche höhere Tauwassermengen verbleiben als auf der normalen Silikonharzfarbe, dauert es länger bis die Flächen abtrocknen.

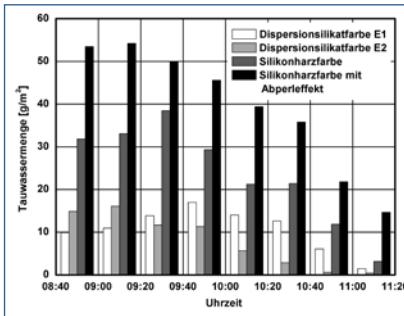
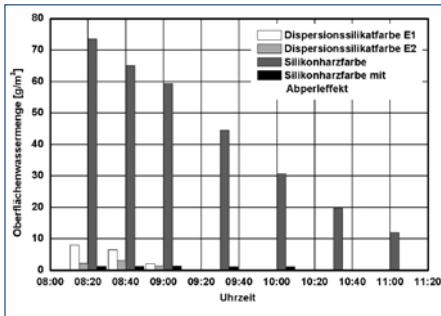
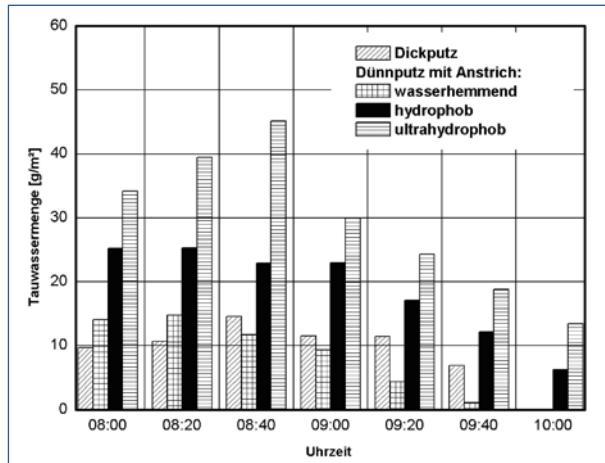


Bild 6:
Oberflächen-
feuchte und
Abtrocknungsver-
halten von
Wandflächen mit
verschiedenen
Beschichtungen
nach Regen (links)
und nach
Betauung (rechts)

Bild 7 zeigt im direkten Vergleich den Einfluss der Hydrophobie der Außenbeschichtung. Man erkennt deutlich, dass mit zunehmender Hydropho-

bie die Menge und Zeitdauer von Tauwasser auf der Oberfläche zunimmt. Der Dickputz, der den gleichen mineralischen Anstrich wie der im Bild mit Wasser hemmend bezeichnete Dünnputz besitzt, zeigt anfänglich eine etwas geringere Oberflächenfeuchte. Dies kann in der höheren Feuchtespeicherkapazität des Dickputzes begründet sein. Das spätere etwas langsamere Abtrocknen liegt vermutlich daran, dass der Putz aufgrund seiner Masse langsamer aufgewärmt wird.

Bild 7:
Gravimetrische
Oberflächenfeuchtigkeitsbestimmung an
einer Versuchswand mit
verschiedenen
Beschichtungen



5 Schlussfolgerung

Die Verbesserung des Wärmedämmstandards führt zu einem deutlich höheren Risiko eines Befalls der Außenfassade mit Schwärzepilzen oder Algen. Das wesentlichste Kriterium für das Risiko eines mikrobiellen Bewuchses an Fassaden ist die Verfügbarkeit ausreichender Mengen an Feuchtigkeit. Dabei kommt der nächtlichen Betauung besondere Bedeutung zu, da nur mit ihr das vermehrte Auftreten des Bewuchses auf der schlagregenarmen Nordseite zu erklären ist. Um das Risiko eines mikrobiellen Wachstums abzuschätzen, ist die durch die langwellige Abstrahlung hervorgerufene Betauung auf der Oberfläche deshalb ein gutes Kriterium. Im direkten Vergleich zu monolithischen Wänden, z. B. aus Porenbeton oder Ziegeln, sind Wände mit WDVS diesbezüglich gefährdet. Aber für die wärmetechnische Verbesserung von bestehenden Gebäuden ist in den meisten Fällen die Verwendung von WDVS am praktikabelsten. Deshalb werden für diese Systeme Lösungen gegen mikrobiellen Befall angestrebt. Dazu wurden rechnerische Untersuchungen und

Messungen im Freilandversuch durchgeführt. Bei der Betrachtung des Problems von unerwünschtem Aufwuchs an Fassaden muss beachtet werden, dass die meisten ausgeführten WDVS ohne Schäden sind. Nur ein geringer Prozentsatz weist einen zu beanstandenden mikrobiellen Bewuchs auf. Aus diesem Grund gehen die Autoren davon aus, dass bereits eine Verringerung des Tauwasseranfalls um 25 % die meisten Probleme vermeiden könnte. Es wird aber immer auch spezielle Situationen geben, z.B. eine verschattete Wand in Wald- und Gewässernähe, bei denen die Anwendung von Wirkstoffen unvermeidlich ist.

Als zentrales Einflusskriterium gilt der Feuchtezustand der Oberfläche, welcher durch das Klima und bauphysikalische Parameter bedingt wird. Neben Oberflächenorientierung, Wärmedämmung, Wärmespeicherfähigkeit des Bauteils sind insbesondere die physikalischen Oberflächeneigenschaften von Bedeutung. Da offensichtlich bereits geringe Unterschiede im mittleren bzw. längerfristigen Feuchteniveau der Oberfläche deutliche Wachstumsunterschiede bewirken, könnte eine Einstellung der hygrischen Oberflächenparameter eine weitreichende Reduzierung biologischer Besiedelungen erbringen. Bei der Betrachtung muss berücksichtigt werden, dass nach derzeitigem Kenntnisstand nicht die anfallende Tauwassermenge für das Risiko eines mikrobiellen Bewuchses entscheidend ist, sondern das auf der Außenoberfläche befindliche Wasser. Nur dieses ist in der Anfangsphase der Bewuchsentwicklung für die Mikroorganismen verfügbar.

Dabei ist z.B. die Frage zu klären, inwieweit eine Hydrophobie der Oberfläche, die für eine geringe Wasseraufnahme des Außenputzes sorgt, den allgemein erwarteten positiven Effekt einer verminderter Verschmutzung und des mikrobiellen Bewuchses ergibt. Auch denkbar ist, dass eine gewisse Saugfähigkeit des Untergrundes mikrobiellen Bewuchs verhindern hilft, indem das anfallende Tauwasser von der Oberfläche in größere Bauteiltiefen abgeleitet wird und damit Mikroorganismen nicht mehr zur Verfügung steht. Auf stark hydrophoben Untergründen bleiben die Tauwassertropfen auf der Fassadenoberfläche und trocknen über einen langen Zeitraum langsam ab. Saugfähige Untergründe könnten diesbezüglich deutliche Vorteile bieten.

Literatur

- [1] Krus, M.; Sedlbauer, K.: Instationärer Feuchtegehalt an Außenoberflächen und seine Auswirkungen auf Mikroorganismen, Tagungsbeitrag zur IBK-Bau-Fachtagung 288 Bauschäden durch Schimmelpilze und Algen, Berlin, 27. Feb. 2003, S. 5/1–5/15
- [2] Hofbauer, W.; Breuer, K.; Sedlbauer, K.: Was wächst auf unseren Fassaden? Teil I: Algen, Flechten, Moose, Farne, Bauphysik (2003), H. 6
- [3] von Denffer, D.; Ziegler, H.; Ehrendorfer, F.; Bresinsky, A.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 32. Auflage / neubearbeitet von Dietrich von Denffer, Hubert Ziegler, Friedrich Ehrendorfer, Andreas Bresinsky. Gustav Fischer. Stuttgart; New York (1983)
- [4] Künzel, H. M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Feuchte- und Wärmetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten, Diss. Universität Stuttgart (1994)
- [5] Kießl, K.; Krus, M.; Künzel, H. M.: Weiterentwickelte Meß- und Rechenansätze zur Feuchtebeurteilung von Bauteilen, Praktische Anwendungsbeispiele, Sonderdruck Bauphysik 15 (1993), H. 2, S. 61–67
- [6] Künzel, H. M.; Kießl, K., Krus, M.: Feuchtemigration und langfristige Feuchteverteilung in exponierten Natursteinmauern, In: Jahresberichte aus dem Forschungsprogramm Steinzerfall – Steinkonservierung, Bd. 6, 1994–1996 (1998), S. 149–156
- [7] Künzel, H. M.; Schmidt, Th.; Holm, A.: Exterior Surface Temperature of Different Wall Constructions – Comparison of Numerical simulation and Experiment, 11. Bauphysikalisches Symposium, Dresden (2002)
- [8] Krus, M.; Rösler, D.; Sedlbauer, K.: Mikrobielles Wachstum auf Fassaden – hygrothermische Modellierung – Tagungsband zum 6. Dahlberg-Kolloquium Fassadenbiofilme, 12.–13. Jan. 2006, Wismar, S. 115–128

Fassadenbiofilme Schadensbilder – Ursachen – diagnostische Möglichkeiten

Zusammenfassung

Algenbesiedlungen sind auf allen Fassadensystemen zu finden, die außenseitig Wärmedämmungen beinhalten. Die immer wieder verbreitete Auffassung, dass Verbundsysteme häufiger als andere Systeme betroffen sind, ist unrichtig. Die Algenbesiedlung von Oberflächen setzt in der Regel erst nach zwei bis drei Jahren mehr oder weniger intensiv ein. Die Auffassungen darüber divergieren, weil mit sehr unterschiedlichen Mess- und Beobachtungsverfahren vorgegangen wird. Die Skala der Instrumente reicht vom bloßen Auge ohne Hilfsmittel, über 10er-Lupen und die Lichtmikroskopie bis zur PAM-, Chlorophyll- und DNA-Diagnostik. Mit deren Hilfe besteht die Möglichkeit, im Rahmen von Schnelltests schon sehr frühzeitig Aussagen zur Besiedlungsanfälligkeit von neu entwickelten Produkten zu bekommen. Weil die neuen Produkte des Markts in ihrer ganzen Breite noch keine durchschlagenden Erfolge erzielen konnten, werden den Fassadenprodukten immer wieder biozide Zusätze mit dem Ziel beigelegt, jegliches Wachstum bzw. jegliches Leben zu eliminieren. Weil diese Zusätze wasserlöslich sind, werden sie durch Niederschläge ausgewaschen, sie belasten die Umwelt und hier insbesondere Grund- und Oberflächengewässer und damit indirekt auch den Menschen. Trotz Biozideinsatz wird nur eine temporäre Hemmung, keineswegs aber eine lang anhaltende dauerhafte Besiedlungsvermeidung erzielt.

1 Schadenspotenziale verschiedener Außenkonstruktionen

An allen möglichen Außenfassaden lassen sich Algenbesiedlungen beobachten. Weber [1] bezeichnet diese Konstellationen als Biotop. Mehrere Wismarer Studien der Arbeitsgruppe Venzmer sind im Bauphysik-Kalender 2004 unter dem Titel »Bautechnische Grundlagen zur Algenbesiedlung nachträglich wärmedämmter Fassaden« (siehe Seiten 561–644) bereits dargestellt worden. Sie konzentrierten sich im Wesentlichen auf verschiedene Verbundfassaden. Verbundfassaden sind ebenso betroffen wie vorgehängte und hinterlüftete.

Weitere in jüngster Zeit erarbeitete Studien, die sich auch auf andere Systeme, insbesondere im Norden, in Mecklenburg-Vorpommern konzentrieren, belegen dies [2, 3].

Schwerpunktmäßig lassen sich folgende Aussagen zusammenstellen:

- Bezuglich der Schadenshäufigkeit und -intensität lassen sich keine Unterschiede zwischen verschiedenen Produktgruppen feststellen.
- Hier und da anzutreffende Feststellungen, dass Verbundsysteme stärker betroffen sind als alle anderen, sind nicht belegbar.
- Von entscheidender Bedeutung sind die farblichen Beschichtungen der verschiedenen Systeme. Wasserabweisend (hydrophob bzw. ultrahydrophob) gestaltete Oberflächen weisen gegenüber wasserfreundlich (hydrophil) gestalteten Oberflächen länger anhaltende Feuchtigkeitsfilme auf, die als besiedlungsfreundlich zu bezeichnen sind.
- Im Mittel lässt sich feststellen, dass Algenbesiedlungen (unabhängig von der Art der Konstruktion) nach ca. 2 Jahren einsetzen, wobei dieser Zeitpunkt u. a. abhängig ist von Witterungslagen. Weitere Ursachen sind noch nicht vollends aufgeklärt. Es fehlen Datenreihen zwischen der Verbesserung der Luftqualität und dem Einsetzen der Oberflächenbesiedlungen, zumal im gleichen Zeitraum nachträgliche Wärmedämmungen erheblich zunehmen. Hier wird mehr gemutmaßt als wirklich wissenschaftlich begründet.
- Lang anhaltende mildere feuchte Winter sind besiedlungsfreundlich, während kältere trockene Winter als besiedlungswidrig zu bezeichnen sind.
- Die Dynamik der Algenbesiedlungen lässt sich durch eine Steigerungsrate von mehr als ca. 9 % pro Jahr ausdrücken. In Beständen von Gebäuden, die vor ca. 10 Jahren saniert wurden, können durchaus ca. 90 % aller Objekte mit Algenbesiedlungen zu tun haben (nicht zu verwechseln mit 90 % der Bauwerksoberfläche).

- Die vielfach von industrieller Seite geäußerte Meinung, dass Algenbesiedlungen ein typisch norddeutsches Problem sind, ist unzutreffend. Algen sind auf nachträglich gedämmten Fassadenoberflächen unabhängig von der geografischen Lage allgegenwärtig, selbst in der Schweiz. Übrigens erschien das erste deutschsprachige Buch über Algenbesiedlungen an Bauwerken von Schweizer (und nicht von norddeutschen) Autoren.

2 Lösungsansätze für Anti-Algenstrategien

Durch die zusätzliche nachträgliche Dämmung ist das Temperaturregime der Oberfläche verändert worden. In der Folge kommen zu den ohnehin schon vorhandenen Niederschlags- noch Tauwasserbelastungen hinzu. Diese sind für die Bildung von Feuchtigkeitsfilmen verantwortlich. Die Oberflächentemperaturen reichen nicht mehr aus, um diese Feuchtigkeitsfilme in relativ kurzer Zeit zur Verdunstung zu bringen. Lange anhaltend existente Feuchtigkeitsfilme sind die Ausgangsbasis für den Beginn von Verschmutzungen und Besiedlungen durch Algen und Pilze. Die Produkthersteller haben in jüngster Zeit verschiedene Denkansätze verfolgt und durchaus verschiedene Erfolge erzielt.

2.1 Hydrophobie

Baustoffoberflächen werden so eingestellt, dass sich hydrophobe Eigenschaften ausbilden können, d.h. der Benetzungswinkel liegt oberhalb von 90° . Dieses geschieht in der Absicht, Wasser von der Oberfläche fernzuhalten. Erreicht werden kann dieses durch entsprechend eingestellte Beschichtungen. Hydrophob eingestellte Oberflächen sind dennoch nicht trocken, weil Tauwassertropfen wegen ihrer geringen Größe nicht abrollen. Ein möglicherweise nicht immer zusammenhängender Feuchtigkeitsfilm ist die Folge.



Bild 1:
Kleine Wassertropfen auf hydrophob eingestellter Oberfläche (von links nach rechts):
 – Vergrößerung (ohne)
 – Vergrößerung (3-fach)
 – Vergrößerung (10-fach)

Hinzu kommen Besiedlungen mit Mikroorganismen, die stets darauf hinwirken, dass der Benetzungswinkel mehr oder weniger deutlich absinkt, und zwar unter die 90°-Linie.

2.2 Ultrahydrophobie

Vom Ziel ausgehend, den Wasser-Baustoff-Kontakt weiter zu minimieren, wurden dem Lotus-Effekt nachempfundene Fassadenprodukte entwickelt, die einen noch weiter gesteigerten Benetzungswinkel von anfangs ca. 160° besitzen. Wassertropfen sollen leicht abrollen, um eine trockene Fassade zu schaffen. Genau dieses tritt aber nicht in dem Maße ein wie erhofft. Zu leichte Tauwassertropfen bleiben haften und können nur beim Zusammenschluss mit anderen eine solche kritische Größe erreichen, die zum Abrollen ausreicht. Dieser Benetzungswinkel verringert sich jedoch deutlich, wenn Umwelteinflüsse z.B. durch Verschmutzungen oder/und Algenbesiedlungen eine Rolle spielen. Allzu rasch werden Benetzungswinkel unter 90° erreicht. Tauwassertropfen sind so leicht, dass sie auch auf ultrahydrophoben Oberflächen nicht abrollen können, sie haften an der Oberfläche und können die Basis für Feuchtigkeitsfilme bilden.

2.3 Hydrophilie

Weil kleine Tauwassertropfen unter hydrophoben und ultrahydrophoben Bedingungen auf der Fassadenoberfläche länger verbleiben, sind Überlegungen im Gange, zur ursprünglichen Lösung der hydrophilen Bedingungen beim Wasser-Baustoff-Kontakt zurückzukehren. Tauwasser soll kapillar von der Unterlage aufgenommen werden, damit der Oberflächenfeuchtefilm nicht mehr zur Verfügung steht, der die Algenbesiedlungen erst ermöglicht.

Hydrophile Bedingungen können aber möglicherweise das Tauwasser- und damit das Algenbesiedlungsproblem dann nicht lösen, wenn der Hintergrund stark feucht bzw. gar feuchtesättigt sein sollte, wovon im Normalfall auszugehen ist, insbesondere wenn die niederschlagsreiche Küstenregion Norddeutschlands betrachtet wird. Von großer Wichtigkeit ist das Verhältnis zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe (Rücktrocknung) über die vorhandene Farbe, deren Eigenschaften maßgeblich durch den Kapillar- und Wassertransport bestimmt werden.

2.4 PCM-Putzzusätze

Oberflächennahen Bereichen (Putz, Farbe) werden Latentwärmespeicher zugesetzt. Diese lassen sich in ihrer Zusammensetzung so gestalten, dass gezielt

ein Schmelzpunkt eingestellt werden kann. Möglich ist dieses sowohl durch die Materialauswahl als auch die Variation der Zusammensetzung mit dem eigentlichen Trägermaterial.

Während der zeitlichen Phasen der Erwärmung können thermische Energien (Umwandlungswärmen) durch den Phasenwechsel (fest → flüssig) gespeichert werden. Diese werden in Phasen der thermischen Abkühlung wieder frei, wenn der Phasenübergang (flüssig → fest) erfolgt. PCM-Farbzusätze, wie sie zwischenzeitlich hier und da auch diskutiert worden sind, ergeben insbesondere wegen der dort vorhandenen geringen Schichtdicken wenig Sinn.

2.5 IR-aktive Farben

An verschiedenen Stellen wurde bzw. wird mit dem Begriff IR-Putz gearbeitet. Aus physikalischer Sicht ist dies problematisch. Bei Farben macht dieses allerdings eher einen Sinn. Gemäß Patent: DE 4418214 C2 werden in die Bindemittel Metallsalze (Sulfide, Selenide, Chloride und Fluoride) als Pigmente eingearbeitet, die den Brechungsindex beeinflussen. Gemäß Patent: DE 198 01 114 A1 wird auch mit Perlglanzpigmenten gearbeitet. In beiden Fällen soll eine gezielte IR-Reflexion erreicht werden, die über die o. g. Eigenschaften hinaus noch winkelabhängig ist. Gegenwärtig sind lediglich IR-Innenfarben bekannt, während an IR-Außenfarben gearbeitet wird, es gibt hierzu auch einige Tests. Diese haben gegenwärtig sicherlich keineswegs die Praxisreife erreicht.

2.6 Photokatalytische Selbstreinigung

Gegenwärtig werden in einer großen Bandbreite Versuche – allerdings ohne große Erfolge – unternommen, mit Hilfe von Nanopartikeln (Titandioxid u. ä.) neue Oberflächen zu schaffen, die einen Selbstreinigungseffekt aufweisen. Infolge von Sonnenenergiezustrahlung sollen unter bestimmten Bedingungen freie Radikale entstehen, die antimikrobiell wirken. Insbesondere bei Dachsteinen wurden derartige Untersuchungen vorgenommen, wobei eine positive Wirkung insbesondere durch eine bessere Oberflächenqualität im Vergleich zu unbehandelten Dachsteinen nachgewiesen werden konnte. Derartige Dachsteine können bei entsprechend hohen Temperaturen beschichtet werden, wobei die Anatas-Konfiguration von besonderer Bedeutung ist. Nach der Auffassung der Autoren stehen überzeugende Erfolge mit dem Titandioxid in der breiten Anwendung, insbesondere für Nordseiten, wo die Sonnenenergiezustrahlung fehlt, noch aus. Weitere Überlegungen wurden daher auch in Richtung von antimikrobiell wirkenden Silberbeschichtungen der Titandioxidkristalle angestellt (Göbbert et al. [4]).

2.7 Biozid eingestellte Fassaden

Weil die verschiedenen o. g. Anti-Algenstrategien noch keine vollends überzeugenden Erfolge aufweisen können, wird sehr häufig der Weg verfolgt, Fassadenprodukte zusätzlich biozid einzustellen. Die Auffassungen zum Biozideinsatz liegen diametral auseinander: Produktanbieter sprechen einerseits davon, ein »gewisses Restrisiko der Fassadenvergrünung« abzusichern. Dieses ist legitim, weil es mittlerweile Urteile gibt, die Fassadenvergrünungen als einen Mangel der Produkte kennzeichnen, und zwar insbesondere dann, wenn dieses auf der Basis der Europäischen Biozidverordnung geschieht. Man möchte nicht, dass die Fassadenvergrünungen (Algenbesiedlungen) während der Gewährleistung auftreten. Ökologen sprechen allerdings davon, dass »Gifte«, dass »chemische Keulen« gegen Mikroorganismen eingesetzt werden, weil sie eine Belastung für die Umwelt darstellen. Erfurth [5] bezeichnet den Biozideinsatz als »Weg in die Sackgasse«. Rota [6] kennzeichnet den gegenwärtigen Zustand durch die Frage: »*Moratorium für giftige Fassaden?*« Technische Biozideinsätze erfolgen in den vordersten Schichten der Fassaden, in den Farben, in Putzen und in beiden genannten Partien.

- Nach Umfragen des SMGV, des Schweizer Maler- und Gipser Verbandes e.V., wurden im Jahre 2005 mehr als 50 % von insgesamt bis zu 20 Mio. m² der sanierten Flächen (entweder geputzt, farblich gestaltet oder beides) biozid eingestellt (Burkhardt [7, 8]).
- Gefunden wurden nach eben dieser Umfrage die Biozide Isothiazolinone, Triazin-Derivate, Harnstoff-Derivate, Carbendazim, Imidazol, Zink-pyrithion, Quart. Ammoniumverbindungen, Bronopol, Dichlorphenyl, Hexachlorbenzen und Organozinnverbindungen (Burkhardt [7, 8]).
- Weil es keine Biozide gibt, die sowohl pilz- als auch algenwidrig sind, wird gern mit Wirkstoffkombinationen (z.B. Carbendazim, Octylisothiazolinon (beide gegen Pilze)) und Dioron (gegen Algen) vorgegangen.
- Biozide werden als Additive beigegeben. Sie haben ausschließlich die Aufgabe, die Lebensansätze von Mikroorganismen (Algen und Pilze) auf der Fassade zu unterdrücken, zu hemmen bzw. abzutöten.
- Dieser Einfluss ist aber nicht von großer Dauer, weil die Wirksamkeit der Biozide direkt mit deren Wasserlöslichkeit gekoppelt ist.
- Biozide Wirkstoffe werden freigesetzt und können dann wirksam werden, wenn es zu witterungs- und tauwasserbedingten Feuchtigkeitseinträgen kommt.

2.8 Kombinierte Lösungsansätze

Wenn einzelne o. g. Lösungsansätze allein nicht zielführend sind, wird zu Doppelstrategien gegriffen. Zwei Strategien werden nebeneinander eingesetzt, um eine verbesserte Absicherung gegen Algenbesiedlungen erreichen zu können. Zum Beispiel werden funktionale Oberflächen zusätzlich biozid eingestellt. Hinzuweisen ist aber darauf, dass mit der zunehmenden Auswaschung der Biozide dann nur noch eine der beiden genannten Wirkkomponenten aktiv ist. Biozide Einstellungen der Fassade müssen erneuert werden. Dieses könnte nach ca. zwei bis vier Jahren der Fall sein.

3 Untersuchungen zum Biozideinfluss

Es ist möglich, unterschiedlich biozid eingestellte, ansonsten aber identische Produkte an ausgewählten Giebelflächen nebeneinander zu testen. Es handelt sich also um Parallelversuche unter gleichen Witterungsbedingungen. Dabei wurden ursprünglich stark besiedelte Giebelflächen per Hochdruckwasserstrahl gereinigt, anschließend getrocknet und dann erneut farblich gestaltet.

Mit Hilfe der PAM-Fluorometrie lassen sich Besiedlungen bereits im Frühstadium erkennen und bildgebend präsentieren, weil vorhandenes Chlorophyll Fluoreszenzlicht von Algen besiedelten Orten zurücksendet. Die PAM-Untersuchungen wurden nach einem Zeitraum von zwei Jahren durchgeführt. Die untersuchten Produkte lassen sich miteinander vergleichen. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden nach zwei Jahren Standzeit der Fassadenprodukte ermittelt (Bild 2).

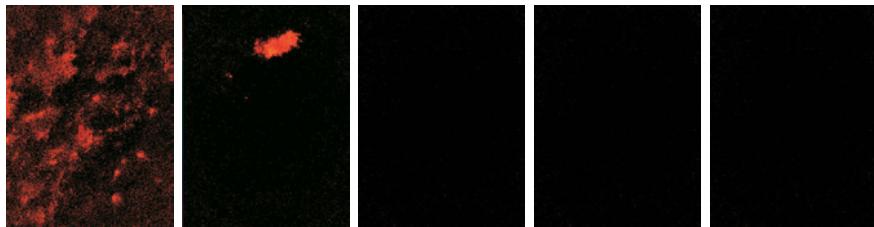
Bild 2:
PAM-Fluorometer



Objekt 1: Mecklenburg-Vorpommern

Referenzfarben mit funktionaler Oberfläche ohne biozide Einstellung im Vergleich mit anderen biozid eingestellten Farben und unterschiedlichen Biozidkonzentrationen.

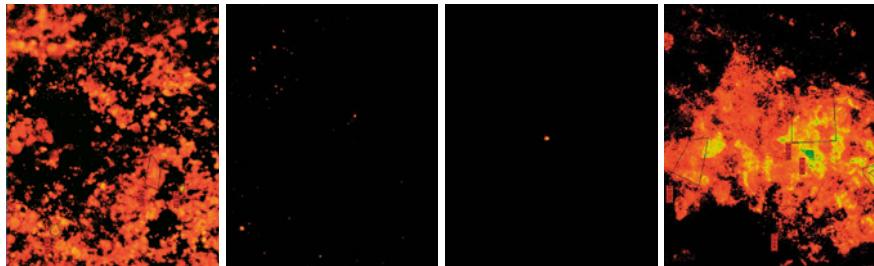
Ergebnisse: Fünf verschiedene Flächen werden bezüglich der Besiedlung miteinander verglichen. Siehe dazu Bild 3.



Die Referenzprobe B1 (ganz links: funktional, nicht biozid eingestellt) weist eine intensive Besiedlung auf. Die Flächen B2 bis B5 weisen gleiche biozide Einstellungen mit steigenden Konzentrationen auf. Mit steigenden Biozidkonzentrationen bleiben Algenbesiedlungen immer mehr aus.

Objekt 2: Schleswig-Holstein

Unterschiedliche funktionale Oberflächen ohne biozide Ausrüstung im Vergleich mit unbehandelten Referenzflächen. Ergebnisse: Vier verschiedene Flächen werden bezüglich der Besiedlung miteinander verglichen. Siehe dazu Bild 4.



Die Referenzprobe ganz links: nicht funktional, kein Farbanstrich, lediglich gereinigt, weist eine intensive Besiedlung auf. Die Probe in der Reihe ganz rechts: nicht funktional, mit einer nicht näher beschriebenen Farbe gestrichen, ist ebenso stark besiedelt. Lediglich die Proben A und B (mittig, zwei verschiedene funktionale Oberflächen ohne biozide Einstellung) besitzen kleine punktuelle Besiedlungsansätze.

4 PAM-Fluorometrie und Biozid-Wirkdauer

Durch vergleichende Untersuchungen lässt sich die Biozid-Wirkdauer in Abhängigkeit von der Zeit analysieren. Verschiedene Produkte werden dazu streifenförmig auf einer Giebelfläche appliziert, um sie einer natürlichen Freibewitterung über drei Jahre auszusetzen. In regelmäßigen Zeittabständen wurde die PAM-Fluorometrie vorgenommen. Ergebnisse siehe Bild 5.

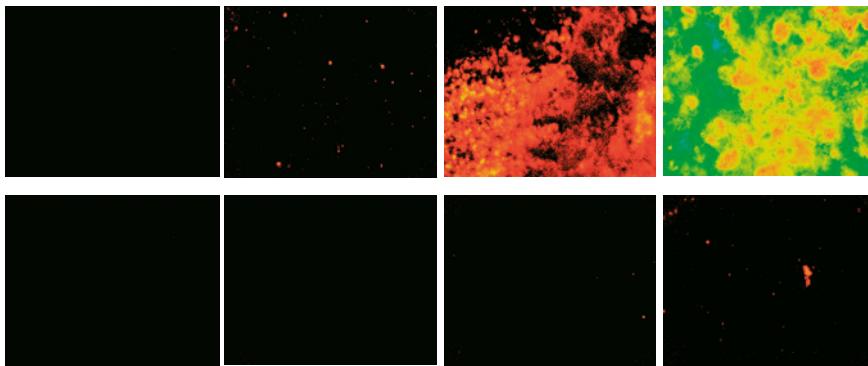


Bild 5:
PAM-Fluorometrie
an Putzproben
(Referenzprobe,
nach einem, nach
zwei und drei
Jahren Freibewit-
terung);
obere Reihe ohne
Biozideinsatz;
untere Reihe mit
Biozideinsatz

5 Fassadenbaustoffe, Biozide und Natur

Besonders kritisch werden biozide Einstellungen von Fassadenfarben von Umweltwissenschaftlern gesehen. Besonders zu erwähnen sind hier die EAWAG Zürich, hier insbesondere Burkhardt [7, 8], und Menge [9, 10] vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. Es wird kritisch von verschiedenen Autoren angemerkt,

- dass eine Reihe von Verordnungen (Biozid-Produktrichtlinie, Gefahrstoffverordnung, Zubereitungsrichtlinie und Chemikalienverbotsverordnung) den Biozidmarkt neu sortieren werden. Der eine oder der andere Stoff wird als kanzerogen (krebsfördernd), als mutagen (Erbgut schädigend) und als reproductionstoxisch bezeichnet werden und vom Markt verschwinden bzw. oberhalb einer bestimmten Konzentration nicht mehr anzuwenden sein oder aber zumindest gekennzeichnet werden. Wunder [11] meint dazu, dass Carbendazim (insbesondere gegen Pilze) und Dioron (insbesondere gegen Algen) bald besonders betroffen sein werden. Es wird nach Auffassung der Autoren Ausweichmanöver geben, es werden sicherlich Wirkstoffe auf den Markt kommen, deren Konsequenzen erst später absehbar sein werden;

-
- dass schwache Regenereignisse mehr Biozidprodukte auswaschen als starke (nach Menge [9, 10]);
 - dass die bioziden Einstellungen sich negativ auf die Umwelt auswirken. Verschiedene Autoren haben aufgezeigt, dass sich die ausgewaschenen Biozide im Klärschlamm und in Oberflächengewässern nachweisen lassen;
 - dass der Biozidabbau in Oberflächengewässern relativ langsam vor sich geht. Durchaus können Halbwertszeiten zwischen einem und zwei Monaten (für Carbendazim und Terbatryn (nach Menge [9, 10])) beobachtet werden;
 - dass die Auswaschung aus biozid eingestellten Dachfarben ein Umweltrisiko darstellt (nach Menge [9, 10]);
 - dass in Produktunterlagen der Hinweis enthalten ist, dass vom Bauwerk fortzuführendes Wasser nicht in Fischteiche geleitet werden darf und dass sich ebendieses Wasser auch nicht zur Bewässerung eignet (nach Menge [9, 10]) und
 - dass so genannte Antidurchwurzelungsmittel in Dachbereichen dadurch biozid eingestellt werden, dass die Biozide in Dachsperrbahnen eingearbeitet werden. Diese dann später ausgewaschenen Biozide sind nicht toxisch, aber u.U. kanzerogen (www.klzh.ch) [12].

6 Fazit

Biozide Ausstattungen von Bauwerkspartien – ob dieses nun der Dachbereich oder die Fassade ist, ist dabei vollkommen unerheblich – sind Verlegenheitslösungen, weil es nichts Besseres gibt. Die klassischen und die neuen funktionalen Bauwerksoberflächen können für sich allein dem Infektionsdruck nicht standhalten, es kommt zwingend zu einer Algenbesiedlung der Oberflächen.

Mit der zusätzlich biozid eingestellten Oberfläche wird versucht, den Besiedlungszeitpunkt deutlich nach hinten zu verschieben, so dass es zu keiner Besiedlung während der Gewährleistungszeit kommen kann. Trotz Biozideinsatz wird nur eine temporäre Besiedlungshemmung, keineswegs aber eine lang anhaltende dauerhafte Besiedlungsvermeidung erzielt.

Das zukünftige Ziel muss darin bestehen, die Biozidbelastung der Baustoffe deutlich abzubauen. Vorher müssen die Fassadenprodukte so weiterentwickelt werden, dass sie vollkommen allein dem Besiedlungsdruck standhalten.

Weber formulierte richtig, als er sagte: »... denn der Einsatz biozider Wirkstoffe kann nicht das Allheilmittel sein ...« [13, Seite 46]. Weber meinte weiter, dass bauphysikalische Ansätze verfolgt werden sollten, um das Problem zu lösen. Wenn diese bauphysikalischen Ansätze sich darauf konzentrieren, bei weiterhin reiner Luft den Feuchtigkeitsanteil auf der Fassadenoberfläche zu reduzieren, können richtige Ansätze gefunden werden. Dazu müssen die gegenwärtig im Einsatz befindlichen außenseitig anzuhörenden Dämmsysteme weiterentwickelt werden.

Literatur

- [1] H. Weber: Biotop Fassade; Der Maler- und Lackiermeister 10/2006
- [2] P. Rei, C. Raffel, A. Thölk: Unveröffentlichte Studienarbeit 2007
- [3] A. Spathelf, R. Stender, N. Kittendorf, D. Seemann, M. Schnoor, T. Jatzek, A. Heine und D. Kneißler: Unveröffentlichte Studienarbeit 2008
- [4] Göbbert, C. et al.: Desinfektionslack – Silberbeschichtete Titandioxid-Nanopartikel sind hocheffiziente Biozide. Farbe und Lack 108 (7) 20–25
- [5] U. Erfurth: Mit Gift in die Sackgasse; www.keimfarben.de
- [6] A. Rota: Moratorium für giftige Fassaden?, www.oebox.at
- [7] M. Burkhardt et al.: Einsatz von Bioziden in Fassaden, Applica-Thema 12/2006, S. 8ff.
- [8] o. V.: Biozide und Additive für den Materialschutz von Gebäuden – Auswaschung und Eintrag in das Entwässerungssystem von urbanen Gebieten; www.eawag.ch
- [9] D. Menge: Biozidemissionen aus Dach- und Fassadenfarben, Jahresbericht 2001, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [10] D. Menge: Dach sauber – Regenwasser (un)genutzt? Farbe und Lack 108. Jahrgang 2/2002
- [11] T. Wunder: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Bioziden in Fassadenbeschichtungen, Praxis kompakt, C. Maurer-Verlag 2004, S. 101 ff.
- [12] www.klzh.ch
- [13] H. Weber: Veralgung – Ursachen und Hilfe bei Algen an Fassaden, Bauhandwerk 10/2003, S. 46 ff.

Die Erstveröffentlichung dieses Beitrags erfolgte im »Europäischen Sanierungskalender 2009«, herausgegeben von Helmuth Venzmer, Beuth Verlag GmbH Berlin, Wien, Zürich, 2009. ISBN 978-3-410-16871-3, www.beuth.de. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Beuth Verlages.

*»Man ist nicht nur verantwortlich für das, was man tut,
sondern man ist auch verantwortlich für das, was man nicht tut.«*
Jean Baptiste Molière, franz. Komödiendichter (1622–1673)

Einschichtputze: Blasen, Pusteln, Striemen und Einschlüsse

1 Allgemeines

Beim größten Teil der heute applizierten Einschichtputze handelt es sich um Gipsputze in Innenräumen, welche auf Decken (Untergrund vorwiegend Beton) und auf Wände (diverse Untergründe) aufgetragen werden. Die im Titel genannten Erscheinungen sorgen bei diesen Verputzen für Irritationen und entsprechenden Mehraufwand, d. h. verursachen Reklamationen und Nachbesserungen. Da in der Regel verschiedene Handwerke impliziert sind (Gipser und Maler), münden Konflikte oftmals in gegenseitigen Schuldzuweisungen, die sich nachträglich nicht immer einfach auflösen lassen.

Die Ursachen für die genannten Erscheinungen sind vielfältiger Natur. Die handwerkliche Qualität der Putzoberfläche (Oberflächengüte) ist von entscheidender Bedeutung, sie bildet aber nicht den Schwerpunkt dieser Abhandlung und wird im weiteren Text deshalb nur am Rande erwähnt. Die Bedingungen auf der Baustelle sind ebenso entscheidend für ein befriedigendes Endresultat. Hohe Feuchtigkeit, übermäßiger Zeitdruck und die Abwesenheit einer kompetenten, technischen Bauleitung schaffen keine guten Voraussetzungen. Letztlich liegen die Schwierigkeiten auch zu einem erheblichen Teil in den materialspezifischen Eigenschaften der beteiligten Baustoffe, d. h. in der Materialkombination Weißputz/Beschichtung an sich.

2 Gips – Gipspalte

Gipspalte sind im Vergleich zu den anderen, mineralischen Baustoffen (Beton, Keramik, Stein) ein weiches Material mit besonders hoher Porosität, d. h. besonders hoher Saugfähigkeit. Eine weitere Eigenart des Gipses ist seine Feuchteempfindlichkeit bzw. verhältnismäßig starke Wechselwirkung mit Wasser. Wegen seiner großen inneren Oberfläche bindet Gips gerne Wasser (Sorption). Zudem besteht eine merkliche Wasserlöslichkeit (ca. 2 g/l). Ein Feuchtegehalt von nur einem Prozent vermindert die Festigkeit des Gipspaltes um bis zu 60 %. Das schnelle Abbinden, welches im Bauablauf einen Vorteil darstellt, lässt verarbeitungstechnisch recht wenig Spielraum offen. Bezuglich Verputzaufbau kommt im Weiteren seine Dünnschichtigkeit hinzu (5 mm), was bei inhomogenen Untergründen und Feuchteinflüssen rasch Rückwirkungen auf das Endresultat hat.

Die vorgenannten Eigenschaften lassen unschwer voraussagen, dass beim Auftrag der Anstriche, bis zum Abtrocknen der Farbe, intensive Wechselwirkungen stattfinden, welche auf das Endresultat erheblichen Einfluss haben können. Vordergründig ist die Saugfähigkeit des Gipspaltes ausschlaggebend, taucht man aber tiefer in die Materie ein, dann zeigt sich sein System mit vielen Variablen, die materialtechnisch und bautechnisch bedingt sind.

Die Erhärtung, d. h. die Ausbildung des Materialgefüges der heutigen Weißputze erfolgt bei gleichbleibendem Wassergipsverhältnis und einem gegebenen Produkt mit recht zuverlässiger Konstanz. Der Grund dafür liegt vor allem im durch chemische Zusätze geregelten Abbindeprozess, der Feinheit der verwendeten Rohstoffe sowie in der Art des zur Herstellung der Weißputzmischung verwendeten Gipses. Zwischen den verschiedenen Produkten bestehen Unterschiede, da Rohstoffe, Mahlfeinheit, Zusätze sowie der Kalkanteil variieren.

2.1 Beschichtungen (Anstriche) auf Weißputzen

Die heute gängig verwendeten Beschichtungen (Anstriche) auf Weißputzen bestehen aus Bindemitteln, Pigmenten, Füllstoffen und diversen Additiven. Heute werden in der Regel wässrige Systeme verwendet. Organische Lösemittel stellen eher eine Ausnahme dar. Hauptsächliche Bindemittel sind diverse Emulsionspolymerivate. Die Zugabe von Silikonharzen ist weit verbreitet. Leim- und Kalkfarben spielen eine eher untergeordnete Rolle, außer in historischen Bauten. Die Zusammensetzung der Beschichtungssysteme ist damit sehr vielfältig. Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Feinheiten der

Anstrichzusammensetzung ist an dieser Stelle nicht möglich. Der weitgehend vollzogene Wechsel von Beschichtungen (Anstrichen) auf Lösemittelbasis auf wässrige Systeme hat logischerweise Konsequenzen, da Wasser und Gips stark wechselwirken. Grundierungen haben die Funktion, diese Wechselwirkungen zu steuern. Auch diese Systeme sind wässriger Natur und beruhen auf Dispersionstechnik.

2.2 Gipsputze, Gefüge im Querschnitt – Folgen der Oberflächenbearbeitung

Im Querschnitt eines Gipsputes eines gegebenen Produktes wirkt sich die Oberflächenbearbeitung maßgebend auf das Gefüge aus. Durch das Abglätten entsteht eine oberflächliche Verdichtung, welche zu einer Erhöhung der Oberflächenhärte und zu einer Reduktion der Porosität führt (Bild 1 + 2). Diese verdichtete Schicht ist sehr dünn, oft kaum dicker als der Anstrich. Nachbearbeitungen (z.B. Schleifen) durchbrechen diese verdichtete Schicht und haben Rückwirkungen auf das Saugverhalten der Oberfläche, ganz abgesehen von der Verminderung der Hafteigenschaften von Nachfolgeschichten, welche ebenfalls aus dem Anschleifen der verdichteten Zone resultieren können. Echte Sinterschichten, wie sie bei Kalkputzen auftreten, bilden sich auf echten Gipsputen (Gipsanteil >70 %) in der Regel nicht. Stark verdichtete Oberflächenschichten werden in Zusammenhang mit maschinell aufgebrachten Gipsputen erwähnt, besonders bei feuchten Baustellenbedingungen, wobei hier höhere Kalkgehalte im Spiel sein dürften.

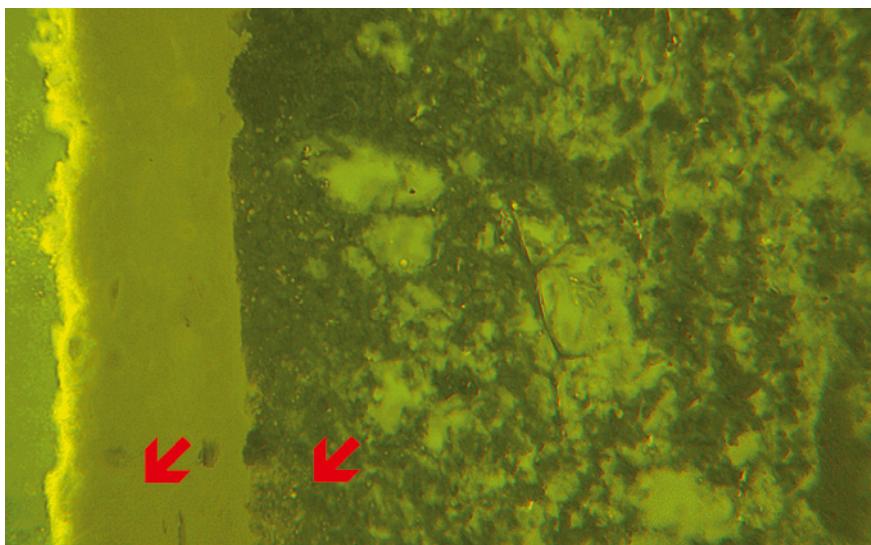
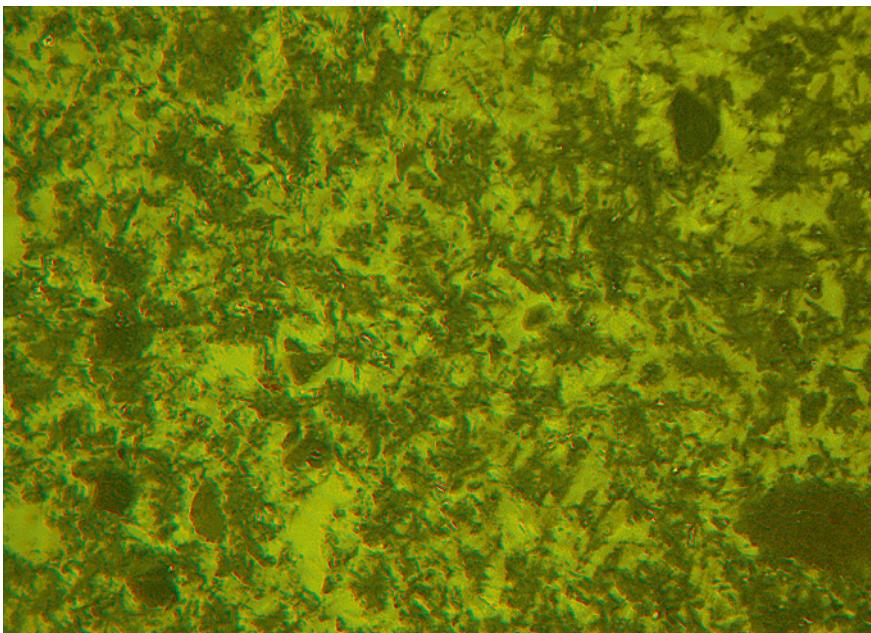


Bild 1:
Anstrich verdichtete Schicht

Bild 2:
Grundgefüge in
der Masse



3 Oberflächengüte

Zur Oberflächengüte gibt es detaillierte Angaben in den Merkblättern der Berufsverbände des Verbandes. Primär ist der Planer gefordert, der die Wahl für eine bestimmte Oberflächengüte trifft und in den werkvertraglichen Unterlagen festhält. Eine weitere wichtige Rolle spielt die Bauleitung, welche dafür sorgen muss, dass vom Unternehmer die vereinbarte Qualität auch geliefert wird. Eine unregelmäßige Oberfläche, welche Bearbeitungsspuren, Risse oder Schleifspuren aufweist, kann der Maler mit seiner Beschichtung nicht ausgleichen und müsste die Putzflächen vorgängig und mit viel Aufwand spachteln. Das bedeutet, dass bei zu beschichtenden Weißputzen (Anstriche) mindestens die Qualitätsstufen 3 oder 4 auszuschreiben bzw. auszuführen sind.

4 Grenzflächeneffekte

Die Prozesse, welche beim Aufbringen einer Beschichtung auf einen Weißputz ablaufen, werden in maßgebender Weise von Oberflächeneffekten gesteuert. Wissenschaftlich beschäftigt sich das Fachgebiet der Grenzflächenchemie/Grenzflächenphysik mit diesen Prozessen. Da sich an Grenzflächen (fest/flüssig) eine ganze Anzahl von chemischen und physikalischen Prozes-

sen überlagern (d. h. auch gegenseitig beeinflussen), ist dieses Wissenschaftsgebiet ziemlich anspruchsvoll. Einfach ausgedrückt ist der Saugprozess (Anstrich auf Weißputz) eine Folge der Kräfte, die aus den Oberflächenenergien der beteiligten Baustoffe resultieren. Gips hat als mineralische Oberfläche eine hohe Oberflächenenergie und nimmt Wasser gerne an (hydrophil). Daraus ergibt sich eine grundsätzlich hohe Affinität zwischen der Gipspitzoberfläche und dem noch flüssigen Anstrich.

Das Saugverhalten der Gipspitzoberfläche wird durch eine geeignete Grundbeschichtung (Grundierung) gesteuert, d. h. gedämpft und ausgeglichen. Durch die Grundierung wird die Oberfläche bezüglich Saugverhalten homogenisiert – der Gips wird im Feinstbereich mit einer sehr feinen, nicht porenlösenden Oberflächenschicht versehen. Die eigentliche Beschichtung (Anstrich) trifft dann nicht mehr auf Gips, sondern auf eine Vorbeschichtung, mit einer gleichmäßigeren Saugwirkung. Wird auf eine Grundbeschichtung (Grundierung) verzichtet, dann ist die Beschichtung (Anstrich) der in der Regel stark unterschiedlich saugenden Oberfläche mit all ihren Nachteilen ausgesetzt.

Bei extrem saugenden Untergründen muss unter Umständen zweimal grundiert werden. Die Art der Grundbeschichtung ist auf die Beschaffenheit des Weißputzes oder der Spachtelung abzustimmen. Auf jeden Fall ist die Eignung der Grundbeschichtung in Vorversuchen abzuklären.

Neben der Porosität der Oberfläche wirkt sich auch die Feuchtigkeit des Gipsputes auf das Verhalten der Beschichtung aus.

Ein feuchter Gipsputz ist, wenn der Feinstbereich betrachtet wird (submikroskopisch), bereits mit einem Wasserfilm überzogen. Dies beeinflusst die Annahme der Beschichtung ebenfalls. Ist diese Feuchtigkeit ungleichmäßig über eine Putzfläche verteilt, so kann sich dies nachteilig auf die Beschichtung auswirken. Das Erreichen einer deckenden, glatten Beschichtung mit gleichmäßigen Reflexionseigenschaften (Streiflichteffekte) ist somit stark von einer gleichmäßig saugenden und gleichmäßig trockenen Gipspitzoberfläche abhängig. Saugt der Untergrund zu ungleichmäßig, dann wird sich dies auf die Oberfläche des Beschichtungsfilms auswirken.

Die meisten Beschichtungen sind nämlich nicht vollständig matt – sie verfügen, vor allem im Streiflicht, über einen schwachen Seidenglanz. Dieser »Glanz« hängt von der Mikro-Rauigkeit der Beschichtungsfläche ab. Schon geringe Unterschiede in dieser Feinstruktur wirken sich auf die Reflexionseigenschaften der Beschichtungsfläche aus. Im Streiflicht können so Unregelmäßigkeiten erscheinen.

Saugt die Oberfläche insgesamt zu stark, dann wird der Beschichtung die Flüssigkeit zu schnell entzogen – die Beschichtung brennt auf. Ist diese Eigenschaft punktuell verteilt, dann entstehen Pusteln.

Saugt der Untergrund nur wenig, dann hat eine gleiche Beschichtung Tendenz, einen stärker deckenden Film zu bilden, was sich nur dann negativ auswirkt, wenn diese Eigenschaft nicht gleichmäßig vorliegt.

Anderseits sind die Eigenschaften des Beschichtungssystems von Bedeutung. Zu stark verdünnte Beschichtungen lassen auch normale Arbeitsspuren sichtbar werden, die von einer geeigneten Beschichtung in vielen Fällen abgedeckt werden. Probleme dieser Art entstehen vor allem dann, wenn auf eine Grundbeschichtung (Grundierung) verzichtet wird oder eine nicht auf den Untergrund abgestimmte Grundbeschichtung (Grundierung) appliziert wird.

Kratzer und Verletzungen der verdichteten Oberflächenschicht des Gipsputzes führen zu Unterschieden im Saugverhalten, die sich nach Auftrag des Anstriches störend abzeichnen können. Genauso zeichnen sich Spachtelungen ab, wenn die Farbe zu dünn aufgetragen wird. Besonders bei den in einem Arbeitsgang aufgespritzten Beschichtungen, die in der Regel dünnflüssiger eingestellt werden, werden Ungleichmäßigkeiten (Wolkenbildung) beobachtet, die der Beschichtung (Material und / oder Ausführung inkl. Vorbehandlung des Untergrundes) zuzuordnen sind.

Die meisten Beschichtungen (Anstriche) verfügen über oberflächenaktive Zusätze, welche verschiedene Funktionen erfüllen (Dispergiermittel, Entschäumer, BenetzungsmitTEL etc.). Im Gipsputz (Weißputz) sind Wasserrückhaltemittel, Stellmittel und Verzögerer enthalten und dienen der Verbesserung der Geschmeidigkeit, der Offenzeit etc. Der Mengenanteil dieser Stoffe ist gering. Dass es hier bezüglich Endresultat, d.h. einer wunschgemäßen Endqualität einer gestrichenen Weißputzoberfläche zu Zielkonflikten und zu Nebenwirkungen kommen kann, ist nicht völlig auszuschließen. Eine eingehende Beschäftigung mit diesem Thema würde sich lohnen.

Erschwert wird der Zugang zu dieser Problematik durch die sich wandelnden Produkte und durch den erschwerten Zugang zu den genauen Produktezepten (Firmengeheimnis).

5 Übersicht der Erscheinungen (nach fertig erstelltem Anstrich)

Die nachfolgenden Beispiele zeigen eine Anzahl von Erscheinungen, die unterschiedlichste Ursachen haben. Die Erscheinungen werden kurz beschrieben und bezüglich Ursachen bewertet. Zudem werden Angaben zur Verhinderung dieser Erscheinungen gemacht.

5.1 Flecken von verfärbenden Fremdstoffen (z. B. Rost)

Rostflecken stammen von nicht korrosionsgeschützen Eisenteilen in der Unterkonstruktion. Es ist ratsam, diese wenn möglich vor dem Auftrag des Weißputzes zu entfernen bzw. mit einem Korrosionsschutzanstrich zu versehen. Zeichnet sich Rost an der bereits erstellten Gipsputzoberfläche ab, dann besteht die Möglichkeit, mittels eines Isolieranstrichs das Durchdrücken des Rostes durch den Anstrich zu verhindern. Dabei ist darauf zu achten, dass der Isolieranstrich nicht die Farbwirkung des Anstriches beeinträchtigt.



Bild 3:
Durchdrückender
Rostfleck

5.2 Pusteln und Blasen

Pusteln und kleine Blasen bilden sich infolge von Inhomogenitäten im Weißputz. Sie entstehen gelegentlich infolge von Benetzungsproblemen (beim Einstreuen), bei Produkten mit einem Gipsgehalt von weniger als 70 %.

Die Oberfläche erscheint als »Orangenhaut«. Es handelt sich um helle Kalkhydratknöllchen, die sich beim Benetzen mit einem Indikator deutlich abzeichnen. Je nach Intensität der Erscheinung müssen solche Stellen zusätzlich geschliffen (evtl. sogar neu überglättet) und zusätzlich grundiert werden. Ansonsten kommt es über den Knöllchen zum Aufbrennen des Anstriches und der damit verbundenen Bildung von Pusteln.

Bild 4:
»Orangenhaut«,
als Folge von
Inhomogenitäten
im Weißputz



5.3 Streifenartige Aufwölbungen des Anstriches, Kratzer

Die unter Bild 6 dargestellten markanten, streifenartigen Aufwölbungen des Anstriches sind als Folge eines stark ungleichen Saugverhaltens der Putzoberfläche zu verstehen. Sie entstehen, wenn z. B. eine eher dichte Oberfläche durch Nachbearbeitung kratzerartig durchbrochen wird, also bei einer Nachbearbeitung der Oberfläche vor Auftrag des Anstriches. Die Erscheinung zeigt vom Prozess her Analogien zur »Orangenhaut«, ist hier aber streifenförmig ausgebildet. Auch hier kann von einem Aufbrennen gesprochen werden.

Das einfache Abzeichnen von Kratzern in der Putzoberfläche (Bild 7) ist eine Folge der Verwendung zu grober Schleifmittel bzw. nachträglicher Beschädigungen. In die gleiche Kategorie gehören nicht abgestoßene »Brauen«. Hier handelt es sich um rein handwerklich bedingte Erscheinungen, d. h. um eine unvollständige oder ungeeignete Fertigstellung der Putzoberfläche vor dem Aufbringen des Anstriches.



Bild 6:
Starke, streifenartige Aufwölbungen des Anstrichs infolge Nachbearbeitung der Putzoberfläche vor Auftrag der Beschichtung

Bild 7:
Sich in der Putzoberfläche abzeichnende Kratzer, z.B. als Folge der Verwendung eines zu groben Schleifpapiers vor Auftrag der Beschichtung



5.4 Runde Aufwölbungen (Pusteln 2)

Eine andere Form von Pusteln kann entstehen, wenn während des Bauablaufes ungünstige Klimabedingungen auf der Baustelle geherrscht haben. Hohe Raumluftfeuchte und ein eher kühler Baukörper können Kondensatbildung im bereits erstellten Weißputz zur Folge haben (zum Beispiel bei nachträglich eingebrachten Unterlagsböden). Durch Anlösung und Rekristallisation verändert sich dabei das Gipsgefüge. Die dadurch entstehenden Ungleichmäßigkeiten im Saugverhalten des Gipsputes wirken sich auf die Beschichtung (Anstrich) aus. Die letzliche Ursache liegt nicht am Weißputz, sondern an ungeeigneten Bedingungen während des Bauablaufes bzw. an der falschen Abfolge der Bauvorgänge und ist somit ein Problem der Bauplanung. Einen großen Einfluss auf die Bildung von Pusteln haben die Beurteilung der Weißputzoberfläche durch den Maler und die daraus gezogenen Schlüsse. Die Grundbeschichtung muss auf den vorhandenen Weißputz und dessen Verhalten abgestimmt werden. Das Gleiche gilt auch für die Wahl der Beschichtung (Anstrich).



Bild 8:
Starke Kondensatbildung an der Untersicht einer rohen Betondecke infolge hoher Luftfeuchtigkeit und eher tiefer Oberflächentemperaturen

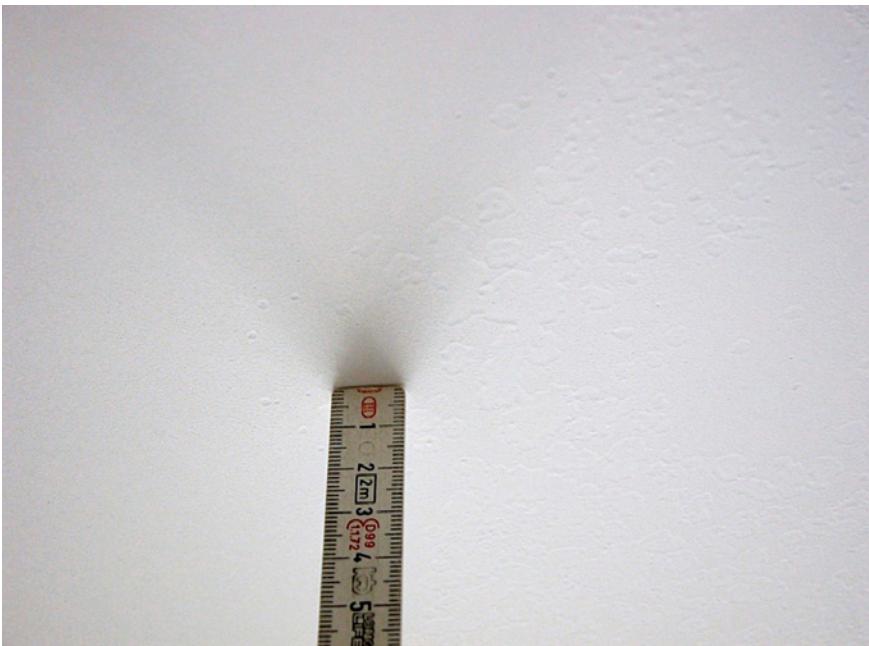


Bild 9:
Bildung runder Aufwölbungen wahrscheinlich als Folge von Kondensatbildung im Gipsputz

5.5 Striemen und Wolken

Die in den Bildern 10 (Streifen) und 11 (Wolken) dargestellten Erscheinungen gehen auf eine ungenügende Abstimmung der Grundbeschichtung (Grundierung) auf den Putzuntergrund oder eine nicht ordnungsgemäße Ausführung der Beschichtung (Anstrich) zurück. Wird die Beschichtung (Anstrich) zu dünnsschichtig oder zu dünnflüssig und ohne korrekte Grundbeschichtung sowie ungenügender Vorarbeit (Spackeln des Weißputzes) aufgebracht (z.B. gespritzte Farbe), dann zeichnen sich Handwerksspuren auch nach der Beschichtung ab.

Bild 10:
Striemenbildung
aufgrund eines
nicht ausreichend
auf das Saugver-
halten des Putzes
abgestimmten
Anstriches





Bild 11:
Wolken- und
Striemenbildung
aufgrund der
Verwendung eines
zu stark verdünnt-
ten, gespritzten
Anstriches

5.6 Fleckiges Erscheinungsbild

Die in den Bildern 12 und 13 dargestellten Erscheinungen gehen auf Unregelmäßigkeiten des Saugverhaltens der Gipsputoberfläche und die getroffenen, nicht ausreichenden Maßnahmen vor und bei der Ausführung der Grundbeschichtung zurück. Hier handelt es sich um nachträgliche Spachtelungen bzw. um Isolieranstriche, welche zum Rest der Oberflächen ein anderes Saugverhalten aufweisen. Solche Nachbearbeitungen sind je nach Oberflächengüte des Putzes unvermeidlich, und müssen bei der Wahl der Grundbeschichtung berücksichtigt werden, um solche Stellen gleichmäßig abzudecken.

Bild 12:
Dunklerer Fleck
über einer Spach-
telung



Bild 13:
Heller Fleck, z. B.
von lokal aufge-
tragenem Isolier-
anstrich (gegen
Rostflecken)



6 Fazit

In Anbetracht der Abermillionen Quadratmeter Gipsputze, welche beschichtet (gestrichen) werden, könnte man glauben, dass die Ausführung einer Beschichtung (Anstrich) inkl. der vorgängigen Grundbeschichtung auf Gipsputen eine einfache Sache ist. Der Anteil an beschichteten (gestrichenen) Gipsputzflächen, welche zu Beanstandungen führen, ist gemessen an der Gesamtheit der erstellten Flächen immer noch klein (<1 %). Die Beschäftigung mit dem Thema zeigt aber, dass der erfolgreichen Anwendung von beschichteten Gipsputzen engere Grenzen gesetzt sind, als dies bei vielen anderen Baustoffen der Fall ist. Die lange Erfahrung mit Gips hat zu Optimierungen geführt, die in der Formulierung der Mischungen, der Verarbeitungstechnik und den notwendigen Rahmenbedingungen auf der Baustelle sowie im Bauablauf ihren Niederschlag gefunden haben. Sinn und Zweck dieser historisch gewachsenen Optimierungen wird oft erst wieder offenbar, wenn eine oder mehrere der gegebenen, technischen Grenzen überschritten werden, d.h. wenn es zu Problemen kommt. Die Gefahren liegen heute vor allem im Ausreizen der Wirtschaftlichkeit bezüglich Rohstoffverwendung, in einem einseitigen Anpreisen von Materialeigenschaften, in der Rationalisierung der Arbeitsabläufe und in einer ständigen Erhöhung des Bautempos. Tatsache ist, dass die Erfüllung hoher ästhetischer Ansprüche auch bei sinkenden Preisen nach wie vor vorausgesetzt wird. Dass es unter solchen Bedingungen vermehrt zu Reklamationen und Schäden kommt, ist offensichtlich.

Es liegt vor allem in der Hand der beteiligten Planer und Handwerker, Voraussetzungen zu schaffen, die es erlauben, sich innerhalb der gegebenen technischen Grenzen zu bewegen. Den Herstellern der Bauprodukte kommt die Verantwortung zu, ihre Produkte so zu formulieren, dass nicht schon kleinste Abweichungen zu Problemen führen. Die Anwendung ist so zu umschreiben bzw. festzulegen, dass ein befriedigendes Endresultat erreicht werden kann, auch bei nicht immer idealen Voraussetzungen am Bau. Einseitig den Preis, die Ergiebigkeit und ein schnelles und problemloses Applizieren in den Vordergrund zu stellen, birgt Risiken.

Für die Praxis ergeben sich folgende Schlüsse:

Je kompakter und gleichmäßiger die Gipsoberfläche ist, desto geringer ist das Risiko, dass sich nach Auftrag einer Beschichtung (Anstrich) Unregelmäßigkeiten abzeichnen, d.h., dass mit der Wahl einer hohen Oberflächengüte gute Voraussetzungen für ein befriedigendes Resultat geschaffen werden.

Auch bei der Wahl einer hohen Oberflächengüte liegt es in der Natur des Baustoffes Gips, dass Unterschiede im Saugverhalten der Oberfläche vorliegen. Auf einen Grundbeschichtung (Voranstrich) zu verzichten steht im Widerspruch zur bewährten Praxis und stellt ein unnötiges Risiko dar.

Bezüglich der am Bau herrschenden Bedingungen ist vor allem darauf zu achten, dass die erforderlichen Umgebungsbedingungen bei allen Arbeitsgängen eingehalten werden. Gips ist und bleibt ein feuchteempfindlicher Baustoff.

Bezeichnend ist, dass wenn die Maler- und Gipserarbeiten aus einer Hand kommen, praktisch nie Probleme auftreten. Ein Ausführender, der beide Arbeitsgänge ausführt, weiß, worauf er zu achten hat. Diesbezüglich sind hier auch die Bauherrschaft bzw. der Planer gefragt, die mit ihrer Suche nach dem immer günstigsten Angebot das Risiko von Fehlleistungen erhöhen.

Für den Maler ist eine gründliche Prüfung der Gipsputzoberfläche vor Auftrag der Beschichtung unabdingbar.

Als Hilfsmittel steht hierzu ein Merkblatt des SMGV zur Verfügung (»Beschichtungen auf Weißputz und Spachtelungen«, Stand März 2008). Nicht alle Prüfungen, die in diesem Merkblatt aufgeführt sind, haben sich als reproduzierbar, d. h. als tauglich erwiesen. Die wichtigsten Prüfschritte seien hier aber noch einmal genannt:

- Visuelle Prüfung auf Risse, Kratzer, Ausbrüche, Brauen etc.
- Messung der Feuchtigkeit des Untergrundes (Weißputz / Spachtelung und Tragwerk)
- Prüfung der Saugfähigkeit des Untergrundes mittels Benetzungsprobe (gleichmäßiges Saugen?)
- Prüfung der Festigkeit des Untergrundes.

Spechtschäden an Fassaden

Im Herbst und besonders im Frühjahr häufen sich die Klagen über Schäden an Fassaden, die durch Spechte hervorgerufen werden. Verzweifelte Bauherren, ratlose Architekten und verärgerte Handwerker versuchen dann, zu ergründen, warum gerade ihre Fassade von diesem Vogel heimgesucht wird.



Bild 1:
Buntspecht im
aktiven Einsatz

Bild 2:

Der Specht deckt es auf: Diese Fassade ist kein echter Stuck, sondern Fertigstuck aus Polystyrol-Elementen



Spechtschäden an Fassaden, diesem zwar nicht verbreiteten, aber doch immer wieder auftretenden, jedenfalls sehr lästigen Problem auf den Grund zu gehen, bedarf der Zusammenführung und Kombination vieler Informationen aus Schadensfällen mit Erzählungen aufmerksamer Beobachter und mit dem ganz speziellen Specht-Fachwissen von Ornithologen.

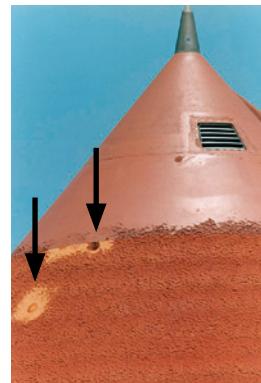
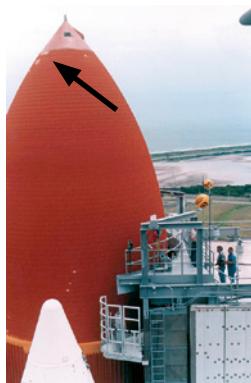
Eine zusammenfassende Darstellung des Problems kann zwar keinen Spechtschaden verhindern, aber zumindest die Ursachen und Vorgänge erklären und verständlicher machen.

Zahlreiche Specht-Schadensfälle sind dem Verfasser in den vergangenen Jahren zur Kenntnis gelangt, weit über die Grenzen Österreichs hinaus, aus Belgien, aus dem Norden Deutschlands, aus Israel und sogar vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral, Florida. Dort haben Spechte vor der Kälteisolierung von Raketen-Treibstofftanks nicht Halt gemacht, für kostenintensive Reparaturen und eine teure Verschiebung eines Spaceshuttle-Starts gesorgt (s. Kas ten NASA).

Nicht nur am Bau

NASA: Spechtschäden am Spaceshuttle

Der zwischen den beiden Trägerraketen liegende Haupttank für den flüssigen Wasserstoff ist außenseitig nur mit einer dicken Dämmschicht isoliert. Spechte, im Amerikanischen »Woodpecker« genannt, haben diese Dämmung beschädigt (Pfeile).



In den von Spechten ausgestanzten Löchern der Kälteisolierung¹ könnten sich Eisklumpen bilden, die beim Startvorgang die Außenhaut des Space-shuttles beschädigen könnten. Die Folge: Startvorbereitungen abgebrochen, Start verschoben, Reparatur.

Für die Reparatur musste das ganze System (Trägerrakete, Treibstofftanks und die Raumfähre) wieder aus der Startrampe ausgebaut und mit der überdimensionalen selbstfahrenden Lafette in die Montagehalle zurückgebracht werden. Erst mit 5-wöchiger Startverzögerung war der Start dann möglich. Kosten der Spechtlöcher: ca. 100.000 US-Dollar. (Alle Bilder:

NASA, Cape Canaveral, Florida USA)

Anmerkung: Aktuellen Untersuchungsberichten zufolge war die Ursache des Space-shuttle-Absturzes am 01.02.2003 ein Stück Kälteisolierung, das sich beim Start loslöste und einen Teil des Hitzeschildes beschädigte.



¹ Die Dämmung am Haupttank der Rakete verhindert, dass der flüssige Wasserstoff (-253°C) verdampft, es ist somit eine Kältedämmung. Im Gegensatz dazu verhindert die Dämmung an Bauwerken, dass Wärme aus dem Gebäudeinneren nach außen abfließen kann, deshalb ist es eine Wärmedämmung. Die Aufgaben beider Dämmungen sind gleich: Temperaturabfluss verhindern.

1 Schadensentstehung

1.1 Zuerst kommen die Insekten

Naturliebende Waldspaziergänger werden es schon erlebt haben, dass der Specht nicht immer nur wild hackend und trommelnd Bäume malträtiert, sondern sich auch durchaus gefühlvoll der Insekten in den Vertiefungen der Rinden von Bäumen bedient. Fast geräuschlos pickt er Kerbtiere aus der Borke.

Jedem aufmerksamen Baupraktiker ist bekannt, dass in den Zeiten noch kühler Nächte im Frühjahr und schon kühler Nächte im Herbst auffällig viele Insekten an Fassaden ansitzen. Mit Vorliebe suchen sich Fliegen, Mücken und Spinnen dort Plätze, die relativ lange von der Sonne beschienen werden. Sie schlüpfen nicht in Verstecke, sie bleiben auf erwärmtten Flächen sitzen; mit fallender Temperatur erstarren sie dort regelrecht oder kriechen ganz langsam herum.

1.2 Wildtiere in der Stadt

Auf der Suche nach Futter, aber verschiedentlich auch um neue Reviere abzustecken, begeben sich alle möglichen Wildtiere auch in unsere Wohnbereiche. Marder, Füchse und Waschbären haben schon lange die »Köstlichkeiten« unserer Überschussgesellschaft in Mülltonnen und Abfallkübeln entdeckt. Biber, Igel, Falken, Habichte, Rehe, Graureiher, Fledermäuse, Maulwürfe, Wildhasen und andere Wildtiere können bereits als fixer Bestandteil des humanen Lebensraumes gesehen werden. Der Specht macht keine Ausnahme, siedlungsnahe Waldränder, Parkanlagen und sogar kleine Gärten mitten in Reihenhaussiedlungen sieht er fast mit Selbstverständlichkeit als geeignetes Revier für Futtersuche und Brutaufzucht.

1.3 Es ist angerichtet!

Die raue Struktur des Verputzes eines baulichen Objektes lässt den Specht diesen als vermeintliche Borke ansehen, und die dort ansitzenden Insekten stellen für den Specht ein leckeres Selbstbedienungsbuffet dar, verlockend für den Vogel, der ein offenbar ausgezeichnetes Sehvermögen besitzt.

Die Anatomie der Zehen des Spechtes lässt vor allem den Buntspecht Gebäudekanten als idealen Lande- und Ansitzplatz erscheinen, mit den Greifzehen umfasst er die Kante. Die gehackten Löcher des Buntspechts finden sich deswegen an Bauteilkanten entlang aufgereiht. Die etwas andere Zehenanatomie des Schwarzspechts erlaubt diesem, sich auch an ebenen Flächen niederzulassen und festzuhalten, dann gibt es auch über Flächen verteilte Spechlöcher.

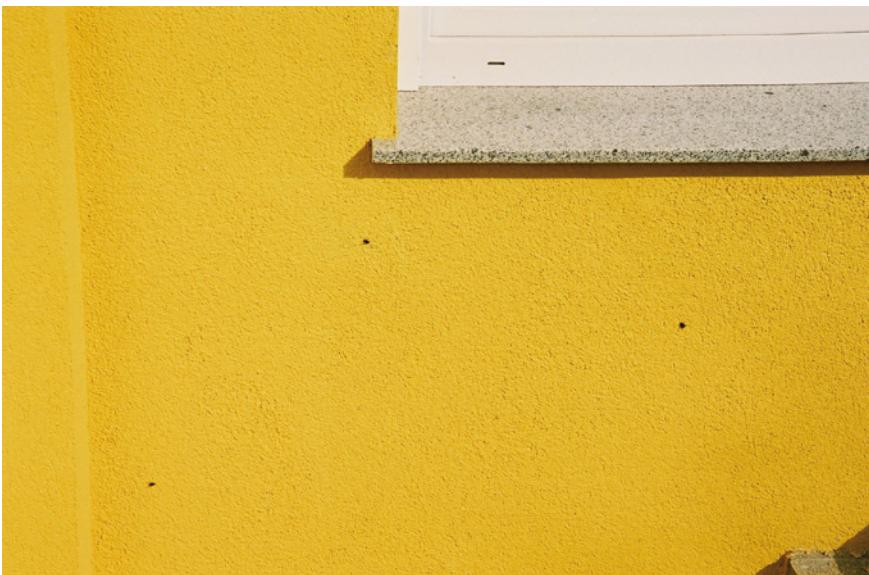


Bild 3:
Ansitzende
Insekten locken
den Specht an



Bild 4:
Selbst die Holztüre
eines Wochenend-
hauses kann
einem Specht als
vermeintliche
Quelle für Futter
erscheinen
[Quelle: Landesan-
stalt für Umwelt-
schutz Baden-
Württemberg]

Wie im Wald pickt der Specht zuerst vorsichtig die Insekten von der Fassadenoberfläche. Zufällige Beobachter berichten, dass es dabei kaum wahrnehmbare Pick- und Klopfgeräusche gibt. In der Natur klopft der Specht mit einigen mittelstarken Schnabelhieben an die Borke, um die hinter der Rinde lebenden Kerbtiere aufzuscheuchen. Wenn er zwischen seinen kurzen Klopfintervallen verharrt und dabei den Kopf in rascher Folge nach rechts und links

abwechselnd verdreht, hat es fast den Anschein, als würde er sein Ohr an die Borke legen. Tatsächlich lauscht er dann nach den Geräuschen der flüchtenden Tiere im Baumstamm. Wenn er zur Ansicht gelangt, dass es sich lohnt, die Baumschale aufzubrechen, dann geht es mit verstärkter Aktivität los – in die Tiefe des Baumes.

Bild 5a:

Diese präzise Aushöhlung an einem Baum auf dem olympischen Hausberg der Innsbrucker, dem Patscherkofel, würde man eher einem kunsthandwerklich veranlagten Holzfäller als einem Specht zutrauen



Bild 5b:

Spechtlöcher sind auch in den Fassadenflächen möglich [Quelle: Falke]



1.4 Hohl klingende Wärmedämmssysteme bevorzugt

Zwar sind auch schon Schäden an (Dämm-)Putzfassaden bekannt geworden, aber die absolute Mehrheit der Schäden findet an Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) statt. Die raue Putzoberfläche und das Hohlklingen des Fassadensystems – aufgrund der porigen Struktur der Dämmstoffe – haben es Spechten offenbar angetan.

Für einen Specht, der ganze Baumstämme zu demolieren imstande ist (Bild 5a), stellt das Durchschlagen der aus Armierungsschicht (Spachtelmasse mit eingebettetem Textilglasgewebe) und Oberputz bestehenden, relativ dünnen Deckschicht eines WDVS eine leichte Übung dar.

Mehrfach wurde berichtet, dass Spechte sehr bald nach dem Aufbrechen der Deckschicht, oft auch mehrfach hintereinander, an mehreren Stellen, nach dem Herausholen lediglich weißer Polystyrolkugelchen, scheinbar enttäuscht das Feld räumen. Kein Futter, kein Interesse!

Ornithologen bescheinigen dem Specht ein hervorragendes Erinnerungsvermögen, was erfolgreich besuchte Futterstellen anbelangt. Sich des leckeren Insektenbuffets erinnernd, kommt er nach einiger Zeit wieder vorbei, um nachzusehen, ob es denn vielleicht doch Futternachschub gibt. Natürlich haben sich wieder Insekten eingefunden, die verbesserte Verhältnisse vorgefunden haben, denn für sie gibt es nun plötzlich eine oder mehrere kleine Nischen bzw. Höhlen, nämlich die kleinen Löcher von den ersten Hackversuchen des Spechts. In diesen Vertiefungen können sich die Insekten gegen die Kühle der Nacht verkriechen. Da aber bekommt der tags zuvor enttäuschte Specht nun doch Recht, denn jetzt gibt es tatsächlich Insekten als Futter »hinter der Borke«!

2 Sexual- und Sozialverhalten

2.1 Hausbau – Brautschau – Kinderkriegen

Zum Fresstrieb kommt der Sexualtrieb. Durch das virtuose Trommeln auf Resonanzkörpern – im Wald sind das meist morsche Baumstämme – teilt der männliche Specht einerseits den anderen Hähnen die von ihm gezogenen Reviergrenzen mit und lädt andererseits mit verführerischen Trommelwirbeln Weibchen ein, die zwischenzeitlich ausgebauten Wohn- bzw. Bruthöhle zu besichtigen. Je dicker die Fassadendämmung, umso komfortabler geht der Höhlenbau voran.

Die Lage des »Eigenheims« bietet für die kommende Brut auch eine relativ große Sicherheit gegen Räuber, was der einen oder anderen Specht-Dame jedenfalls zu gefallen scheint. In derartigen Aushöhlungen nistende Spechte werden immer wieder angetroffen.

In Nürnberg hat sich ein Spechtpärchen jahrelang ausschließlich zur Brutaufzucht in ein aufgehacktes Loch in der WDVS-Fassade eines am Rand eines großen Parks stehenden Hochhauses zurückgezogen. Das Loch unmittelbar an der Gebäudekante, im 6. Geschoss, war von keiner der normalen Gebäudeöffnungen aus zu erreichen. Ein Verschluss der Löcher war somit nicht möglich. Für die Spechte hatte die WDVS-Fassade jedenfalls Vorrang vor dem rundum vorhandenen, dichten, auch sehr alten Baumbestand.

Wie man sich der ungebetenen Gäste dennoch entledigen konnte, lesen Sie bitte im Abschnitt »Gegenmaßnahmen – Abwehr«.

2.2 Ein sturer Wirrkopf?

Das eigenartige Verhalten des Spechts wird in der Ornithologie nicht beschrieben, aus der Sicht des Menschen betrachtet würde man es als Sturheit und

auch als unverständliche, regelrechte Verrücktheit bezeichnen müssen. Im Innsbrucker Alpenzoo befand sich beispielsweise eine großzügig ausgebauten Spechtvoliere, in der sich verschiedene heimische Spechtaarten offensichtlich recht wohl fühlten. Fast täglich wurden die Vögel dort von einem frei lebenden Specht geneckt, indem sich dieser am Blechdach der gegenüberliegenden Weiherburg niederließ und durch für uns Menschen völlig sinnlos erscheinendes, aber umso lauteres Trommeln auf dem Blechdach die Spechte in der Voliere völlig aus dem Häuschen brachte, so lange, bis sich ein Tierpfleger erbarmte und den Wirrkopf am Nachbardach vertrieb.

Dieses nicht erklärbare Verhalten kann – auch ohne Anwesenheit von Artgenossen – als möglicher Grund gesehen werden, dass Spechtschäden an Fassaden fast immer sehr lokal begrenzt auftreten. Wenn der Specht, dieser »Spinner«, sich einmal etwas einbildet, dann bleibt es dabei.

Ein geradezu sensationelles Beispiel dafür ist ein Gebäude eines Schulzentrums in Neunkirchen, südlich von Wien. Dort hat ein Specht im Bereich einer Gebäudekante, auf einer Fläche von insgesamt ca. 5 m² rund 90 (in Worten: neunzig !!!) Löcher mit Durchmessern zwischen 2 bis 10 cm gehackt.

Bild 6:
Schule Neunkirchen, N.Ö.: Etwa 90 Löcher auf ca. 5 m²
[Quelle: Zottl]



Es gibt bis jetzt noch keine Erklärung dafür, warum der Specht just an diesem Objekt, just an dieser Stelle des Objektes sein Schadenswerk beginnt und warum er es dann auch derart beharrlich fortsetzt.

Ebenso unerklärbar ist das Verhalten des Spechts, 600 km westlich von der o. a. Schule, wo er von bauartgleichen und gleichfarbigen Häusern das mittlere erheblich schädigte, während er an den beiden anderen Objekten anscheinend desinteressiert vorbeiflog.

3 Spechtschäden sind Bauschäden

Die Deckschicht eines Wärmedämmverbundsystems dient nicht nur der optischen Gestaltung eines Bauwerkes, sie schützt auch vor schädlichen Wittringseinflüssen. Löcher in der WDVS-Deckschicht stellen somit eine Gefährdung der unmittelbar dahinter liegenden Dämmung durch eindringenden

Niederschlag dar. Feuchte Wärmedämmung verliert ihre dämmende Eigenschaft. Wird ein WDVS lange Zeit und intensiv hinternässt, kann es zu nachhaltigen Schäden kommen, die im Extremfall sogar bis zur Erneuerung des WDVS führen können.

3.1 Spechlöcher sollten sofort nach der Entdeckung verschlossen werden

Insbesondere, wenn es sich um eine witterungsbelastete, wenig geschützte Gebäudeseite handelt, sind Sofortmaßnahmen angebracht. Abhängig von der Lage der Löcher kann das Verschließen eine sehr aufwändige Arbeit sein, weshalb auch entsprechende Maßnahmen zur Spechtabwehr empfehlenswert sind, denn es kommt immer wieder vor, dass der Vogel bereits verschlossene Löcher wieder öffnet oder daneben neue macht.

4 Gegenmaßnahmen – Spechtabwehr

Weil es sich beim Specht um eine geschützte Vogelart handelt, ist die wirksamste Gegenwehr, der Abschuss, verboten und strafbar! Bei hartnäckigem Weiterführen des schadensreichen Werkes empfiehlt es sich dennoch, mit dem für das Gebiet zuständigen Jagdausübungsberechtigten (bei der Gemeindeverwaltung zu erfragen) Kontakt aufzunehmen.

Den Betroffenen bleibt nur die Vertreibung, die Vergrämung des Vogels als Gegenmaßnahme. Was er selbst den Bewohnern betroffener Häuser nicht gönnt, ist für den Specht selbst aber wichtige Voraussetzung: Ruhe! Alles, was sein Treiben stört, ist ihm äußerst zuwider.

Erfolgreich werden daher immer wieder Windspiele zur Vertreibung eingesetzt. Das Wichtigste dabei ist, dass die Bewegungen der Teile das Tageslicht als funkelnches Blinken widerspiegeln. Es ist egal, ob man gekaufte Alu-Girlanden (Dekorgeschafe) verwendet oder auch schon Vorhandenes ein wenig zweckentfremdet. So berichtete vor Kurzem eine Betroffene, dass sie das seit Jahren auf Ihrer Terrasse hängende, sie im Unterbewusstsein eigentlich störende, weil ständig klimpernde Windspiel durch Ihren Enkel vor das frisch geschlagene Spechtloch hängen ließ. Amüsiert berichtete sie vom »Doppelerfolg«: Sie hatte nun ihre heilige Ruhe und der Specht ärgerte sich ganz fürchterlich über die überraschende Störung.

Geschickte Bastler können Windspiele auch selbst herstellen. Das hat den Vorteil, dass es den Gebäudegegebenheiten angepasst werden kann (s. Kasten). Eine einfache Lösung ist das Aufhängen ausgedienter CDs (Bild 8).

Bei der Montage ist jedenfalls auf einen ausreichenden Abstand von der Fassade zu achten, damit die Blechstreifen im Wind nicht an die Fassade anschlagen und so für die Hausbewohner zu einem zusätzlichen Problem werden.

Dass der Specht dann vielleicht noch ein, zwei Tage auf einem Baum in der Nähe bleibt und auf diese Vogelscheuche fürchterlich schimpft, sollte man weniger als Problem, sondern als Erfolg sehen.

Bild 7:

Der unmittelbar angrenzende Wald hat einen Specht an diese Hausfassade gelockt. Ein Spechtloch an der Hauskante war die Folge. Den Rat zu Windspiel oder Vogelsilhouette hat der Hausbesitzer kombiniert und einen Kinder-Flugdrachen, mit der Abbildung eines Greifvogels, zur Abwehr eingesetzt. Ließ der Wind den Drachen zu Boden fallen, war der Specht sofort wieder am Loch. Nach besserer Befestigung war auch der Erfolg gegeben: Nach mehrätigem Schimpfen des Spechts aus sicherer Entfernung hat er dann doch aufgegeben
[Quelle: Cisch]



Die Natur hat in der Fauna zwecks Arterhaltung ein faires und ausgewogenes System von »Fressen und Gefressen werden« entwickelt. Die Überlegenheit des einen Individuums wird durch das rechtzeitige Erkennen bestimmter Gefahrensignale durch das andere zumindest teilweise ausgeglichen. Das angeborene innere Bild der Umrisse eines in der Luft kreisenden Greifvogels sichert vielen potenziellen Beutetieren auf diese Art und Weise höhere Überlebenschancen, indem sie bei dessen Wahrnehmung die Flucht ergreifen.

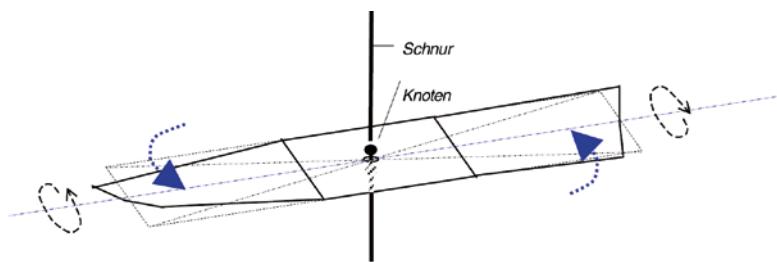
Das Aufmalen von Greifvogel-Silhouetten oder das Aufkleben von gekauften oder entsprechend ausgeschnittenen Folien ist eine sehr wirksame Spechtabwehr. Doch Achtung, zeigt die Silhouette nicht wirklich die Umrisse eines Greifvogels, lässt das den Specht kalt. Empfehlenswert sind die in Glasergeschäften und bei Wintergartenherstellern erhältlichen Greifvogel-Silhouetten zum Aufkleben.

Eine weitere, etwas aufwändiger mögliche Methode ist das Aufstellen und Befestigen von Großvogel-Attrappen. Solche meist aus Kunststoff hergestellten 1:1-Nachbildungen von großen Vögeln (Uhu, Eule, Storch, ...) sind zwar nicht ganz leicht zu beschaffen, aber sehr, sehr wirksam. Sie lehren den Specht das Fürchten. Das schon erwähnte Specht-Pärchen an einem Nürnberger Wohnhaus wurde allein durch das Aufstellen einer Storchen-Attrappe am Rand des Flachdaches, einige Meter oberhalb des besagten Spechtloches, binnen Stunden vertrieben – auf Nimmerwiedersehen!

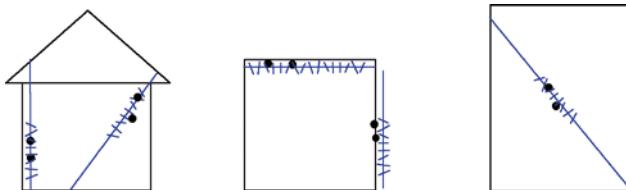
Anleitung zum Eigenbau eines Specht-Windspiels

Etwa 2–3 cm breite und ca. 40 cm lange Alu-Blechstreifen, dünne Blechstärke, ca. 0,5 mm, werden mittig mit einem Loch versehen, um eine etwas dickere Schnur (Kunstfaser=wasserfest!) durchfädeln zu können. In einem Abstand von etwa 20–30 cm zueinander werden die Blechstreifen mit zwei Knoten (vor und hinter dem einzelnen Blechstreifen) gegen Verrutschen gesichert. Der Streifen muss sich aber um die Schnur drehen können, also Schnur nicht zu fest an den Blechstreifen heranknoten.

Jeder Blechstreifen wird an den Enden ein wenig spiralförmig verdreht. So kann der Wind die Streifen in drehende Bewegungen versetzen.



Ausreichend lange Schnur-Überlängen, oberhalb und unterhalb der »Blechstreifenzone« gewährleisten, dass auch schwer zugängliche Stellen »überspannt« werden können. Die Gesamtlänge des Windspiels und Anzahl der Bleche sind dem zu schützenden Fassadenbereich anzupassen.



Beispiele für die Montage von Windspielen, unabhängig von Art und Höhe des Gebäudes, unabhängig von der Lage der Spechtlöcher. Lässt man vor und hinter dem Abschnitt mit den aufgeknüpften, verdrehten Blechstreifen ausreichend Schnur überstehen, kann man auch die unzugänglichsten Spechtlöcher mit dem Windspiel versehen!

Bild 8:

Ausgediente CDs eignen sich auch sehr gut zur Sprech-Vergrämung

**Bild 9:**

So sieht kein Greifvogel-Flugbild aus! Die in offensichtlich zu lässiger Flügelhaltung aufgemalte Silhouette, Marke »Selbstgemacht«, hat dem Specht nicht im Gerings-ten imponiert, mitten durch die Vogel-Zeichnung hindurch pickte er das nächste Loch (roter Kreis)

[Quelle: Höhne]

Bilder 10–13:
Wissenschaftliche Untersuchungen an WDVS-Musterwänden in Spechtvolieren haben bisher noch keine Hinweise auf materialbezogene Schadensursachen erbracht [Quelle: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg]





6 Haftungsfrage

Wie auch in allen anderen Schadensfällen an Bauwerken (z. B. bei mikrobiellen Schäden) scheint es Methode zu werden, den ausführenden Handwerker zur Gänze, zumindest aber ein bisschen, verantwortlich zu machen. Wenn dieser den Auftraggeber nicht gewarnt hat, dass möglicherweise Spechte..., dann...!

Rechtsmeinungen sollen hier nicht diskutiert werden. Besteht für den Fassadenbauer eine Prüf- und Warnpflicht, dann aber auch beim Planer/Architekten gegenüber dem Bauherrn, denn auch in den oberen Ebenen in der Hierarchie des Bauwesens ist das Auftreten von Spechtschäden keine unbekannte Tatsache.

Unbestrittene Tatsache ist, dass nicht alle gleichartigen Objekte in waldnahen Lagen, am Rande von Parkanlagen oder in Gartengebieten geschädigt werden. Aus der Sicht des Verfassers kann man bei Spechtschäden deshalb keineswegs von einer allgemein vorhandenen Gefahr sprechen. Es entspricht nicht der Realität, dass WDVS generell für Spechtschäden anfällig sind und damit eine grundsätzliche Warnpflicht nach sich ziehen.

Mit dem gleichen Recht müsste sonst jeder Dachdecker verpflichtet sein, darauf hinzuweisen, dass Hagelschlag die von ihm verlegten Dachziegel schädigen könnte. Jeder Gärtner müsste seiner Bedenken-Anmeldepflicht nachkommen, wenn er Pflanzen und Bäume setzt, die von natürlich vorkommenden Schädlingen befallen und damit beschädigt werden könnten. Dem Gartenzaun-Hersteller müsste dann die Hinweispflicht auferlegt werden, dass ein Auto hineinkrachen könnte, usw.

Wenn Juristen und vereinzelte Sachverständige auch weiterhin auf einer Hinweispflicht des Ausführenden im Bezug auf Spechtschäden beharren, dann muss aber auch bedacht werden, dass es nicht vorrangig die ausgeführte Arbeit des Handwerkers ist, die zu Schaden kommt, sondern das von ihm erworbene und nach Herstellervorschrift montierte Material, das Dämm-

system! Also würde eine Hinweispflicht – sofern sie dem Grunde nach überhaupt besteht – jedenfalls auch den/die Hersteller von Wärmedämmverbundsystemen treffen.

7 Mehr Information!

Unbestritten ist, dass die immer wieder auftretenden Spechtschäden Anlass zu intensiverer und verbreiteter Publikation seitens der Interessensvertretungen sein sollten.

8 Spechtsichere Materialien

Die Frage bzw. Forderung nach »spechtsicheren« Materialeigenschaften von WDVS, wie sie vereinzelt schon in Ausschreibungen zu finden sind, ist absurd, weil ausschließlich ein sehr dicker, sehr harter und besonders stark armierter, damit aber wesentlich teurerer Putzaufbau entsprechenden Widerstand leisten würde. Auch wird kein Bauherr bereit sein, Nachtragsangebote anzunehmen und prophylaktisch 30–40% mehr für seine Fassade zu bezahlen, nur weil ihm der Architekt, der Planer, der Bauunternehmer oder der Fassadenbauer erzählt hat, dass es da und dort Schäden von Spechten gegeben hat, gibt und geben wird.

Schädlinge und Lästlinge an und in Fassaden

1 Einleitung

Fassaden bilden nicht nur den Abschluss unserer Häuser nach außen und damit eine Grenzfläche zwischen dem kontrollierten, klimatisierten und heimeligen Zuhause und der rauen und potenziell feindlichen Umwelt. Fassaden transportieren auch optische Signale über Status und Wertvorstellungen des Hausbesitzers. Fassaden sind auch (und für manche ausschließlich) technisch-konstruktive Elemente mit teils komplexem Aufbau; Fassaden sind aber ebenfalls, und diese Eigenschaft ist für das vorliegende Thema wesentlich, der Witterung ausgesetzte, senkrechte, große Flächen.

Eine Vielzahl von pflanzlichen und tierischen Organismen besiedeln regelmäßig Fassaden und können dadurch lästig oder sogar objektiv schädlich werden. Insekten bilden, wie so oft auch in diesem Umfeld die größte Gruppe: Zahlreiche verschiedene Arten können jederzeit an Fassaden jeden Alters aufgefunden werden.

Ob die Anwesenheit von Insekten als lästig empfunden wird, hängt dabei nicht nur von der Befindlichkeit der »regulären« Bewohner ab: Ein Massenaufreten von z.B. Staubläusen, Schimmel- und Speckkäfern oder Halmfliegen erfordert durchaus eine gewisse Nervenstärke, um es unbeeinträchtigt zu überstehen. Trotzdem bleibt »Lästling« eine subjektive Kategorie, mit der professionelle Schädlingsbekämpfer zu Recht nur ungerne umgehen.

Für eine Qualifikation als Schädling ist das Kriterium, dass durch die Aktivität eines Tieres eine Fassade in ihrer Substanz, ihrer Funktion oder in ihrer Optik in einer Weise verändert wird, die Reparatur, Reinigung oder Instand-

setzung erfordert. Als Sonderfall kommen noch hygienische Probleme durch extensive Besiedlung durch Vögel dazu, die allein auch ohne vorhandene Fassadenschäden eine Behandlung erforderlich machen können. In jedem Fall zieht die Aktivität von Schädlingen einen Schaden nach sich, der nur durch die Aufwendung mehr oder minder hoher Geldbeträge wieder zu beheben ist.

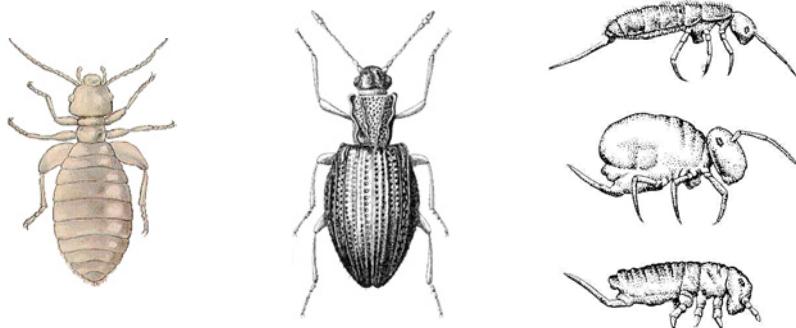
Schädlingsaktivität an Fassaden ist dabei immer von den Angeboten abhängig, die dieses Umfeld bietet, die also durch die pure Existenz einer Fassade gegeben sind und eventuell durch die speziellen, konstruktiven Eigenheiten einer Fassade unterstützt oder gefördert werden. Es lassen sich drei hauptsächliche Funktionen ausmachen, die Fassaden erfüllen und die sie ihren unerwünschten Besuchern zur Verfügung stellen.

1.1 Fassaden als Biotop

Einige Insekten sind in der Lage, die »Infrastruktur« einer Fassade für ihre Entwicklung zu nutzen. Sie können ganze, teils individuenstarke, Populationen aufbauen und finden alle ihre Bedürfnisse an Fassaden erfüllt.

Geeignete Untergründe und eine ausreichende Versorgung mit Wasser bilden alle notwendigen Voraussetzungen. Sämtliche Kleininsekten, die sich von Schimmelrasen oder Algenkolonien ernähren, gehören in diese Kategorie: Staubläuse, Springschwänze, Schimmelkäfer oder Thrips, um nur einige zu nennen, können ihren vollständigen Entwicklungszyklus an Fassaden absolvieren. Weil hier allerdings Feuchtigkeit der limitierende Faktor ist, verschwinden diese Kleinstinsekten zumeist von selbst, sobald ein Gebäude hinreichend getrocknet ist. Sie sind zudem zu klein, um in nennenswertem Umfang grössere Räuber (Spinnen, Wespen, jagende Käfer) anzulocken.

Bilder 1–3 :
(von links nach
rechts):
Staublaus,
Schimmelkäfer,
Springschwänze
[Quelle (Mitte und
rechts): Weidner]



Wenn eine Fassade allerdings, durch konstruktive Besonderheiten oder aus anderen Gründen einen nicht optimalen Wasserhaushalt aufweist (z.B. über-

mäßige Bewitterung durch fehlende oder ungeeignete Dachvorsprünge, Kon-
densation durch Kältebrücken, hohe Wasserbindung durch ungeeignete Aus-
stattung, usw.) dann kann sich aus diesem »normalen«, vorübergehenden
Besatz mit Kleinstlebewesen eine dauerhafte Besiedlung entwickeln.

1.2 Fassaden als Aufenthaltsort

Sehr viele Tiere (Wirbeltiere und Arthropoden) sind mehr am Aspekt »Höhe« interessiert, den ihnen Fassaden exemplarisch bieten. Ein hoher Sitzplatz gewährt Vorteile, die überlebensnotwendig werden können. Fressfeinde werden generell früher wahrgenommen. Aber auch bei der eigenen Nahrungssuche kann Höhe den Unterschied zwischen satt und hungrig ausmachen.

Vor allem Insekten bedürfen zusätzlich einer stetigen Windexposition oder den Temperaturen, die durch die Orientierung einer Fassade und den aktuellen Sonnenstand bereitgestellt werden: Überwinternde Fliegenarten schätzen diese Vorteile, weil sie so ihre Winterquartiere bequem erreichen und der richtige Zeitpunkt zum wieder Aufwachen und das anschließend notwendige Energietaanken zuverlässig signalisiert werden.

Die häufigsten Fliegen, die dieses Verhalten zeigen, sind einerseits die winzigen Halmfliegen, andererseits die großen behaarten Schwarmfliegen (regional auch Wurmfliege genannt).



Bild 4:
Schon knapp
40 cm Höhen-
gewinn werden
ausgenutzt, wie
die Kotspuren
entlang der Ober-
kante anschaulich
belegen

Bilder 5–6:

links: Halmfliege,
Größe ca. 1,5 mm,
rechts: *Pollenia*
rudis, die größte
überwinternde
Fliegenart (6 bis
8 mm) [Quelle:
Weidner, bearb.
Lachmuth]



Beide haben ihre Wurzeln irgendwo in angrenzenden Grünflächen: Halmfliegen verbringen ihre Larvenentwicklung in Gräsern; Schwarm-/Wurmfliegen leben als Larven parasitisch in Regenwürmern. Die Entwicklung dauert nahezu das gesamte Jahr, erst im Herbst schlüpfen die erwachsenen, flugfähigen Fliegen aus den Puppen und suchen Bäume, Trockenhänge oder eben Fassaden, in deren Hohlräumen sie den Winter zu überdauern trachten. Das Einsickern in die Winterquartiere erfolgt über mehrere Wochen und bleibt zu meist unauffällig. Erst wenn die Tiere im Frühjahr wieder erwachen, scheinen »plötzlich« mehrere tausend Fliegen zu erscheinen, die bisweilen auch ihren Weg ins Innere der Gebäude zu finden und hier in Extremfällen zentimeterdicke Schichten auf Tischen, Böden oder Fensterbänken bilden können.

Bild 7:

Fensterfugen sind ein bevorzugtes Siedlungsangebot für diverse Spinnenarten



Wieder andere »Fassadensiedler« profitieren von dem Nahrungsangebot, das ihnen eine bereits besiedelte oder generell attraktive Fläche zur Verfügung stellt. Nicht zuletzt Spinnen nutzen diese Chance, ihre Fangnetze an einem ergiebigen Standort aufzuspannen und gleichzeitig Ecken und Innenkanten als geschützte Bereiche für ihre Wohngespinste vorzufinden.

Die Anwesenheit der in dieser Gruppe genannten Tiere ist jedoch, das sollte nicht verschwiegen werden, ein überwiegend ästhetisches Problem, weil sie in keiner Weise eine Fassade in ihrer konstruktiven Funktion beeinträchtigen. Wie bereits ge-

sagt wurde, können allerdings Reinigungsaufwendungen und psychologische Beeinträchtigungen erhebliche Ausmaße annehmen. In diesen Fällen ist eine Behandlung nicht nur wünschenswert, sondern erforderlich.

1.3 Fassaden als Rohmaterial

Eine letzte Gruppe schließlich macht sich konstruktive Eigenheiten eines Fassadenaufbaus zunutze: *Mäuse*, teils *Ratten*, sicher aber *Wespen* und *Ameisen* finden schnell heraus, dass es sich in Isoliermaterial unterschiedlichster Provenienz gut leben lässt; *Tauben* und andere Vögel finden in Fassaden optimale Entsprechungen ihres originalen Klippenbiotops und nutzen ausgiebig Simse, Ecken und Winkel in einer Umgebung, die ihnen zudem einen weitgehenden Schutz vor Feinden bieten.



Bild 8:
Ständig nachwachsende Schneidezähne zwingen Ratten und Mäuse dazu, feste Gegenstände zu benagen. Dabei schrecken sie auch vor Steinen nicht zurück und schaffen sich oft so Zugang zu Schlupfwinkeln [Quelle: Cropp]

Allen gemeinsam ist jedoch, dass aus ihrer Sicht die Materialien und die Konstruktionseigenheiten einer Fassade zweitrangig sind; entscheidendes Kriterium ist die schlichte Tatsache einer großen, senkrechten, verfügbaren Fläche, an der ein Tier seine vier Grundbedürfnisse *Wasser*, *Nahrung*, *Schutz* und *Wärme* erfüllt findet.

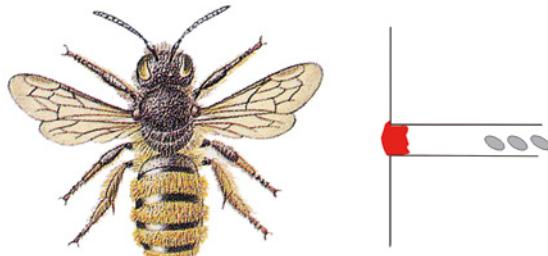
Diese Bedürfnisse haben auch Mauerbienen. Fassaden bieten auch diesen harmlosen Insekten alles Notwendige. Es lohnt sich jedoch, auf diese Tiere ein klein wenig näher einzugehen, weil ihr Auftreten oft als (doppelte) Be-

drohung empfunden wird: Einerseits scheinen sie die Fassade zu zerstören, andererseits löst das plötzliche Auftreten schwarz-gelb gezeichneter Fluginsekten natürlich einen Angstreflex aus. Dabei geht von diesen Tieren weder in der einen noch in der anderen Hinsicht irgendeine Gefahr aus: Mauerbienen nutzen vorhandene Fassadendefekte, seien es »normale« Löcher, seien es existierende Ausfluglöcher (von z.B. Hausbock an Holzfassaden), um ihre 20 bis 30 Eier sicher zu deponieren. Die Brut wird dann mit Pollenkuchen versorgt, anschließend wird das Gelege mit einer Mörtelmasse sicher verschlossen. Erst nach Abschluss der Larvalentwicklung und Puppenruhe, wenn die neu geschlüpften Bienen ihren Geburtsort verlassen, werden die Verschlüsse wieder geöffnet – plötzlich scheinen Löcher in der Fassade aufzutauchen, zusätzlich sind auf einmal 20 Bienen da! Ein Missverständnis, das trotzdem beträchtliche psychologische Beeinträchtigungen auslösen kann.

Bild 9:

Die Mauerbiene *Osmia rufa* (links) und ihr »Nest« im Schema (rechts).

Mauerbienen nutzen lediglich vorhandene Löcher, die sie mit einer Mörtelmasse verschließen. Die ausschlüpfende Brut öffnet dann diese Verschlüsse vor dem Ausflug
[Quelle: Weidner, bearb. Lachmuth]



2 Das Problem

Schädlingsprobleme an und in Fassaden sind zumeist »hausgemacht«, d.h. die Fassade selber bietet die Strukturen oder Schwachstellen, die einem Tier die Möglichkeit eröffnet, sie entsprechend zu nutzen.

Technische Besonderheiten schaffen Zugänge: Dehnungsfugen und Lüftungsschlitzte werden sowohl von Nagern (meist in Bodennähe) als auch von z.B. Spinnen genutzt. Ist eine Fassade nicht nur hinterlüftet, sondern außerdem mit Styropor oder einem ähnlichen Material isoliert, können Mäuse (seltener Ratten) hier sogar ihre Bauten anlegen und innerhalb der Fassade wohnen. In solchen Fällen ist es absolut üblich, dass die Nager dann auch Höhe gewinnen und teilweise bis in die vierte oder fünfte Etage eines Gebäudes gelangen können.

In den nachfolgenden Bildern 10–12 sind verschiedene Problemsituationen an unterschiedlichen Fassaden dargestellt.



Bild 10:
Offene Hinterlüftungsfugen gestatten das Eindringen von Nagetieren und fördern eine Besiedlung durch Insekten



Bild 11:
Ungesicherte Öffnungen sind äußerst attraktiv für Tauben, die hier geschützte Nester anlegen können. Solche Bereiche entsprechen stark den natürlichen Niststätten der Felsentauben in Klippen und natürlichen Höhlen

Bild 12:
Fertigteilfassaden zeichnen sich durch eine Vielzahl von senkrechten und waagrechten Fugen auf jeder Höhe aus. Ein ideales Umfeld für eine Besiedlung durch Spinnen, Kleinvögel oder Fledermäuse. Zusätzlich können solche Fugen, wenn sie nicht sachgerecht verschlossen ausgeführt sind, den Wasserhaushalt einer Fassade erheblich stören

Die Fassade als senkrechte Fläche passt oft genau in ein Biotopschema eines Tieres hinein: Dieser Fall ist immer bei Tauben gegeben. Als ehemalige Klippenbewohner suchen sie auch in Städten nach Nist- und Schlafplätzen, die an ihr herkömmliches Biotop erinnern. Folgerichtig werden Gebäudebänder, Fenstersimse und jede Art von Hohlräum in der Höhe genutzt, mit den bekannten unangenehmen Begleiterscheinungen. Taubennester bestehen zu einem beträchtlichen Teil aus Kot. Taubenkot ist stark ätzend und sehr aggressiv, die Kotbelastung ist zu einem wichtigen Faktor bei der Zerstörung historischer Bausubstanz geworden.



Bild 13:
In größeren, älteren Städten ein gewohntes
Bild: Zahllose Tauben besiedeln reich verzierte historische Gebäude und tragen zur Verwitterung der Fassaden bei
[Quelle: Rentokil]



Weil Tauben in Städten durch die dichte Population meist krank sind, ist die Sterblichkeit sehr hoch, auch die verendeten Tiere bleiben in den Nestern bzw. in unmittelbarer Nähe – eine Vielzahl von Insektenbefällen ist eine direkte Folgeerscheinung.

Aber auch andere Vögel nutzen die vielfältigen Strukturen für den Nestbau. Schwalben, Segler und sogar Spatzen zögern nicht, geeignete Winkel zu besiedeln.



Bild 14:
»Schattenfugen«
bieten genau den
Schutz, den Vögel
für ihre Nester
brauchen
[Quelle: Lachmuth]

Die Folgeerscheinungen sind oft spektakulär und auf den ersten Blick völlig überraschend: Weil Vogelnester immer Federn und oft auch tote Tiere enthalten, können sich neben den »üblichen« Parasiten wie Wanzen, Milben usw. auch eine Reihe von material- und hygieneschädigenden Insekten hier entwickeln. Fliegen sind noch die harmlosesten unter ihnen, Speckkäfer sind weitaus problematischer. Teppichkäfer können aus Nestern in Wohnungen einwandern und hier beträchtliche Schäden anrichten. Vor allem die größeren Speckkäfer (die sich bevorzugt an Kadavern entwickeln) haben große und sehr mobile Larvenstadien. Diese Larven benagen unablässig die verschiedensten Materialien und können dabei unter anderem von Elektroinstallationen die Isolation entfernen. Kurzschlüsse und eventuell Brände sind die Folge.

Bild 15:
 »Unerklärliche« Elektrikschäden, ausgelöst durch nistende Vögel: In den Nestern entwickeln sich Speckkäfer, deren Larven hoch mobil sind und die unterschiedlichsten Materialien anfressen können. Darüber hinaus bohren sich Speckkäferlarven in Holz, Gips und andere Materialien ein, um sich zu verpuppen. Kreisrunde Löcher von bis zu 5 mm im Durchmesser sind die Folge
 [Quelle: Rentokil]



3 Lösungsansätze

Jeder Versuch einer Problemlösung muss verschiedene Aspekte berücksichtigen. Ursachenforschung ist einer der wesentlichen: Was genau ist das Problem, und vor allem – wodurch wurde es hervorgerufen?

Eine gründliche Ursachenforschung kann teilweise überraschende Ergebnisse liefern, die dazu führen, dass ein Problem bereits im Vorfeld oder an einem anderen Ort besser zu lösen ist als zunächst angenommen. Am Beispiel der überwinternden Fliegen kann das ganz anschaulich illustriert werden: Eine Bekämpfung ist lediglich ein Kurieren an Symptomen – die Ursache liegt in der Aktivität der Fliegen im vergangenen Herbst. Zu dieser Zeit sind die Fliegen in das Gebäude gekommen, meist, weil die UV-Reflexion der Fassade das Gebäude hoch attraktiv für Fliegen erscheinen lässt. Kann man die Farbgebung ändern, so dass weniger bis kein UV mehr reflektiert wird, »verschwindet« das Haus aus dem Blickfeld der Fliegen – sie können es nicht mehr finden, es wird nicht mehr angeflogen.

Im Kontext »Schädlinge« liegt der Gedanke an chemische Problemlösungsversuche immer sehr nahe – ist aber nur selten angemessen, ganz besonders,

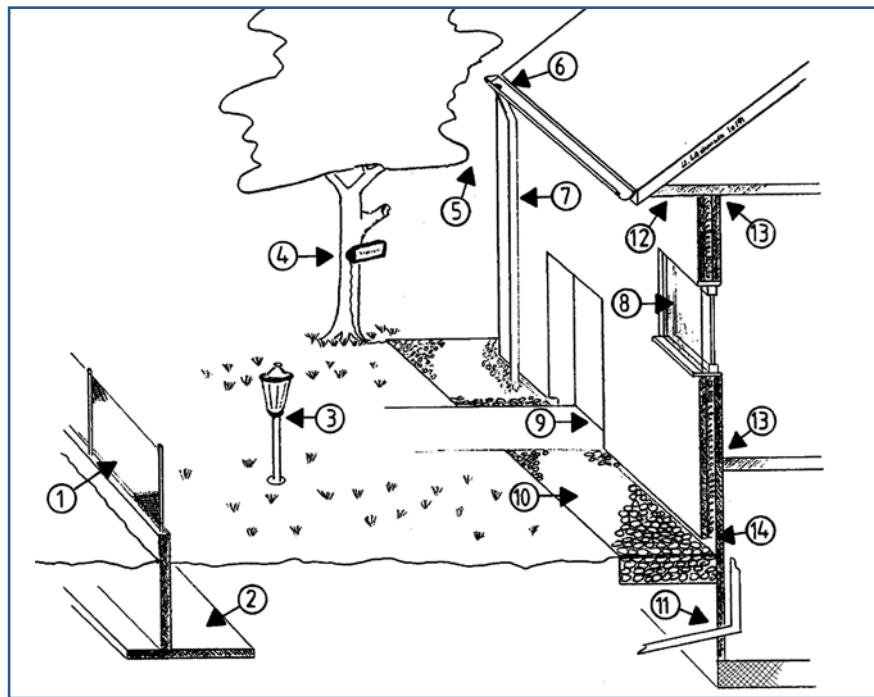
wenn es um Fassaden und somit um Arbeiten außen, in der Umwelt, geht.

Ökologie ist ein Stichwort, Optik ein anderes. Jede Arbeit im Außen-
gelände, so sie mit chemischen Mitteln vorgenommen wird, ist zeitlich nur
begrenzt wirksam, bevor nennenswerte Anteile der aufgebrachten Wirkstoffe
durch Witterung wieder entfernt werden und, im Verlauf dieses Vorganges,
vielleicht an anderer Stelle eine weder beabsichtigte noch erwünschte Wir-
kung entfalten.

Optik ist das zentrale Anliegen, wenn, wie bei jeder Arbeit gegen einen
Vogelbefall, außen an einer Fassade Maßnahmen zu treffen sind, die einen
Anflug bzw. die Landung von Vögeln verhindern sollen. Jede größere Stadt
hält hier eine Fülle von Beispielen parat, wie man es besser nicht machen
sollte.

In jedem Fall gilt es aber, sich an die alte, universelle und trotzdem oft
vergessene Grundweisheit der Schädlingsbekämpfung zu erinnern: Es gibt
keine Gebrauchsanweisungen, jeder Fall ist anders. Jedes einzelne Problem
bedarf einer gründlichen Abklärung, um die geeigneten und wirksamen Ge-
genstrategien zu finden.

Bild 16:
Schädlings-
prävention
am und um das
Haus



- 1 Mindestens die untersten 30 cm eines Zaunes sollten engmaschig sein, damit Kleinsäuger nicht eindringen können.
- 2 Optimumlösung für ein absolut nagersicheres Zaunfundament.
- 3 Dezentrale Beleuchtung lockt Fluginsekten von der Gebäudehülle weg.
- 4 Die Beleuchtung von Eingangsbereichen sollte indirekt ausgeführt sein.
- 5 Büsche und Bäume sollten so beschnitten werden, dass sie das Gebäude nicht berühren.
- 6 Eine Drahtglocke versperrt den Weg durch das Fallrohr.
- 7 Regenrohre sind Kletterhilfen
- 8 Fenster, die geöffnet werden, sind mit Insektengitter zu schützen – 100 % wirksam, 100 % giftfrei.
- 9 Strangbürsten sichern Türspalten.
- 10 Bewuchsfree Streifen um das Gebäude erschweren die Ansiedlung von Tieren in unmittelbarer Nähe der Gebäudehülle.
- 11 Alte, unterirdische Wanddurchbrüche sind eine Eindringhilfe.
- 12 Dachuntersichten können Kleintieren Einschlupf gewähren.
- 13 In diesen Bereichen sammeln sich Staueuche und organischer Müll.
- 14 Isoliermaterial eignet sich hervorragend für Schädlingsnester. Ein engmaschiges Drahtgitter sichert diesen kritischen Bereich.



»Opa, das ist doch keine Mauerspinne, das ist bloß Spiderman.«

»Ich kann nicht!

Wer das sagt, setzt sich selbst Grenzen.

Denken Sie einmal an die Hummel:

Die Hummel hat 0,7 cm² Flügelfläche bei einem Gewicht von 1,2 Gramm

Nach den bekannten Gesetzen der Aerodynamik ist es unmöglich, bei diesen Verhältnissen zu fliegen.

Die Hummel weiß das aber nicht und fliegt einfach!«

Mauerspinnen

In den letzten Jahren sind wiederholt Meldungen eingetroffen, wonach renovierte Fassaden von Spinnen besiedelt und verunstaltet worden sind. Das Erscheinungsbild ist immer das gleiche: An unzähligen Stellen finden sich graue, fast kreisrunde Flecken von bis zu 5 cm Durchmesser. Dabei handelt es sich um Spinnennetze, an welchen Straßenstaub haftet.

Zwar sind solche Erscheinung nicht neu, da sie jedoch in direkten Zusammenhang mit der Art der verwendeten Anstrichstoffe gebracht worden sind, soll in diesem Beitrag der Frage nachgegangen werden, ob Spinnen tatsächlich eine Vorliebe für einzelne Fassadenbeschichtungsstoffe besitzen und ob es Möglichkeiten gibt, einen Befall zu verhindern.

1 Einleitung

Über den Bewuchs von Fassaden mit Mikroorganismen wie Algen und Pilzen wurde bereits viel veröffentlicht und man weiß, dass diese Erscheinung durch die kalten und somit länger feuchten Oberflächen von hochgedämmten Fassaden begünstigt wird.

Algen fühlen sich auf sehr vielen Unterlagen äußerst wohl. Ist genügend Feuchtigkeit vorhanden, so werden Fensterscheiben, Bollensteine, Gehwegplatten und vieles mehr bewachsen.

Langjährige Beobachtungen von verschiedenen Beschichtungssystemen haben gezeigt, dass alle bekannten Beschichtungsarten (mineralisch-, silikatisch-, kunstharz- und siliconharzgebunden) von Algen besiedelt werden. Grundvoraussetzung ist das Vorhandensein von Wasser.

Durch den Zusatz von geeigneten Bioziden versucht man das Problem einzudämmen.

Nicht weniger störend als Algen und Pilze, können sich an Fassaden lebende Spinnen bemerkbar machen (Bild 1).

Bild 1:

Fassade mit verstärktem Auftreten in geschützten Bereichen



Dabei sind es ja gar nicht die meist nur einige Millimeter kleinen Spinnen, welche uns die Probleme bereiten, sondern deren für Insekten erstellten Fanggewebe.

Was aus einiger Distanz als grauer, meist kreisrunder Fleck von einigen Zentimeter Durchmesser ins Auge fällt, stellt sich bei näherer Betrachtung als ein durch Spinnenseide gebundenes Gemisch aus faserigem organischem Material, Schmutz und Überresten von Insekten heraus (Bild 2 und 3).

Nicht selten sind an einer Fassade mehrere hundert solcher Nester zu zählen, welche gehäuft im regengeschützten Bereich eines Dachüberstandes oder Fassadenvorsprung auftreten und sich besonders auf hellen Flächen auffallend abheben.

Hinter diesen Gespinsten findet man, meist in einer schützenden Vertiefung lauernd, den Bewohner dieser Netze, die Spinne.



Bild 2:
Betrachtung des
Netzes unter dem
Mikroskop



Bild 3:
verschmutztes
Netz an der
Fassade

2 Spinnen gehören zum Tierstamm der Gliederfüßer

Da bisher nur immer von Spinnen die Rede war und es davon nahezu 30 000 verschiedene Arten gibt, wovon bei uns immerhin über 800 Arten vorkommen, soll im Folgenden etwas näher auf dieses uralte Geschlecht der Gliederfüßer eingegangen werden.

Zusammen mit einigen verwandten Tiergruppen, den Skorpionen, Pseudoskorpionen, Webspinnen und Milben, bilden die Spinnen die Tierklasse der Spinnentiere (Arachnida). Diese wiederum stellt mit den Klassen der Krebse, Tausendfüßer und Insekten zusammen den Tierstamm der Gliederfüßer (Arthropoda), der mit über einer Million bekannter Arten alle anderen Tierstämme in ihrer Artenvielfalt weit übertrifft.

Die Spinnen besiedeln nahezu alle Lebensräume des Landes, z. T die Oberfläche der Gewässer und mit einer Art – der Wasserspinne – sogar das Wasser. Als Vertilger zahlloser Insekten sind sie wichtiges Glied zahlreicher Nahrungsketten.

Wissenschaftler haben festgestellt, dass auf 1 m² Wiese etwa 50 Spinnen leben. Das sind eine halbe Million pro Hektar, die zusammen jedes Jahr etwa 300 kg Insekten vertilgen.

Die bei uns lebenden Spinnen lassen sich in eine Vielzahl Familien einteilen. Aufgrund ihrer Jagdstrategie können sie eingeteilt werden in Jagdspinnen, die ihre Beute ohne Hilfsmittel fangen (z.B Krabben-, Wolfs- und Springspinnen) und in die Netzspinnen, die zum Insektenfang verschiedene Netztypen erstellen, die für die einzelnen Familien charakteristisch sind.

Zu den bekanntesten Spinnen überhaupt gehören die Radnetzspinnen (Araneidae) welche durch ihre markanten Radnetze zu erkennen sind (Bild 4).

Bild 4:
Kreuzspinne mit Radnetz



Bekannte Vertreter dieser Familie sind die Kreuzspinnen.

Die mit etwa 300 Arten größte Spinnenfamilie unserer Fauna ist die Familie der Baldachinspinnen. Auffälliger als die Spinnen selbst, sind deren Netze, die im Morgentau auf Wiesen und zwischen Zweigen glitzern. Es besteht aus einer mehr oder weniger horizontalen und meist leicht nach oben gewölbten Gewebematte, welche seitwärts, wie mit Zeltleinen, abgespannt ist. Ein über der Matte angeordnetes Gewirr von Fäden hat die Aufgabe Fluginsekten zum Absturz zu bringen. Die Spinne lauert, mit dem Rücken nach unten an der Gespinstmatte hängend, auf herunterfallende Beute, welche sie dann durch das Gewebe hindurch mit ihren Giftklauen ergreift.

Einige weitere bei uns heimische Familien der Netzspinnen sind die Hauennetz- oder Kugelspinnen, die Trichterspinnen, die Finsterspinnen und die Kräuselspinnen. Im Gegensatz zu den bisher genannten Spinnen, gehören die beiden letztgenannten Familien zu den Cribellaten, d.h. zu den Spinnen, die ausser den gewöhnlichen Spinnwarzen noch ein flaches sogenanntes Spinsieb oder Cribellum besitzen. Die Cribellumseide wird mittels besonderer Kämme an den Hinterbeinen zu Kräuselfäden oder Kräuselwolle mit mikroskopisch feinen Schlaufen gekämmt, in denen sich Insekten auch ohne Klebeflöpfchen verfangen.

2.1 Die Mauerspinne »*Dictyna civica*«

Die für unser »Fassadenproblem« verantwortliche Spinne ist die Mauerspinne *Dictyna civica*, die zur Familie der Kräuselspinnen gehört (Bild 5). Sie lebt nicht wie ihre Gattungsgenossen auf niedrigen Pflanzen und Gebüschen, sondern scheint an die Mauern von Bauten gebunden zu sein. Die Mauerspinne ist aus dem Mittelmeerraum zu uns eingewandert und gehört also nicht zur ursprünglichen einheimischen Fauna. Die Herkunft erklärt aber die Wärmeiliebe und Regenscheu der Mauerspinne, die sich in ihrer Vorliebe für süd- und ostexponierte Fassaden ausdrückt. Westfassaden werden eher selten und nur in von Balkonen oder Vordächer von Regen geschützten Zonen befallen. An westwindgeschützten Lagen genügen als Regenschutz manchmal jedoch bereits Fenstergesimse oder vorstehende Mauerleisten.



Bild 5:
Kräuselspinne
(*Dictyna civica*)

Das Gespinst der Kräuselspinnen besteht aus einem Schlupfwinkel und von dort in die Umgebung ausstrahlenden Fäden, die mit Kräuselwolle eingehüllt werden. In dieser verfangen sich, wie schon gesagt, kleine Insekten, Staub und andere Partikel. Man kann dadurch den Eindruck gewinnen, dass die Fangwolle klebt, obwohl sie vollkommen trocken ist.

Die Cribellumseide hat für die Spinne den Vorteil, auch bei großer Trockenheit fängig zu sein, was auf unser Problem bezogen jedoch dazu führt, dass sich sehr leicht auch Staub und Schmutz darauf ablagert und das ursprünglich bläulichweiß schimmernde Netz in einen grauen Fleck verwandelt (Bild 3). Wahrscheinlich ist die Mauerspinne an unseren Gebäuden viel häufiger vorhanden als es den Anschein macht. Sind die Fassaden jedoch nicht hell und gleichzeitig einer starken Schmutzbelastung ausgesetzt, bleiben die Netze fast unsichtbar. Dies erklärt wohl, warum oft helle und der Straße zugewandte Fassadenflächen befallen scheinen.

2.2 Spinnen können fliegen

Dennoch ist nicht jede helle und der Straße zugewandte Fassade mit unansehnlichen, kreisrunden Spinnennetzen belegt. Es bedarf offensichtlich noch anderer, uns nicht bekannter Voraussetzungen, sofern nicht der Zufall die alleinige und entscheidende Rolle spielt, indem er Jungspinnen auf genau die eine Fassade fliegen lässt. So komisch das klingen mag, Spinnen können tatsächlich fliegen.

Sobald Jungspinnen sich selbstständig machen, sind sie bestrebt, sich von ihrem Geburtsort zu entfernen. Dazu stellen sie sich an einem geeigneten Ort hochbeinig auf und lassen einen Faden aus den Spinnwarzen austreten. Der Faden flutet im Wind, wird immer länger. Ist der Zug stark genug, löst sich das Tier von der Unterlage und fliegt, als Spielzeug des Windes, davon.

Diese Erscheinung, die besonders an sonnigen Herbsttagen sehr auffällig sein kann, wird allgemein als »Altweibersommer« bezeichnet.

Oft dauert der Flug nur kurze Zeit, bis der nächste Baum oder das nächste Haus im Weg steht. Passt der Spinne der neue Platz, wird sie ihn besiedeln, sonst wird sie einfach ein neues Fadenfloß ausstoßen und sich vom nächsten Windstoß weiter tragen lassen.

Manchmal sind aber die Aufwinde so günstig, dass einige der unzähligen gestarteten Spinnen mehrere tausend Meter empor getragen werden. So besiedeln Spinnen schnell neu entstandene Lebensräume und können in kurzer Zeit weite Landstriche erobern.

3 Einfluss verschiedener Fassadenparameter

Eine Voraussetzung für die Besiedlung einer Fassade ist das Vorhandensein kleiner Nischen, Rissen oder Poren, welche die Spinne als Schlupfwinkel verwenden kann. Bei der geringen Größe der Mauerspinne wird diese Forderung an vielen Orten erfüllt.

Da sich Spinnen, wenn sie sich nicht gerade gegenseitig auffressen, was durchaus vorkommt, von Insekten ernähren und sich Insekten nachts zum Licht hin orientieren, wird das Insektaufkommen und somit das Nahrungsangebot an hellen und beleuchteten Fassadenflächen größer sein. Somit ist es für die Mauerspinne vorteilhaft, ihre Fangnetze in der Nähe einer Lichtquelle zu erstellen. Dies gilt natürlich auch für andere Spinnen. Man findet daher bei freistehenden, beleuchteten Hinweistafeln auch häufig die Radnetze der nachtaktiven Brückenspinne in großer Dichte. Auf den Einfluss der Fassadenexposition und das Vorhandensein von Regenschutz gewährenden Strukturen wurde bereits hingewiesen und mit der mediterranen Herkunft der Mauerspinne erklärt.

Um der Frage nachzugehen, ob wirklich ein Zusammenhang zwischen der applizierten Fassadenfarbe und dem störenden Auftreten von Spinnen besteht, wurden in den letzten Jahren mehrere Objekte untersucht und verschiedene Beobachtungen gemacht. In gewissen Regionen und ab ca. 1500m Meereshöhe scheint das Problem gar nicht, in der Nähe von Seen und Flüssen jedoch verstärkt zu existieren. Diese Beobachtung hängt möglicherweise mit der klimatisch ausgleichenden Wirkung von Gewässern zusammen und könnte wiederum mit der Herkunft der Mauerspinne erklärt werden.

In vielen Fällen handelte es sich um ältere Gebäude mit traditionellem Putzaufbau und groben Putzstrukturen doch findet man die Spinnen auch an relativ neuen Bauten, sofern die oben erwähnten Voraussetzungen erfüllt sind. Interessanterweise waren bei den betroffenen Flächen keine verputzten Wärmedämmverbundsysteme anzutreffen. Ob dies nur Zufall ist, soll im Folgenden behandelt werden. Der Sinn einer Außenwärmedämmung besteht ja darin, die Wärme im Gebäudeinnern zu halten. Dies führt jedoch dazu, dass der nur wenige Millimeter dicke Außenputz enormen Temperaturschwankungen unterworfen ist und sich in klaren Nächten besonders stark abkühlen kann. Er kühlte sich dabei nicht nur auf das Niveau der Lufttemperatur ab, sondern unterkühlte sich dazu um 2–4° C, was die Bildung von Tauwasser zur Folge hat, welches bei entsprechend tiefen Temperaturen zu einer Eisschicht gefriert. Dies könnte die wärmeliebende Mauerspinne davon abhalten, solche Fassaden zu besiedeln.

Auffallend oft waren helle und der Straße zugewandte Fassadenflächen befallen, wogegen die wetterexponierten Westseiten nie betroffen waren. Ob die an der Westseite herrschenden, doch einiges raueren Wetterverhältnisse, mit Wind, Regen und Schnee, der Mauerspinne nicht behagen oder ob der Regen schlicht alle frisch erstellten Netze wieder abspült, bleibt offen.

Eine Frage konnte jedoch mit Sicherheit beantwortet werden: Eine Vorliebe für einzelne Anstrichmittelklassen oder gar einen einzelnen Anstrichstoff besteht nicht. Die Spinnen fanden sich auf allen bekannten Beschichtungsarten verschiedener Hersteller und scheinen sich darauf äußerst wohl zu fühlen.

An einem Testobjekt wurden Musterflächen mit unterschiedlichen Anstrichsystemen angelegt. Bereits nach wenigen Wochen waren auf allen Testflächen wieder einzelne Netze festzustellen, welche aufgrund der fehlenden Verschmutzung aber noch kaum sichtbar waren. Nach zwei Jahren zeichneten sich die neuen Netze wieder in aller Deutlichkeit ab.

4 Vorbeuge- und Sanierungsmöglichkeiten

Bisher sind leider noch keine sinnvollen Maßnahmen bekannt, wie dem Problem der Mauerspinnen langfristig entgegengetreten werden kann. Wer möchte denn schon seine Fassade in tristem Dunkelgrau streichen, nur damit die verschmutzen Netze der Mauerspinne nicht mehr sichtbar werden.

Auch die Möglichkeit dem Anstrichstoff Insektizide, z. B. in Form von verkapselten Pyrethroiden zuzusetzen, scheint nicht der richtige Weg zu sein.

Da diese Stoffe die Umwelt belasten, auch für andere Lebewesen schädlich sind und sich zudem am Wetter relativ schnell abbauen, ist ein Einsatz nach den bisherigen Erfahrungen nicht sinnvoll.

Dabei muss man sich der Frage stellen, ob denn solche Maßnahmen überhaupt notwendig sind. Genügt es nicht, die für unser Empfinden störenden Netze von Zeit zu Zeit wieder abzuwaschen? Zugegeben, für größere Objekte ist dies mit einem erheblichem Aufwand verbunden und da es nur eine Frage der Zeit ist, bis erneut wieder Netze sichtbar werden, ist dies nicht für jedermann eine gangbare Lösung.

Deshalb haben sich spezialisierte Unternehmen dieser Problematik angenommen und bieten Instandhaltungsverträge mit jährlicher Behandlung an. Neben der eigentlichen Reinigung der betroffenen Flächen werden auch insektizide Stoffe aufgebracht, welche die Spinnen für einige Zeit davon abhalten sollen, erneut ihre Netze zu bauen. Die Behandlung muss jedoch in der Regel nach 1–2 Jahren wiederholt werden.

5 Zusammenfassung

Mauerspinnen besitzen keine Vorliebe für bestimmte Anstrichgruppen oder einen einzelnen Anstrichstoff. Fühlt sich die wärmeliebende Spinne auf der Fassade wohl, auf die sie der Wind getragen hat und ist genügend Nahrung in Form von Insekten vorhanden, so wird sie sich darauf niederlassen und vermehren, bis sie der Mensch wieder unsanft davon vertreibt.

Auch wenn die Mauerspinne – wie viele andere Spinnen – ein fallenstelender Mörder ist und in ihren Klaudrüsen ein für kleine Insekten tödliches Gift besitzt, ist sie nicht in der Lage, den Putz oder Anstrich zu zerstören. Eine Zierde sind die zahlreichen Netze der Mauerspinne an den betroffenen Fassaden jedoch nicht, die dann aussehen als hätten sie die »Masern«.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Georg Benz, Zürich, der mit seinen wertvollen Hinweisen diese Arbeit unterstützt hat.

Literatur

- [1] Heimer, S.: Wunderbare Welt der Spinnen; Urania Verlag
- [2] Bellmann, H.: Spinnen beobachten, bestimmen; Naturbuch Verlag
- [3] Dahl, F: Tierwelt Deutschlands XLII
- [4] Stern, H. & Kullmann, E.: Leben am seidenen Faden; Bertelsmann Verlag

Über das Wesen der Architektur nebst Vorbildung eines Baukünstlers:

»Zehn Bücher über Architektur«

1. Buch, 1. Kapitel, 1. Absatz:

»Das Fach eines Architekten umfaßt eine auf weitreichender Gelehrsamkeit und vielseitiger Bildung beruhende Wissenschaft, da alle Gebilde der übrigen Künste der räumlichen Anordnung der baulichen Schöpfungen sich anbequemen müssen...«

und weiter im 2. Absatz:

»Aus diesem Grunde vermochten die Baumeister, welche ohne Kunsthistorische Bildung sich mit der mechanischen Handfertigkeit im Zeichnen begnügten, es nicht dahin zu bringen, mustergültige Werke zu erschaffen; wogegen diejenigen, welche sich ausschließlich auf die theoretischen Studien und Gelehrsamkeiten verließen, einem Schatten nachzujagen und nicht das wahre Ziel der Kunst zu erstreben schienen.

Diejenigen hingegen, welche sich gründlich bemühten, nach den beiden Richtungen mit dem vollen Rüstzeuge der Kenntnisse ausgestattet zu sein, haben rascher mit kunstgerechter Meisterschaft das erwünschte Ziel erreicht.«

Über Baukunst schreibt man nicht, wie man ein Geschichtswerk oder Dichtungen verfasst!

So rufen weitschweifig abgefasste Lehrschriften nur unklare Vorstellungen beim Leser hervor, weil Redefülle und Wortschwall dem Verständnis nur hinderlich sind: man muß sie kurz zusammenfassen und in wenigen und klaren Sätzen entwickeln. So nämlich wird man sie leichter begreifen können.

›Vitruv‹, Vitruvius Pollio, römischer Architekt des 1. Jhdts. v. Chr.; sein Werk über die Baukunst wurde im 15. Jhdts. wiederentdeckt und wirkte stark auf die Architektur der Renaissance



Schadensquotelung nach dem Goldenen Schnitt

1 Einleitung

»Auch Fehler haben ihren Wert,
jedoch nur hie und da.
Nicht jeder, der nach Indien fährt,
entdeckt Amerika!«
Erich Kästner (1899–1974)

Das versprochene Werk muss tauglich sein, die zugesicherten oder bedungenen Eigenschaften aufweisen und den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. [1]

Ist auch nur eines der genannten Kriterien nicht erfüllt, ist das Werk mangelfhaft. Die Mängel sind zu beseitigen (Gewährleistung), die schädlichen Folgen ebenso. Bei Verschulden ist auch Schadenersatz zu leisten. Damit beginnt unser Problem.

Bei Ausführungsmängeln (bei mangelfreier Planung) liegt im Regelfall die alleinige Haftung beim Ausführenden, der sich nicht darauf berufen kann, nicht gebührend überwacht worden zu sein.

Bei korrekter Ausführung von Planungsmängeln entstehen Probleme mit der Zurechnung der Anteile zur Planer- und zur Herstellersphäre. Für den Ausführenden ist hier die unterlassene Warnung vor offenkundigen und darüber hinaus in Deutschland auch **vermuteten** Fehlern in den Ausführungsunterlagen das Damoklesschwert. [2]

Bei obendrein fehlerhafter Ausführung einer Fehlplanung ist nochmals zu unterteilen. Es ist auch die Frage der alternativen und überholenden Kausalität vor der Schadensquotierung zu lösen.

2 Die Schadensquote

Bei Mitwirken mehrerer Verursacher ist die Quote des Einzelnen im Regelfall nur durch Sachverständigenbeweis festzulegen.

Die Methoden sind vielfältig: Eine bekannte ist die nach Aurnhammer [3]. In Österreich ist von Oberndorfer [4] eine ähnliche entwickelt worden. Es gibt eine Fülle von anderen Methoden (Aachen, Dublin'scher Zielbaum usw.).

Der Nachteil aller dieser Methoden ist die notwendige Detaillierung des Problems und die Aufsplittung in Teilprobleme, deren unterschiedliche Gewichtung und rechnerische Behandlung. Letztlich steckt dann in allen Gewichten, Werten und Faktoren soviel von Willkür und Annahmen, dass die (pseudo-genaugen!) »Ermittlungen« in Wahrheit nur miteinander umständlich verknüpfte Schätzwerte sind. Jeder, der das Fehlerfortpflanzungsgesetz kennt, weiß um die Aussagekraft solcher »Werte«. Eine Fundgrube für findige Anwälte.

Schadensquotelung nach dem Goldenen Schnitt

Die Quote nach dem »**Goldenem Schnitt**« geht von der Voraussetzung aus, dass es Gerechtigkeit auf Erden nicht gibt und dass die ökonomische Vernunft die Herrin des Verfahrens sein soll.

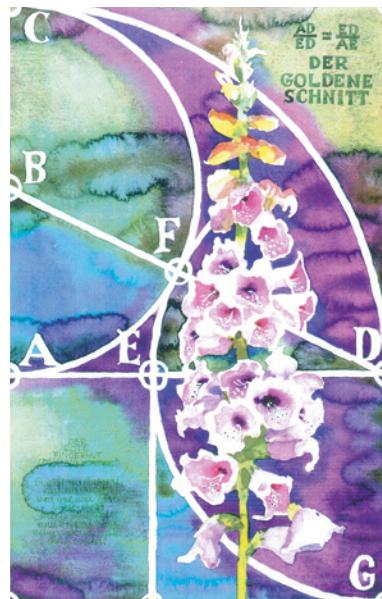
Der Goldene Schnitt geht vom Axiom aus, dass derjenige, der den Fehler setzt, die größere Quote zu tragen hat, als der, der ihn »bloß« geschehen lässt. Beim Goldenen Schnitt verhält sich der größere Teil zum kleineren Teil wie der ganze zum größeren. Damit ergibt sich ein Verhältnis von 62:38.

Diese Quotierung kann nun rechnerisch, je nach der Zahl der Beteiligten, deren Quote in der zeitlichen Folge ihrer Fehlhandlungen oder Unterlassen (Fehlplanung, unterlassene Prüfung usw.) bestimmt werden. Die zeitliche Folge ist leicht zu objektivieren, Grad der Verursachung, Schwere des Verschuldens und deren Verknüpfungsmöglichkeiten verursachen endlose Debatten.

Die »Ungerechtigkeit« des Verfahrens wird aufgewogen durch die Klarheit und Schnelligkeit. Im Regelfall ist die »ungerechte« Quote absolut geringer als die »gerechte« Quote nach langem Verfahren mit mühsamen Sachverständigenbeweis und allen Erörterungen. Das Verfahren nach dem Goldenen Schnitt ist, wie die Beispiele zeigen, sehr flexibel.

Bemerkt soll noch werden, dass im Verhältnis zum Geschädigten ein Solidar-(Gesamtschuld-)Verhältnis besteht. Erst die Schadensaufteilung unter den Schädigern unterliegt der Quotierung.

Bild 1:
Der Goldene
Schnitt



3 Das Problem der Schadensquote bei Fehlplanung und Verletzung der Warn- und Aufsichtspflicht

Im Bauwesen gibt es selten den Fall, dass ein Planungsfehler sich in der Natur manifestiert, wenn **alle** Verantwortlichen und zur Fürsorge Verpflichteten ihre Pflicht mit der üblichen und daher notwendigen Sorgfalt wahrnehmen.

Bei geplanten Baumängeln macht zumeist ein Verantwortlicher den Fehler und die anderen Verantwortlichen »lassen ihn geschehen«.

Die Verantwortlichkeit nach einem absolut »gerechten« Verfahren zu teilen, ist praktisch unmöglich; meist führt die Teilung, auch »Quotelung« genannt, zu unwirtschaftlich hohem Gutachtensaufwand. Die Detaillierung des Problems, Aufsplittung in Teilprobleme, deren unterschiedliche Gewichtung und rechnerische Behandlung, führt in der Regel nach umfangreicher Erörterung »Für und Wider« nur zu großem Gutachtensaufwand und unbefriedigenden Lösungen.

Jede allzu weite Detaillierung (etwa Schadensquotelung nach Aurnhammer [3]) führt letztlich zu erbittertem Geplänkel um Detailpunkte und deren Bewertung.

Nachdem dann diese Geplänkel mit geringen Verschiebungen geendet haben, ergibt dann die »exakte« Berechnung Veränderungen in Größenord-

nungen von möglicherweise 1 %. Am Ende sind die erschöpften Verantwortlichen und der sachverständige »Quoteler« reif für die Erkenntnis, dass man im Hinblick auf den Aufwand **nach** dem Schaden besser gleich gedrittelt oder geviertelt hätte und das Hinnehmen von »Ungerechtigkeit« dem Einzelnen auch nicht mehr gekostet hätte, als die »gerechte« Quote zuzüglich Eigenaufwand und Kosten des Gutachters, der in Hinblick auf den erteilten Auftrag und seine Ansichten zur Sache ein erschöpfendes Gutachten mit Akribie erstellte.

Es sollten daher Überlegungen angestellt werden, die Schadensquote nach einem gewissen starren Verfahren vorzunehmen, im **Bewusstsein**, dass diese Quotierung »ungerecht« ist, jedoch im **Wissen**, dass die wirtschaftliche Vernunft ein solches Verfahren gebietet.

Ein solches Verfahren könnte etwa auch dem Richter ohne langwierigen Sachverständigen-Beweis eine Richtschnur sein, da allein die Zahl der Beteiligten die Quote bestimmt; jedenfalls kann dies bei der Liquidierung von Haftpflichtschäden durch Versicherungen eine praktische Methode sein.

Zunächst soll einmal festgehalten werden, dass derjenige, der den Fehler setzt, die größere Quote zu tragen hat, als der, der ihn geschehen lässt.

Dies ist als Axiom zu betrachten, das dem allgemeinen Rechtsgefühl entspricht und keiner weiteren Begründung bedarf.

Eine abweichende Betrachtungsweise wäre nur dort angebracht, wo ausdrücklich eine spezielle Prüfpflicht normiert oder vereinbart wäre und auch separat honoriert wird.

Das Axiom gilt überall dort, wo mit üblicher notwendiger Sorgfalt erkennbare Mängel erkannt werden können oder müssen.

Es ist somit davon auszugehen, dass die »größere« Quote bei 51 % beginnt. Sinnvollerweise wird sie bei 66–75 % enden. Das heißt, dass das »Fehler setzen« mit etwas mehr als der Hälfte, zwei Dritteln oder drei Vierteln zu quoteln sein wird.

Dementsprechend ist das »Geschehen lassen« mit einem Viertel bis etwas weniger als der Hälfte zu quoteln.

Ein Beispiel für zwei Beteiligte:

Der Architekt zeichnet mit Plan mit Kotenfehlern und der Baumeister baut danach »richtig«, jedoch mangelhaft im Hinblick auf das Ergebnis. Im Regel-

fall wird es keinen unwirtschaftlich hohen Aufwand erfordern, mit technischen und rechtlichen Kriterien (Wertigkeit der Verursachung und Wertigkeit des Verschuldens (für SV: d. Verstoßes) (0-2, 3-7, 8-10)) eine genaue Quote festzulegen, insbesondere, wenn der Schaden absolut und relativ hoch war.

Bei mehr als zwei Beteiligten, jedenfalls ab vier Beteiligten, sollte aber bedacht werden, dass die Schadensquotelung zusehends problematischer wird und anstelle »Gerechtigkeit« eher eine Automatik einsetzt. Man muss die »Ungerechtigkeit« des Verfahrens eben hinnehmen wie starken Frost, der ja auch eine »Ungerechtigkeit« im Planungs- und Bauablauf darstellt.

Die Bauschaffenden sind Kummer gewöhnt und sollten sich auch bei Schadensquoten dem Schicksal fügen.

Ausgehend von einem Baumangel mit vier Verantwortlichen soll die von mir vorgeschlagene anzuwendende »Schadensquote nach dem Goldenen Schnitt« erläutert werden.

Der »**Goldene Schnitt**« teilt wie bereits erwähnt eine Strecke so, dass sich der größere Teil zum kleineren so wie die ganze Strecke zum größeren Teil verhält.

Der »Goldene Schnitt« wird auch »stetige Teilung« genannt, weil die Proportion beliebig im selben Verhältnis weitergeführt werden kann.

Auf das Problem der Schadensquote übertragen heißt das, dass eine beliebige Zahl an Verantwortlichen berücksichtigt werden kann.

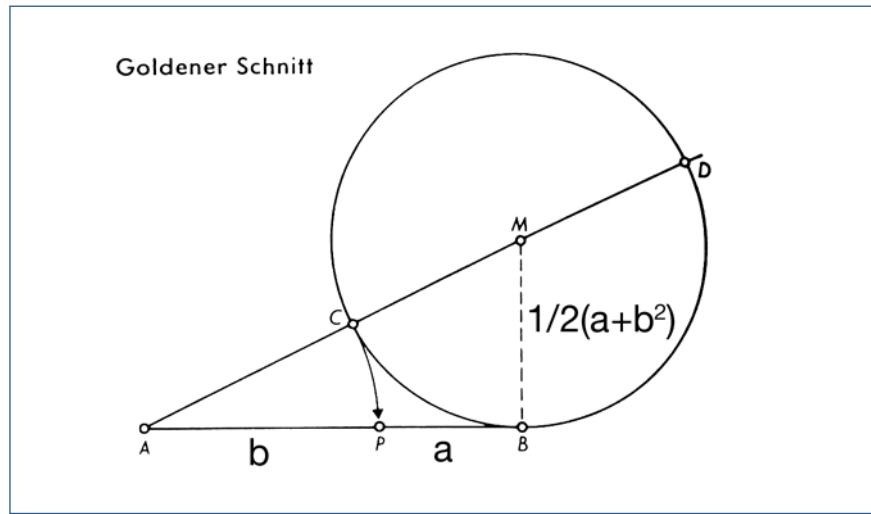


Bild 2:
Schema Goldener
Schnitt

4 Berechnung

1 m wird durch den »Goldenens Schnitt« bei 61,8 cm geteilt.

Mathematische Ableitung:

$$a : b = b : (a + b) \text{ wenn } a + b = 100$$

$$a : b = b : 100$$

$$100 a = b^2$$

$$a = b^2 / 100$$

$$b^2 + 100 b - 10.000 = 0$$

$$b = -50 \pm \sqrt{2.500 + 10.000}$$

$$b = -50 \pm 111,803$$

$$b = 61,803$$

$$a = 38,197.$$

Die Quote nach dem »Goldenens Schnitt« liegt also bei ca. 62 %.

Diese Quote liegt also einerseits »gerecht«, um das Axiom zu erfüllen, dass das »Fehlersetzen« höher als das »Geschehenlassen« zu quoteln ist, andererseits liefert sie für das »Geschehenlassen« nicht zu geringe Quoten, die letztlich dazu führten, dass bei mehreren »Geschehenlassern« der letzte dieser Verantwortlichen praktisch keine Quote mehr zu tragen hätte.

Doch zurück zum Beispiel mit den vier Verantwortlichen.

Ein Faktum zur Erläuterung:

Ein Sonderfachmann plant die Lüftungs- und Heizungsanlage eines Hallenschwimmbades insoweit falsch, als es laufend zu Tauwasserbildung an nur doppelt verglasten Holzfenstern kommt. Es ist vorhersehbar, dass diese Holzfenster in spätestens 10 Jahren ein Totalschaden sein werden.

Wer trägt nun die Kosten für den Aufwand einer einwandfreien Lösung?

Vorausgesetzt werden muss, dass die Lösung im Einbau von dreifach verglasten Fenstern und dem Einbau von Wärmequellen zum Erzielen eines Wärmeschleiers VOR diesen Fenstern zu bestehen hat.

Diejenigen Kosten, die bei ordnungsgemäßer Erstherstellung ohnedies angefallen wären, hat der Bauherr zu tragen (falls nicht bestimmte vertragliche Regelungen (Fixpauschale, etc.) vorliegen; dieser Sonderfall soll hier nicht behandelt werden).

Es geht also nur um den »Schaden«, der aufzuteilen ist und nicht um den Gesamtaufwand.

5 Verantwortlichkeiten

Welche Verantwortung trifft nun diese vier Verantwortlichen, nämlich

- 1) den Sonderfachmann als Planer
- 2) den Architekten als Gesamtplaner
- 3) die Lieferanten und Erbauer dieser offensichtlich mangelhaft geplanten Anlage
- 4) die örtliche Bauaufsicht?

Die Verantwortlichkeit des Sonderfachmannes liegt in der Planung entgegen technischer Regeln.

Der Architekt beruft sich vergeblich auf den zugezogenen Sonderfachmann, da er den Fehler allein mit einer Fachzeitschrift und der Ö-Norm B 8115 auf dem Tisch, letztlich auch aus der Lebenserfahrung heraus, hätte erkennen müssen und im übrigen die Angaben des Sonderfachmannes nicht ungeprüft kritiklos in seine Planung hätte aufnehmen dürfen.

Die ausführende Firma hätte zunächst aus den Plänen und danach an der Baustelle, erkennen können und müssen, dass das Gesamtkonzept falsch war und sie ihre Warnpflicht verletzt haben.[5] Die Warnpflicht gilt auch gegenüber dem sachkundigen (oder sachkundig durch Architekt, Sonderfachmann und Bauaufsicht vertretenen) Bauherrn!

Der Sonderfachmann hat also falsch geplant.

Der Architekt hat dies geschehen lassen und die mangelhafte Planung zur Ausführung freigegeben. Für den Ausführenden, der die mangelhafte Planung »richtig« ausführt, liegt ebenfalls »Geschehenlassen« vor, die Verantwortlichen vor ihm, also der Sonderfachmann UND der Architekt haben von ihm aus gesehen diese Fehler gesetzt.

Die Bauaufsicht hat ebenfalls »Geschehenlassen«, da sich für sie die »Tätigkeiten und Unterlassungen« der Verantwortlichen vor ihr als »Fehlersetzung« darstellt.

Die Schadensquote nach dem »Goldenem Schnitt« errechnet sich in diesem Falle wie folgt:

Gewichte: 38,2 : 61,8 : 100 : 161,8

Gewichte in %: 10,6 : 17,1 : 27,6 : 44,7.

Die Verantwortlichen haben also folgende Quote zu tragen:

- 1) Sonderfachmann 45 %
- 2) Architekt 28 %
- 3) Ausführende 17 %
- 4) Bauaufsicht 10 %.

In tabellarischer Übersicht sind die Quoten nach dem »Goldenen Schnitt« nach der Zahl der Verantwortlichen wie folgt darzustellen.

Tabelle 1:
Quoten nach
Zahlen der
Verantwortlichen

Anzahl der am Schaden Beteiligten	1.	2.	3.	4.	5.	6.	(7.)
2.	62	38					
3.	50	31	19				
4.	45	28	17	10			
5.	42	26	16	10	6		
6.	40	25	15	10	6	4	
(7.)	39	24	15	9	6	4	2

Die Tabelle zeigt, dass die steigende Zahl der Verantwortlichen den Anteil des oder der beiden Hauptverantwortlichen nur mehr wenig zu ändern vermag. Die Hinzuziehung eines weiteren Verantwortlichen – das Aufzwingen-Wollen von Mitschuld – bringt also dem oder den Hauptverantwortlich in der Regel wesentlich mehr Kosten und Aufwand, als allenfalls der 5., 6. oder gar der 7. zu tragen hätte.

Zum Vergleich soll anhand eines Beispies gezeigt werden, wie wenig abweichende Ergebnisse eine »exakte« Quotelung bei mehreren Verantwortlichen liefert.

Die als Alternative zur Quotelung zu betrachtende **Teilung nach Köpfen**¹ liefert bei vier Beteiligten je 25 %.

Die Gegenüberstellung ergibt somit:

Tabelle 2:
Vergleich
Goldener Schnitt
mit Teilung nach
Köpfen

Quotelung nach »Goldener Schnitt«	45	28	17	10
Teilung nach Köpfen	25	25	25	25
Differenz	20	3	-8	-15
In % gegen Gleichaufteilung	80 %	12 %	-32 %	-60 %

Dass der Hauptverantwortliche nach der Teilung nach Köpfen ruft, liegt auf der Hand, ist aber in Hinsicht auf die Verursachung ungerecht.

Jede andere Quotelung (etwa im Sinne einer Gewichtsverschiebung von +/-22 %) bringt gegenüber dem »Goldenen Schnitt« sehr wenig, erfordert aber wegen der **nachvollziehbaren** und **erschöpfenden Begründung** hohen Aufwand.

1 Dieser Hinweis gilt nur für Österreich: § 1302 ABGB normiert, wenn die Anteile sich nicht bestimmen lassen, Solidarhaftung; doch bleibt demjenigen, der den Schaden ersetzt hat, der Rückersatz gegen die Übrigen vorbehalten. Bei § 1302 kommt es nicht auf den Grad des Verschuldens an, sondern darauf, ob gewisse Teile des Schadens ausschließlich auf den einen oder anderen Schädiger zurückzuführen sind.

Rechenbeispiel: Schaden 500.000 Euro
Gutachtenskosten 30.000 Euro

Summe in %	100 %	45 %	28 %	17 %	10 %
Quotelung nach »Goldenem Schnitt« ohne Gutachterkosten	500.000	225.000	140.000	85.000	50.000
Gewicht	361,8	161,8	100	61,8	38,2
Quotelung bei +/- 22 % Gewichtsdifferenz	+/-22 %	-35,6	+22	-13,6	+8,4
	343	126,2	122	48,2	46,6
Neue Quote in %	100 %	37 %	36 %	14 %	13 %
	530.000	196.100	190.800	74.200	68.900
Differenz	-30.000	28.900	-50.800	10.800	-18.900

Anm.: Quotelung bei +/-22 % Gewichtsdifferenz²

Jede mit noch so großer Akribie betriebene Quotelung bringt außer **weiterem** großen Aufwand bei der Auseinandersetzung lediglich Differenzen in der maximalen Größenordnung von 10% des Schadens und muss daher zwangsläufig unwirtschaftlich sein, dies vor allem in Hinblick auf den Eigenaufwand und den Aufwand beigezogener weiterer Privatgutachter, die allenfalls zur Unterstützung der eigenen Standpunkte vor den Verantwortlichen hinzugezogen werden.

Werden dann auch noch – womöglich vom Klienten falsch oder unvollständig, jedenfalls parteiisch informierte – Rechtsanwälte eingeschaltet, endet der Versuch der »objektiven« Quotelung häufig beim zuständigen Gericht.

Dann beginnt die ganze Sache von vorne, abgesehen davon, dass es ja neben dem Hauptverfahren Geschädigter- (nach Ansicht des Geschädigten) Hauptschädiger noch eine erhebliche Anzahl von Streitverkündungen und Folgeprozessen geben kann.

Jede »Ungerechtigkeit« der Schadensquote nach dem »**Goldenem Schnitt**« ist eine Lappalie, die es herausfordert, nachstehenden Spruch zu zitieren:

*O Herr, gib' mir die Gelassenheit,
Dinge hinzunehmen, die ich nicht ändern kann.
Gib mir den Mut, Dinge zu ändern, die ich ändern kann.
Gib mir aber die Weisheit,
das eine vom anderen zu unterscheiden.*

Friedrich Christoph Oettinger (1702–1772)

Tabelle 3:
Vergleich der Quotelungsmethoden

² Höhere Gewichtsdifferenz gibt Umschlag in der Quote zwischen »Fehlersetzen« und »Geschehenlassen« und bringt daher Widersprüche.

Wenn Sie noch bedenken, dass auch starker Frost ungerecht ist, weil man ihn nicht ändern kann, so sind gerade Sie, als Bauschaffende, die oft unter starkem Frost zu leiden haben, reif für die Erkenntnis:

Statt pseudogenauer »verwissenschaftlichter« Quotelungen in Zukunft nur mehr der GOLDENE SCHNITT!

6 Nachbemerkung

Das System des »Goldenen Schnittes« gestattet es, auch gleichwertige Verantwortlichkeit zweier oder mehrere Beteiligter insofern zu berücksichtigen, als die Gewichte eben zweimal (oder mehrmals) gleich angesetzt werden.

Beispiel: Hält man die Verantwortlichen 2 und 3 (in unserem Beispiel mit den vier Verantwortlichen) für gleich belastet, so ändert sich die Quotierung wie folgt:

$$38,2 : 61,8 : 61,8 : 100 = 261,8 \\ 14\% \quad 24\% \quad 24\% \quad 38\%.$$

Natürlich ist es »ungerecht«, dass der Vierte dabei schlechter fährt als unter der Annahme verschieden gewichtigen »Vertretenmüssens« von 2) und 3) (10 : 17 : 28 : 45), aber was ist schon »absolut gerecht«?

Literatur

- [1] In Deutschland: BGB § 633, VOB 2006, Teil B, § 3, Pkt. 3. In Österreich: ABGB § 1167, ÖNORM B 2110 Pkt. 5.8.3 (Seite 11), ÖNORM A 2050
- [2] In Deutschland: VOB 2006 B § 3 Pkt. 3. In Österreich: ABGB § 1168a, ÖNORM B 2110, Pkt. 5.8.3 (Seite 4)
- [3] Ein Versuch zur Lösung des Problemes der Schadensquote, Arbeitsmappe zu AUFBAU-SEMINAR für Bausachverständige Dr. Ing. H. E. Aurnhammer, Stuttgart, ca. 1978.
- [4] W. Oberndorfer (Hrg.), Claim Management und alternative Streitbeilegung im Bau- und Anlagenvertrag, Teil 1 Grundlagen und Methoden; Verlag Manz, Wien, 2003
- [5] In Deutschland: VOB B § 3/3 In Österreich: ÖNORM B2110, Pkt. 5.8.3, ABGB § 1168a

VII Sanierung – Hege – Pflege

»Schnell ist langsamer als gut.

Billig ist teurer als richtig.«

Raimund Probst, dt. Architekt und Bauschadenexperte (1927–2009)



»Billig bauen ist nicht geheimer, sanieren danach wird sicher teuer!«
aus Walter Lüftls ›BAUernregeln‹ (siehe Seite 255)

*»Wärmedämmverbundsysteme sind Null-Fehler-Systeme,
sie vertragen Null Fehler in der Planung,
sie vertragen Null Fehler in der Ausführung und
sie vertragen Null Fehler in den Systemkomponenten.«*

»Wärmedämmverbundsysteme brauchen Hege und Pflege!«

Michael Hladik (Hrsg.)

Renovation verputzter Außenwärmédämmung

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) zur Energieeinsparung sind seit ca. 25 Jahren Standard im Bauwesen. In Deutschland benötigen sie eine Zulassung, die sich hauptsächlich auf die statische Sicherheit bezieht. Auch zugelassene Systeme werden falsch verarbeitet, was sich meistens in Rissbildungen äußert. Die Ursachen lassen sich leider nur durch zerstörende Untersuchungen feststellen. Ein weiteres Schadensbild ist der Befall mit Mikroorganismen (Algen und Pilze). Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre deuten hier als Ursache auf einen ungünstigen Feuchtehaushalt bei Regen und Tauwasserbelastung hin. Sind die Mängel festgestellt, muss saniert werden. Die Frage ist: Wie?

1 Ursachen von Rissbildung

Die Ursachen der Rissbildungen sind vielfältig, in der Regel aber durch falsche Verarbeitung bedingt. Hier sind zu nennen:

1. Falsche Verklebung, insbesondere von EPS
 - Nur-Punkt-Verklebung
 - keine saubere Randverklebung
2. Offene Fugen zwischen den Platten
3. Kein Eckausschnitt bei Fenstern
4. Keine bzw. unzureichende Gewebeüberlappung
5. Keine Diagonalbewehrung bei Ecken
6. Zu geringe Dicke des Armierungsmörtels
7. Falsche Lage des Gewebes, insbesondere bei Dickschicht-Armierung, dann besonders auf Mineralwolle problematisch.

Zu 1. Falsche Verklebung

Kaum zu sanieren sind nach meiner Auffassung Nur-Punkt-verklebte Dämmplatten. Hier tobten sich die temperaturbedingten Längenänderungen weiter im System aus und erzeugen hohe Spannungen, die die Armierungsschicht überfordern können. Wer hier auf Nummer Sicher gehen will, wird bei EPS-Platten um einen Neuaufbau der Platten und die Befestigung/Verklebung im Punkt-/Wulstverfahren mit Randverklebung nicht herumkommen.

Bei nur partieller mangelhafter Randverklebung und geschlossenen Stoß- und Lagerfugen zwischen den Dämmplatten kann man davon ausgehen, dass nach Abbau der Restschwindung der EPS-Platten die Spannungen im System soweit abgebaut sind, dass man mit einem zusätzlichen Armierungsmörtel an der Oberfläche die Restspannungen unter Spannung halten kann. Hier ist dann nur sicherzustellen, dass der vorhandene Oberputz ausreichend tragfähig ist und eine einwandfreie Haftung des neuen, zusätzlichen Armierungsmörtels sichergestellt wird (vorher Oberfläche reinigen).

Zu 2. + 3. Kein Eckausschnitt bei Fenstern und offene Fugen zwischen den Platten

Dieser Mangel tritt häufig gemeinsam auf. Wenn kein Eckausschnitt in den Dämmplatten bei den Fenstern gemacht wird, muss im Brüstungsbereich zugeschnitten werden, was meist zu offenen Stoßfugen führt. Offene Stoßfugen führen bei jeder Temperaturänderung zu erhöhten Spannungen, die punktuell zu Zug und Stauchung führen. Damit sind die meisten Armierungsmörtel überfordert. Zudem zeichnen sich diese Fugen meist durch Dunkelfärbung wegen der erhöhten Diffusion ab.

Zur Instandsetzung bleibt hier deshalb nichts anders übrig, als die Ursache, d.h. die offene Fuge, zu beseitigen. Man wird also den alten Armierungsmörtel abnehmen und die offenen Fugen z.B. durch Schäumen schließen müssen. Danach kann der übrige Beschichtungsaufbau ergänzt werden.

Zu 4. + 5. Keine bzw. unzureichende Gewebeüberlappung, keine Diagonalbewehrung bei Ecken

Ist sonst alles in Ordnung, kann der alte Aufbau vollständig belassen werden. Man kann direkt auf den gereinigten Oberputz (bzw. dessen Anstrich) die notwendige Armierungslage aufbringen, jetzt eben dann fachgerecht verarbeitet. Es versteht sich von selbst, dass bei allen Instandsetzungen mit neuem Armierungsmörtel und Oberputz geschlossene Bauflächen komplett überar-

beitet werden müssen. Eine partielle Ausbesserung ist in den seltensten Fällen wegen der Strukturunterschiede möglich. Hierbei ist darauf zu achten, dass die zulässigen Gewichte (10 kg/m^2) nicht überschritten werden, sonst muss zusätzlich gedübelt werden.

Zu 6. + 7. Zu geringe Dicke des Armierungsmörtels und falsche Lage des Gewebes

Bei zu geringer Dicke des Armierungsmörtels treten die Risse meist in den Lager- und Stoßfugen auf. Ist zudem das Gewebe teils nicht vollständig überdeckt, kann es bei sehr dünnem Oberputz – was dann meist dazu kommt – zu Parallel-Rissen entsprechend von Faden bzw. Schuss des Gewebes kommen. Hat man sichergestellt, dass keine offenen Stoß- und Lagerfugen zwischen den Dämmplatten vorliegen, genügt auch hier die Überarbeitung mit einem Armierungsmörtel und Oberputz.

2 Wichtige Hinweise

2.1 Grundsätzlich gilt also die übliche Regel

Auf alle möglichen o. g. Schadensursachen untersuchen, um die eine oder mehrere Ursachen festzustellen, damit man die Schadensursachen auch beseitigen kann.

Bei relativ neuen Objekten, wo es sich meist um Gewährleistungsschäden handelt, wird man das gleiche System einsetzen, um eine einheitliche Fassade zu bekommen.

2.2 Haftung der Bauleitung

Kritisch in diesem Zusammenhang ist immer die Frage: Hat nur der Handwerker Schuld oder muss sich auch die Bauleitung verantworten? Hierzu vertrete ich die Auffassung, dass auch die Bauleitung während der Verarbeitung von WDVS kontrollieren muss. Besonders leicht zu erkennen sind ja folgende Fakten:

- offene Fugen zwischen den Platten
- fehlende Eckausschnitte
- fehlende Diagonalbewehrung an den Ecken.

Bei Großbaustellen rate ich jedem Bauleiter auch mal zu beobachten, wie dick der Armierungsmörtel aufgebracht wird. Hier scheinen einige Verarbeiter ein großes Einsparpotenzial zu wittern. Wer bei 2000 m² anstelle von 8–10 t Armierungsmörtel nur die Hälfte verbraucht, hat schon wieder was gespart. Dies lässt sich auch anhand der Lieferscheine nachträglich noch kontrollieren; dann wird es aber für den Handwerker teurer, weil er noch mal die Beschichtungen aufbringen muss.

2.3 Dauerbrenner Geländeanschluss

Wie beim Bauen allgemein ist der fachgerechte Geländeanschluss ein Stiefkind. Hier gibt es seit Jahren eindeutige Regeln, gegen die regelmäßig verstößen wird, was dann zu aufwändigen Nachsanierungen führt.

Dabei ist es so einfach:

Ein WDVS unter der Geländeoberkante muss – wie andere Materialien auch – mit einer vertikalen Feuchtigkeitssperre nach DIN 18195 [1] vor der Bodenfeuchtigkeit geschützt werden. Dies zu kontrollieren, ist die vornehme Aufgabe der Bauleitung. Häufig wird in dem LV die Vertikalsperre vergessen, dann liegt sogar ein Planungsfehler vor. Jeder Stuckateur sollte ein Standard-Hinweisschreiben nach Verlassen der Baustelle bei der Bauleitung und/oder dem Bauherrn abgeben, dass bei den Gartenanlagen bei Änderungen des Geländes (meistens Erhöhung) der Putz bzw. das WDV-System mit einer Vertikalsperre in Beschichtungsform zu schützen sind.

Eine Noppenbahn ist keine Vertikalsperre, sondern nur der Schutz für die Vertikalsperre!

3 Sonderthema Algen und Pilze an WDVS-Fassaden

Tritt ein Befall mit Algen und Pilzen innerhalb der fünfjährigen Gewährleistung auf, so galt das bisher nach deutscher Rechtssprechung als Mangel, der zu beseitigen ist. Die Industrie bietet dazu dann nach Entfernen der Mikroorganismen (MO) giftige Grundierungen und giftige Anstrichsysteme an. Da Gifte, vornehm auch Biozide genannt, an bewitterten Fassaden ausgewaschen werden, kommt es dann wieder zu einem Befall. Somit ist also eine Sanierung mit giftigen (bioziden) Anstrichsystemen nicht dauerhaft. Ich meine, dass dies kein seriöses Verhalten ist, auch wenn die überwiegende Mehrzahl der Hersteller-Firmen zumeist diesen Weg geht.

Richtig ist, dass wir noch nicht ausreichend sichere Gegenstrategien entwickelt haben. Doch wir wissen mehr, als viele glauben.

Nachdem Algen und Pilze nur auf dauerfeuchten Oberflächen wachsen, müssen wir uns Gedanken darüber machen, wie Oberflächen trocken bleiben oder nach Beregnung und Betauung schnell wieder trocken werden.

Dies erfordert Oberflächenbeschichtungen = Armierungsmörtel + Oberputz + Anstriche, die weniger Wasser aufnehmen als sie in der gleichen Zeit abgeben können.

Deshalb gilt die Forderung:

Austrocknung > Wasseraufnahme.

Bei Anstrichen und dünnsschichtigen Oberputzen gilt dann

v-Wert > w-Wert.

Nachdem zur Zeit laut EN 1062 [2], der Bereich der niedrigen Wasseraufnahme bei einem w-Wert von ca. $0,05\text{--}0,10 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$, d.h. bei ca. $245\text{--}490 \text{ g Wasser in 24 h}$ liegt, muss die Austrocknung auch bei tieferen Temperaturen entsprechend hoch sein. Dies bedeutet aber, dass die v-Werte (Verdunstungsrate) auch

bei ca. 3°C noch $> 490 \text{ g/m}^2\text{d}$ sein müssen.

Dazu sind Messwerte nach EN 1062, die bei 23°C ermittelt werden, von $> 2000 \text{ g/m}^2\text{d}$ notwendig. In s_d -Werten ausgedrückt, muss der

s_d -Wert eines Anstriches $< 0,01 \text{ m}$ sein.

Dies sollte man im LV festhalten und damit zu erkennen geben, dass man sich zum Thema Mikroorganismenbefall Gedanken gemacht hat und es sollte in Leistungsverzeichnissen von Anstrichen auf WDVS grundsätzlich schon einmal genannt werden. Da aber die Schichtungen unter solchen Anstrichen über ein großes Wasserrückhaltevermögen verfügen können, wie z.B. Kunstharzputze, muss man folgern, dass eine Sanierung von MO-Befall an WDVS-Fassaden anstrichtechnisch nur mit solchen Beschichtungen **nicht** gelingen wird. Hinzu kommt, dass besonders Beschichtungen mit ausgeprägtem Ab-

perleffekt, wie z.B. Anstriche mit dem sog. Lotuseffekt (Mikrostrukturfarben), sich als besonders anfällig für Mikroorganismen erwiesen haben, weil sie bei Regen bzw. Tauwasser länger feucht bleiben als andere Systeme wie insbesondere hydrophile Beschichtungen (Silikatfarben). Einige Hersteller erzählen genau das Gegenteil (!), was aber nachgewiesenermaßen falsch ist.

Bild 1:
Schlagregen
[Quelle: Künzel
IBP Holzkirchen]

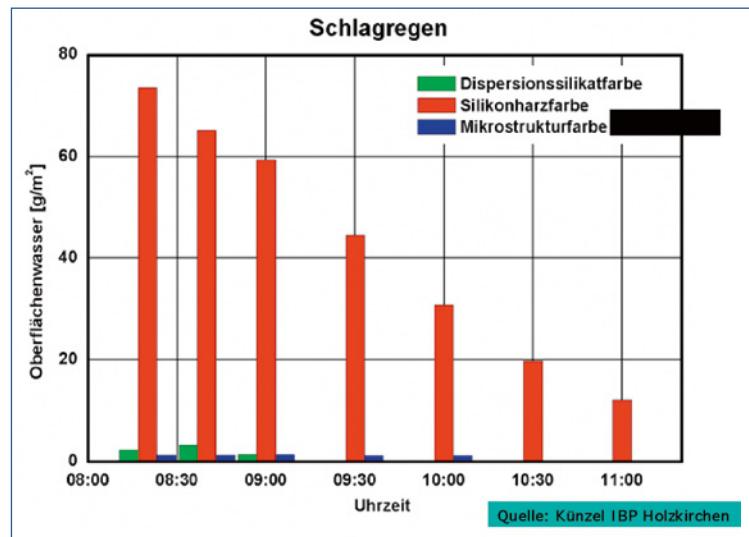
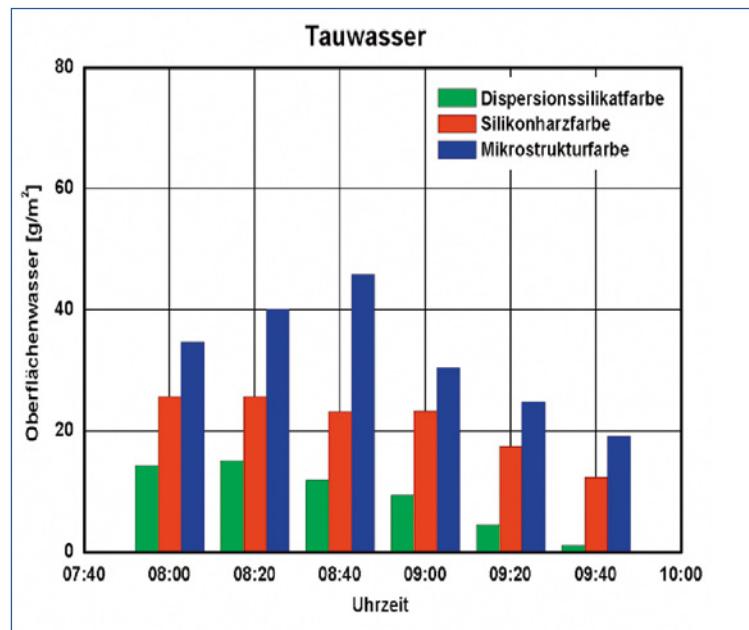


Bild 2:
Trocknung der
Oberflächen-
feuchte nach
Tauwasser [Quelle:
Künzel IBP
Holzkirchen]



Will man dauerhaft den Algen- und Pilzbefall verhindern, muss man eine zusätzliche Schicht mit eigenem Feuchtehaushalt auf die Fassade bringen. Dazu müssen nach bisherigen Forschungsergebnissen dicke hochporöse mineralische Mörtelsysteme (ggf. mit Gewebe) aufgebracht werden, weil nur diese bei Beregnung schnell genug abtrocknen bzw. bei Tauwasser dieses teilweise im Poresystem absorbieren, so dass die Oberfläche schnell wieder trocken ist.

4 Sanier-Systeme

4.1 Retec

Da hiermit meist die zulässigen Flächengewichte überschritten werden, muss man anders vorgehen. Als eines der ersten Systeme, das sich damit grundsätzlich beschäftigt hat, ist hier das Retec-System zu nennen:

Prinzip:

Da zusätzliche Gewichte sicher abzutragen sind, muss eine zusätzliche Verdübelung mit rechenbaren Schraub-Dübeln durchgeführt werden, die durch das Gewebe des neuen zusätzlichen Armierungsmörtels durchzuführen ist.

Zusätzlich wird bei diesem Verfahren die alte Oberfläche geschlitzt, um Tauwasser schneller ausdunsten zu lassen und um eine bessere Verkrallung des neuen Armierungsmörtels zu ermöglichen. Dieses System kann mit zusätzlicher Dämmung kombiniert werden.

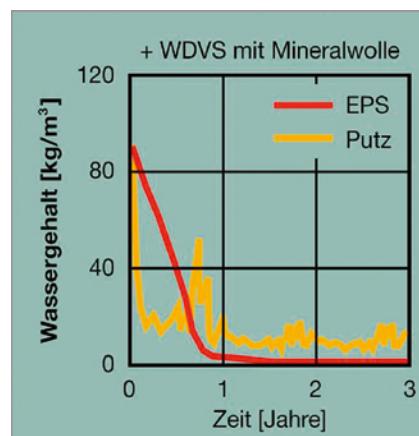
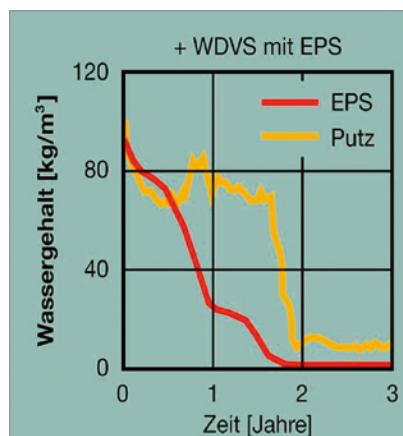


Bild 3 (links):
Austrocknungsverhalten bei zusätzlicher Wärmedämmung mit EPS [Quelle:
St. Gobain – Weber + Broutin]

Bild 4 (rechts):
Austrocknungsverhalten bei zusätzlicher Wärmedämmung mit Mineralwolle [Quelle: St. Gobain – Weber + Broutin]

Klar, dass durch die zusätzliche MW-Dämmung die Feuchtigkeit schneller ausdiffundieren kann als bei EPS-Platten.

4.2 Aquapuravision

Einen vergleichbaren Weg geht bei neuen WDV-Systemen die Initiative **»Aqua Pura Vision«**. Diese Initiative ergab sich aus den Ergebnissen der EAWAG-Untersuchungen, die alle Biozide in Gewässern der Schweiz auch nach Kläranlagen nachgewiesen haben. Dies bedeutet, dass Biozide in Kläranlagen **nicht** abgebaut werden, wie die Industrie gerne behauptet. Bei ca. 5000 t Biozideinsatz pro Jahr in Deutschland tickt hier eine ökologische Zeitbombe. In der Schweiz haben diese in die Umwelt verschleppten Biozide aus Pflanzenschutzmitteln und Fassaden den Fischbestand in den letzten 20 Jahren um ca. 60 % reduziert!

Tabelle 1:
Biozide im
gereinigten
Abwasser von
ARAs und
Regenüberlauf

[Quelle: Gerecke et al.]

	Anzahl Unter- suchungen	Diuron (ng/L)	Carbendazim (ng/L)	Permethrin (ng/L)
8 ARAs im Kanton Zürich: gereinigtes Abwasser	~800	12 14–970		
ARA Mittleres Emmental: gereinigtes Abwasser	7		460 50–980	18 12–32
ARA Chevilly: gereinigtes Abwasser	7		9 4–11	2 1–5
ARA Uster: Regen Überlauf	3	60 40–80		

Bei Aqua Pura Vision werden ebenfalls dickschichtige Systeme, allerdings bewusst ohne hydrophobierung und ohne Biozidausrüstung eingesetzt. Diese Initiative ist auf fünf Jahre angelegt, um zu belegen, ob die Erkenntnisse des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik richtig sind, dass nur poröse Systeme mit hydrophilen Oberflächen das Tauwasserproblem von WDVS beherrschen können.

Das an der Oberfläche von WDV-Systemen unvermeidliche Tauwasser wird durch hydrophile Oberflächen in den porösen Untergrund abgesaugt und steht damit den Algen und Pilzen nicht mehr zur Verfügung.

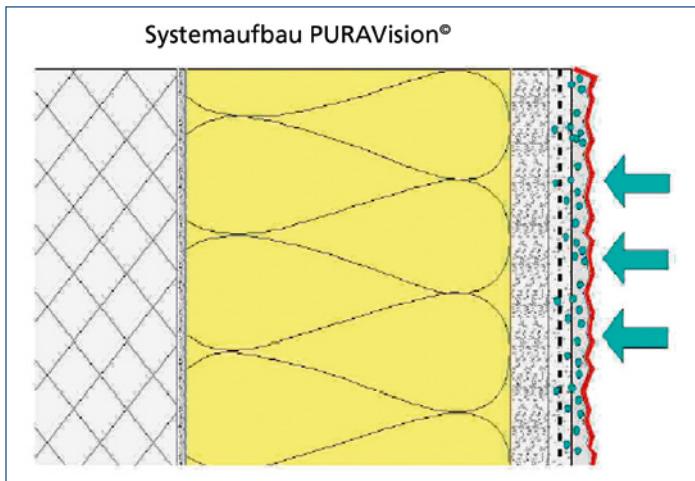


Bild 5:
Verminderte
Oberflächen-
feuchte durch
hydrophile
Beschichtung
[Quelle: Aqua
PURAVision®]

Zusammenfassung

Die Sanierung von WDV-Systemen aufgrund falscher Verarbeitung ist dann einfach, wenn durch Voruntersuchungen die Ursachen festgestellt wurden und mit der Sanierung beseitigt werden.

Die dauerhafte Sanierung von mit Algen und Pilzen befallenen WDV-Systemen mit biozid ausgerüsteten Anstrichsystemen gelingt zumeist nicht dauerhaft und belastet in erheblichem Maße die Umwelt. Nach Erkenntnissen des Fraunhofer IPB Holzkirchen können stark hydrophobe Beschichtungen nicht ohne Biozide auskommen, dagegen haben poröse und hydrophile Systeme hier Vorteile, um ohne Biozidausrüstungen den Befall zu verhindern bzw. drastisch zu reduzieren. Dazu liegen inzwischen positive Praxiserfahrungen nach über vier Jahren vor.

Eine Sekundarkontamination ist nur mit einwandfreiem konstruktiven Feuchteschutz, wie z. B. ausreichendem Dachüberstand erreichbar. Dieser muss – wenn nicht vorhanden – nachgerüstet werden. Hier sind die Planer gefordert, sich wieder besser um den konstruktiven Regenschutz zu kümmern, d. h. die notwendigen Details zu planen. Werden nämlich Algen und Pilze von horizontalen Flächen auf die Fassade verfrachtet, hilft gar nichts mehr; die Mikroorganismen werden sich festsetzen und ausbreiten.

Literatur

- [1] DIN 18195-4, August 2000. Bauwerksabdichtungen – Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung.
- [2] DIN EN 1062, April 2008, Beschichtungsstoffe – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für mineralische Substrate und Beton im Außenbereich – Teil 3: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Herausgeber)

Alte Putztechniken Sanierung von und mit Kalkmörtel

Warum alte Putztechniken in der Altbausanierung anwenden?

- Untergrundbeurteilung
- Untergrundvorbehandlung
- Putzaufbau
- Aktuelle Schadensfälle.

Anmerkung: Sockelputze sind ein separates Thema, diese werden hier ausgeklammert. Was für die Fassadenputze gilt, kann grundsätzlich auch im Innenbereich angewendet werden!

1 Einführung: Warum alte Putztechniken in der Altbausanierung anwenden?

1.1 Bevorzugung alter Putztechniken in der Altbausanierung

Für den Altbau ist aus architektonischen, ästhetischen und technisch-bauphysikalischen Gründen die Harmonisierung zwischen dem Alter, der Bauweise und den Baustoffen für Wände, Decken und Bauausstattungen mit den Oberflächenbeschichtungen sehr wichtig. Die unkritische Einbeziehung der Oberflächenbeschichtungen in die Modernisierung von Altbauten im Zuge von Sanierung oder Instandsetzung durch Anwendung moderner Beschichtungstechniken widerspricht häufig der Architektur des Gebäudes und auch den für die Funktionstüchtigkeit wichtigen bauphysikalischen Eigenschaften der

Wände, z.B. in Bezug auf Festigkeit und Diffusionsvermögen. Nicht selten resultieren daraus Bauschäden.

1.2 Trend zum ökologischen Bauen und Beschichten

Auch wenn es manchmal schwer fällt diesen Trend zu akzeptieren, so kann seine Notwendigkeit weder geleugnet noch aufgehalten werden. Bezogen auf die alten Putztechniken mit Kalkmörtel ist zu betonen, dass dafür hauptsächlich Naturbaustoffe eingesetzt werden, die global gesehen in unerschöpflichem Umfang vorhanden sind.

1.3 Rückbesinnung auf die Solidität handwerklicher Gestaltungsarbeiten

Dies bezieht sich sowohl auf die ästhetische Wirkung als auch auf die handwerklich technische Ausführung. Die Schönheit fachgerecht ausgeführter, herkömmlicher Beschichtungen beruht auf der einheitlichen Wirkung von Farben und eingesetzten Materialien sowie der durch die Hand und das Werkzeug des Verarbeiters hervorgebrachten Strukturen. Auch die solide technische Qualität derartiger Verputzarbeiten ist auf die Kenntnisse und Fertigkeiten des ausführenden Handwerkers zurückzuführen. Aus diesen Gründen und weil sie auch einen gestalterischen Kontrast zu modernen Beschichtungen bilden, sind herkömmliche Putztechniken durchaus beliebt.

Bild 1:
»Turmhaus«
Malans, Graubünden,
Ansicht der
fertigen Sumpf-
kalk-Restaurierung
inkl. Sgraffito



1.4 Allgemeine und spezifische Funktion von Beschichtungen

Allgemeine für alle Beschichtungen zutreffende Funktionen:

- Schutz gegen äußere Einflüsse
- Struktur und Farbgebung
- Bauhygiene und -pflege.

Spezifische Funktion alter Putztechniken:

- Erhaltung und Rekonstruktion der herkömmlichen Oberfläche
- ästhetische Bereicherung
- ökologisch fundierte Beschichtung
- Harmonisierung zwischen Bauwerk und Beschichtungstechnik.

2 Untergrundbeurteilung

Aufgrund meiner langjährigen Erfahrungen empfehle ich bezüglich alter Kalkputze die nachstehenden Vorgehensweisen:

- Auch vermeintlich weiche Kalk-Altputze können zur Aufnahme von neuen Kalkputzen noch absolut genügend tragfähig sein.
- Als Faustregel gilt: im Zweifelsfalle eine Putzprobe entnehmen, 5 min. in einen Wasserkessel eintauchen, herausnehmen und in der Handfläche diese Putzprobe mit dem Daumen zu Zerreissen versuchen. Gelingt dies mit geringem Kraftaufwand nicht, so ist für mich der Putz genügend fest, dass er mit geeigneten Untergrund-Vorbehandlungen wieder aktiviert und verfestigt werden kann. Andernfalls ist keine Verfestigung mehr möglich und ein Ersatz des Verputzes unablässig.
- Hohlstellen müssen nicht immer mit Putzschäden gleichgesetzt werden; manchmal werden Holzriegel oder andere Fremdbauteile im Untergrund mit Putzträgern überbrückt, die den Putz hohl liegen lassen, aber keinerlei qualitative Nachteile aufweisen.
- Ausgewiesene Hohlstellen bis zur max. Grösse von A4-Format können belassen werden, sofern keine Rissbildungen sichtbar sind und die Putzschicht beim darauf Klopfen nicht nachfedert.
- Schadhafte Putzpartien, die entfernt werden müssen, sollen mechanisch und erschütterungsfrei, am besten von Hand mit gut geschärften Werkzeugen, so entfernt werden, dass die bestehenden Putz-Anschlussränder scharf rechtwinklig oder sogar schwabenschwanzförmig nachbearbeitet und auch mit Kalkwasser verfestigt werden.

3 Untergrundvorbehandlung

Es ist von Vorteil und häufig sogar erforderlich, dass zwischen dem Untergrund und dem Putz eine stoffliche und in den wichtigsten physikalischen Eigenschaften – wie Festigkeit und Feuchtigkeitsdurchlässigkeit – Übereinstimmung besteht.

- Beseitigung konstruktiver Mängel, die in absehbarer Zeit wieder zu Putzmängeln führen können.

Bild 2:

Frostschaden an einer Turmzinne wegen einer schadhaften Abdeckung



Bild 3:

Kalkanwurf als Kontaktschicht auf Traufgesimse-Untersicht mit Einsatz von Stucanet als Putzträger über Holzwerk





Bild 4:
Das Aufrauen von
glatten Kalk-
schichten, damit
ein mechanischer
Verbund zum
nachfolgenden
Anwurf möglich
wird



Bild 5:
Behutsames
Waschen der
vorbereiteten
Untergründe zur
Aufnahme des
Kalkanwurfs



Bild 6:
Nicht tragfähige
Schichten
sorgfältig mecha-
nisch erschütte-
rungsfrei entfer-
nen

Bild 7:
Tragfähigen
Kalkputz mit
neuem Calcium-
hydroxid (Kalksin-
ter- oder Kalk-
casein-Wasser)
durch mehrmaliges
Tränken
nähren und
verfestigen



4 Putzaufbau

Für mich hat sich auf alte, gereinigte Kalkputze das nachstehende Vorgehen bezüglich eines neuen Putzaufbaus in der Praxis innen und außen sehr bewährt:

1. Untergrundverfestigung oder neue Nährung durch ein- oder mehrmaliges Tränken des Altplatzes mit Kalk-Sinterwasser oder Kalkcasein-Wasser (eine Rebspritze ist ein ideales Hilfsgerät)
2. Kontaktsschicht herstellen mittels warzenförmigem, ca. 30–50 % deckendem Spritzbewurf, Ausführung am besten mit dem Wormser-Spritzgerät, Bindemittelbasis natürlicher hydraulischer Kalk (NHL 5), evtl. mit Zusatz von Kalkcasein, Zuschlagsstoff scharfer, gewaschener Sand 0–4 mm. Vor direkter Sonneneinstrahlung schützen und längere Zeit schwach feucht halten.
3. Ausgleichsputz auf den vorgängig mehrmals gut vorgenässtten Untergrund, Bindemittelbasis natürlicher hydraulischer Kalk (z. B. NHL 2 oder 5) und Sumpfkalk, gewaschener Sand der Körnung 0–2 mm, ca. 6–10 mm dick aufgetragen, vor direkter Sonneneinstrahlung schützen und längere Zeit schwach feucht halten. Allfällige Sinterhaut rechtzeitig aufrauen und abbürsten (Vorsicht Rostbildung durch Stahlbürste!).
4. Deckputz (Oberputz) neu erstellen auf der gleichen Bindemittelbasis, etwas weicher rezeptiert, aber es sind zwingend die gleichen Baustellenbedingungen wie für die Kontaktsschicht und den Ausgleichsputz zu schaffen.



Bild 8:
Applikation der
Kalkschlämme als
horizontal
gebürsteten
Deckputz

5. Deckbeschichtung »al fresco« auf Kalkbasis; sobald die Deckputzschicht pinselfest erhärtet ist, soll unbedingt der Kalkmilch-Auftrag sehr dünn (Wasser:Kalk = 4:1) »frisch in frisch« erfolgen. Nachfolgend sind noch 2–3 weitere Anstriche mit der Bürste in der Verdünnung 3:1 erforderlich, wobei je nach Austrocknung eine vorgängige Benässung notwendig wird, damit dem Kalk das Wasser nicht allzu schnell entzogen wird. Bewährt haben sich in diesem Zusammenhang auch Kalkschlämme, die durch den dickeren Materialauftrag und den Zuschlagsstoff ein höheres Wasserrückhaltevermögen und einen höheren Deckgrad aufweisen.

5 Schadensfälle

Es stellen sich in der Praxis immer häufiger Schadensfälle ein, die darauf zurückzuführen sind, dass Kalkputz-Aufbauten mit modernen mineralischen Ausgleichs- und Zwischenschichten wie Riss-Sanierungsputze appliziert werden, die zumeist hydrophob ausgerüstet sind oder generell ein nur ganz geringes Wasseraufnahmevermögen aufweisen. Werden auf diese Ausgleichsschichten nun Deckputze und Anstriche auf Kalkbasis appliziert, ist der Schaden grundsätzlich vorprogrammiert. Dies möchte ich kurz anhand eines bearbeiteten, beispielhaften, aber anonymisierten Schadensfalles kurz aufzeigen.

4.1 Auszug aus dem Untersuchungsbericht, Schadensanalyse über diesen schadhaften Fassadenverputz

4.1.1 Verputz- und Anstrichanalysen aufgrund von Recherchen und Freilegungsfenstern Probe 4 (die Probenentnahme erfolgte am 6. Oktober 2006)

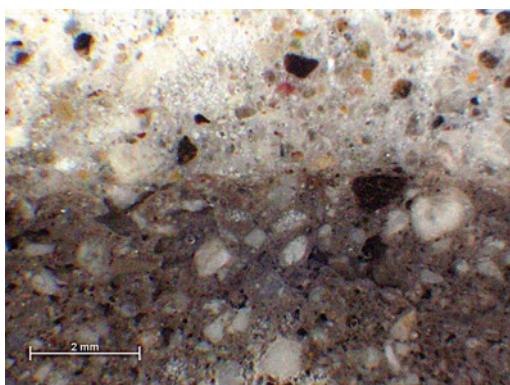
Bild 9:
Freilegungsfenster
an Südseite
Eingangshöhe
[Quelle: BWS
Labor, Winterthur]



Bild 10:
Verputzaufbau mit
altem Grundputz/
neuem, schicht-
starkem Grund-
putz/Ausgleichs-
putz/Deckputz
und Anstrich
[Quelle: BWS
Labor, Winterthur]



Bild 11:
alter Grund-
putz/neuer
Grundputz (hell)
[Quelle: BWS
Labor, Winterthur]



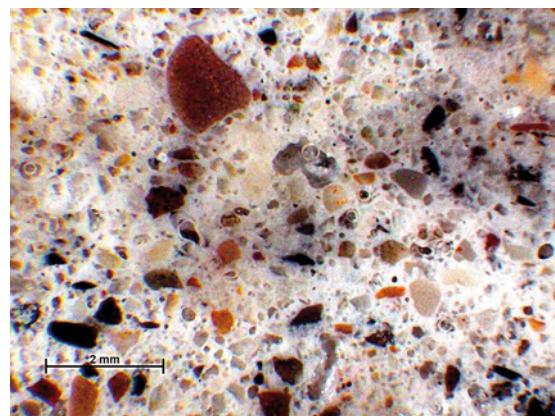


Bild 12:
neuer Grundputz
[Quelle: BWS
Labor, Winterthur]

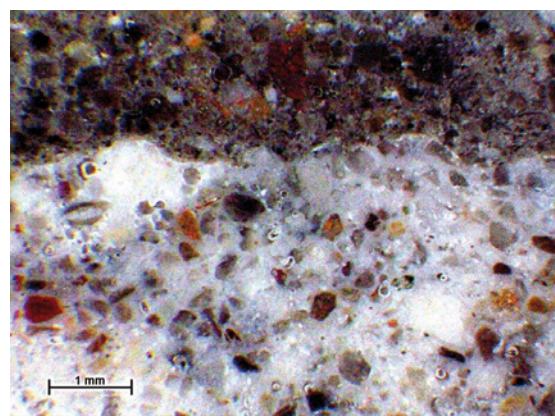
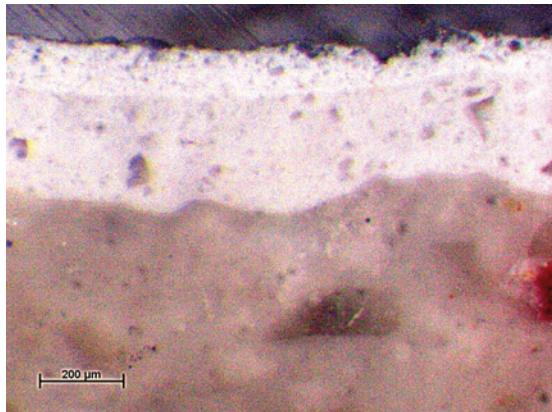


Bild 13:
neuer Grund-
putz/Ausgleichs-
putz [Quelle: BWS
Labor, Winterthur]



Bild 14:
Deckputz mit
Farbfassung
[Quelle: BWS
Labor, Winterthur]

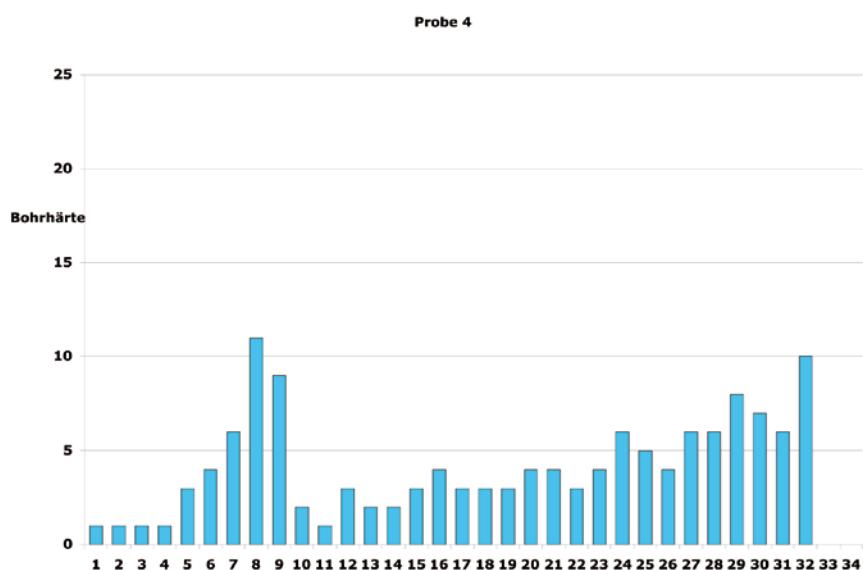
Bild 15:
Deckputz mit zwei
Farbfassun-
gen [Quelle: BWS
Labor, Winterthur]



Erster Anstrich: Silikatfarbe.

Darauf folgte im Sommer 1999 in kooperativer Zusammenarbeit aller Beteiligten und Kostenaufteilung eine Garantiearbeit mit Hydrophobieren und einmaligem Organosilikatanstrich an den Fassadenseiten Süd und West.

Bild 16:
Diagramm zeigt
den Härteverlauf
der Verputzschich-
ten im Tiefenver-
lauf in Millimetern
an: Im Idealfall
sollte es eine
homogen
abfallende, flache
Kurve sein!



4.1.2 Bohrhärteprüfung bei Probe 4

Das Diagramm zeigt den Härteverlauf der Verputzschichten im Tiefenverlauf in Millimetern an:

- weiche Deckputzschicht 4 mm
- härterer Ausgleichsputz 5 mm
- weicher, neuer Grundputz +/- 16 mm härterer, alter Grundputz.

Die Bindemittelanalysen der Verputze haben folgende Resultate ergeben:

Grundputz alt:

Farbe: grau

Härte: hart

Sieblinie: 0–5 mm

Schichtstärke: variiert

zementös gebunden.

Grundputz neu:

Farbe: beige

Härte: weich

Sieblinie: 0–1,5 mm

Schichtstärke: +/-16 mm

Kalkputz mit hydraulischem Kalk (Werk trockenmörtel).

Ausgleichsputz:

Farbe: grau

Härte: hart mit Kunststofffasern verstärkt

Sieblinie: 0–1 mm

Schichtstärke: +/- 4 mm

Hydraulischer Kalk, Zement (Werk trockenmörtel).

Deckputz neu:

Farbe: beige

Härte: weich

Sieblinie: 0–2 mm

Schichtstärke: +/- 4 mm

Kalkputz mit ganz wenig Zement (Werk trockenmörtel).

4.1.3 Wasseraufnahmefähigkeitsprüfungen

Bild 17:
Test am Bau mit
Karstenschem
Röhrchen



Resultate:

Grundputz alt: $2.33 \text{ l/m}^2/\text{h}$

Grundputz neu: $2.50 \text{ l/m}^2/\text{h}$

Ausgleichsputz: $0.33 \text{ l/m}^2/\text{h}$

Deckputz ohne Anstrich: $4.83 \text{ l/m}^2/\text{h}$

Deckputz mit Anstrich: $2.66 \text{ l/m}^2/\text{h}$.

Die Wasseraufnahmeprüfungen wurden nach Karsten durchgeführt.

Das Verputzsystem nimmt unterschiedlich Wasser auf. Als Barrieren für ein rasches Austrocknen wirken vor allem der Ausgleichsputz und die partielle Hydrophobierung der Oberfläche. Zudem sind die Schichtdicke des Deckputzes und das differente Wasseraufnahmepotenzial nicht funktionstauglich.

Die Feuchtigkeitsmessungen vor Ort wurden mit einem elektronischen Hochfrequenzmessgerät ermittelt.

Bei digital gemessenen Werten von 50–90 handelt es sich bei der Umrechnung für Kalkzementputze um einen Vol. %-Anteil Wasser von 3–6 % bis in eine Tiefe von ca. 40 mm. Um den tatsächlichen Wassergehalt des Verputzaufbaus, GP und DP zu erheben, haben wir für zwei repräsentative Proben die Darr-Methode angewendet. Bei der Darr-Methode wird die entnommene Baustoffprobe gewogen und bei 105°C bis zur Gewichtskontanz getrocknet.

Materialproben: Deckputz, Ausgleichsputz und Grundputz:

Probe	Einwaage	Auswaage	Wasser (g)	Vol. %
4	177,73	172,93	4,8	2,82

4.1.4 Salzanalyse

Die gemessenen Salzkontaminationen sind nicht schadenrelevant, und so gehe ich aus Platzgründen nicht mehr näher darauf ein.

4.1.5 Problematik



Bild 18:
Aus kleineren, kreisförmigen Abplatzungen nebeneinander entwickeln sich große Flecken, Algenbildung an der Südfassade

Die sichtbaren Deckputzschäden beschränken sich auf die stark wetterexponierte West- und Südseite.

Unsere Untersuchungen konzentrieren sich auf diese zwei Fassadenflächen.

- Der E- Modulverlauf, wie aus den Bohrhärteprüfungen ersichtlich, entspricht nicht den Regeln der Baukunst.
- Die relativ dünne, hydrophile Deckputzschicht mit 2-Komponenten-Anstrich vermag das anfallende Wasser nicht schadenfrei einzulagern.
- Die unterschiedlichen Wasseraufnahmefähigkeiten der verschiedenen Verputzschichten und des Anstriches sind nicht aufeinander abgestimmt.
- Durch die Intervention im November 1999, d.h. Hydrophobieren der Wetterseiten des Turmes, wird die Situation verschärft. Dringt Wasser durch Risse hinter den Anstrich, kann das Wasser wegen der Hydrophobierung nur verlangsamt austrocknen und es kommt zwischen Anstrich und Ausgleichsschicht zu einer Wassereinlagerung.

4.2 Grundsätzliche Überlegungen zu Hydrophobierungen

Der Feuchtetransport im Verputz erfolgt einerseits durch Diffusion von Wasserdampf, andererseits durch Transport von flüssigem Wasser in den Kapillaren. Unterstützt von den kapillaren Saugkräften ist der kapillare Wassertrans-

port um Größenordnungen leistungsfähiger als die reine Wasserdampfdiffusion. Ein nasser Verputz saugt somit, ähnlich wie ein nasser Schwamm, nachfolgendes Wasser besser auf als ein trockener.

4.3 Wirkungen der Hydrophobierung

Um die Benetzung des Verputzes über die bewitterte Oberfläche zu verhindern, wird häufig ein Anstrichsystem empfohlen, das, im Gegensatz zu rein mineralischen Bindemitteln, hydrophob ist. Die Hydrophobierung verringert das Eindringen von Wasser in flüssiger Form, erlaubt aber die Diffusion von Wasserdampf.

Da das Regenwasser aber über Verputzrisse und Gewändeanschlüsse eindringen kann, saugt sich der Verputz an exponierten Stellen von innen voll. Die hydrophobierte Oberfläche hindert nun das Austrocknen des Verputzes. Das flüssige Wasser staut sich in den Kapillaren hinter der Oberfläche, während die dünne Oberflächenschicht trocken bleibt, da sie nur für Wasserdampf durchlässig ist.

Damit behindert die hydrophobierte Oberfläche die Austrocknung erheblich.

Eine Karbonatisierung des Kalkes ist nur zeitverzögert möglich, da wasser gefüllte Poren das Eindringen von CO_2 verringern oder gar verhindern.

4.4 Mechanismus der Eisbildung unter der hydrophobierten Beschichtung

Bei Frost kühlt sich die trockene Oberfläche relativ schnell unter den Gefrierpunkt ab. Dahinter, bei den ersten, mit flüssigem Wasser gefüllten Poren, kommt die Abkühlung vorerst zum Stillstand, weil die Eisbildung sehr viel Kälte konsumiert.

Es bilden sich auf einer Ebene parallel zur Oberfläche zahlreiche Eiskristalle, während die darunterliegende Schicht noch lange in einer Temperatur knapp über dem Gefrierpunkt verharrt. Während dieser Zeit strömt über die Kapillaren Wasser aus dem Untergrund in die Eis bildende Zone nach, wo sich die kleinen Eiskristalle parallel zur Oberfläche ausbreiten und damit die für Frostschäden erforderliche Sprengwirkung erreichen.

- Im harten Winter 2005/2006 ist die Problematik des ungeeigneten Verputz- und Anstrichsystems durch die extremen Verhältnisse mit den Deckputzabplatzungen deutlich ersichtlich geworden. Erste Anzeichen sind jedoch schon viel früher erkannt worden. Im Juli 1999 wurden alle Betei-

ligen vor Ort gerufen. Man versuchte, die Probleme durch Hydrophobierungen in den Griff zu bekommen.

- Im April 2002 hat wiederum eine Besichtigung der Schäden vor Ort mit beteiligten Fachleuten stattgefunden.

5 Schadensursache

Die unterschiedlichen Wasseraufnahmepotenziale der Verputzschichten haben durch ihre Inkompatibilität zu den Verputzabplatzungen geführt.

Die geringe Wasseraufnahme des Rissanierputzes und die markant höhere Wasseraufnahme des Deckputzes haben bereits nach einem Jahr, d. h. 1999, zu Verbundstörungen zwischen Verputz und Anstrichen geführt. In der Folge wurde noch im Jahre 1999 an den zwei heute schadhaften Fassadenseiten eine Hydrophobierung vorgenommen und anschließend eine Organosilikatfarbe einmal appliziert.

Im Frühjahr 2002 wurden erneut Schäden beanstandet, und vor Ort mit Architekt, Maler und Farblieferant besprochen. Es wurden in der Folge keine Maßnahmen ergriffen, da die Empfehlungen des Architekten, die Fassaden mit einem hydrophobierenden Anstrich zu versehen, bereits 1999 ausgeführt worden waren. Die Hydrophobierung des Deckputzes hat zu einer verringerten Wasseraufnahme im vorderen Deckputzbereich geführt. Im hinteren Deckputzbereich dagegen verbleibt eine hydrophile Verputzschicht, die Wasser einlagert, das durch den dichten Ausgleichsputz kapillar nicht in den Untergrund penetrieren kann.

In der Folge ergab sich die Situation, dass der Ausgleichsputz hydrophob, die unteren Schichten des Deckputzes hydrophil, die obere Schicht des Deckputzes und der Anstrich hydrophob eingestellt waren.

Dieser Umstand führte zwangsläufig bei Durchnässung durch feine Risse in den unteren Schichten des Deckputzes zu Frostschäden und damit zu großflächigen Verputzabplatzungen. Die Schäden beschränken sich auf die beiden erwähnten Fassadenseiten.

Man kann auf natürliche Art mit Kalkputzen Altbausanierungen in vielfacher Hinsicht technisch und ästhetisch erfolgreich gestalten. Dazu muss man sich immer wieder die Funktionsweise des Putzaufbaus als Ganzes bauphysikalisch vor Augen halten.

»Bauen ist der anhaltende Kampf gegen die Erosion«

Horst Gamerith, Architekt und Baumeister, Graz

Dürfen alte Bauwerke feucht bleiben?

1 Einleitung

Historische Bauwerke verfügen, dem Stand ihrer Entstehungszeit entsprechend, im Normalfall über keine besonderen Horizontal- oder Vertikalabdichtungen. Trotzdem haben sie, wie Neuwirth [1] zu Recht anführt, in den meisten Fällen lange Zeit weitgehend schadensfrei bestanden, solange ihre ursprüngliche Nutzungsbestimmung nicht geändert wurde. Später auftretende Schäden sind häufig das Ergebnis unangemessener Nutzung, des Außerachtlassens einfacher bauphysikalischer Grundsätze bzw. der Verwendung nicht verträglicher Baustoffe. Die Beantwortung der im Titel gestellten Frage kann daher nur im Kontext mit dem an das Objekt gestellten Nutzungsanspruch und der Bewertung der »Zulässigkeit« dieses Nutzungsanspruches versucht werden.

In Bezug auf die am Bauwerk feststellbare Feuchtebelastung wird historischen Gebäuden oft mit einem unangemessenen Anspruchsdenken begegnet, das sich aus den Anforderungen, die an Neubauten zu stellen sind, ableitet. Die Definition des Begriffes »feucht« im Zusammenhang mit historischen Gebäuden verlangt aber eine besondere Wertung.

Es muss in Abstimmung mit der historisch-ästhetischen Wertung des Objekts, der Bewertung des Materialinventars und dem Nutzungsanspruch festgelegt werden, ob die festgestellte Feuchtebelastung akzeptabel ist oder nicht.

Auch zeigt die praktische Erfahrung, dass in der Mehrzahl der Fälle im Bereich der Bauwerkerhaltung »Feuchte« reflexartig mit dem Begriff »kapillar aufsteigende Feuchte« gleichgesetzt wird. Aus diesem Umstand hat sich inzwischen eine boomende Trockenlegungsbranche entwickelt, deren Exponenten jeweils die einzige, dafür umfassend wirksame Methode zur

»Trockenlegung« von Gebäuden anbietet. Diese Sicht wird jedoch nur selten den tatsächlichen Verhältnissen an alten Bauwerken gerecht.

2 Arten der Feuchtebelastung am Bauwerk

Nach ihrer Ursache können grundsätzlich verschiedene Arten der Feuchtebelastung an Bauwerken unterschieden werden:

- aus dem Untergrund in das Bauwerk eindringende Feuchte
- Feuchteintrag durch Spritzwasser in der Sockelzone
- Feuchteintrag durch Niederschläge an der Fassade
- Feuchteintrag durch schadhafte Bereiche am Bauwerk
- Kondensatfeuchte
- hygrokopische Feuchte.

2.1 Transportmechanismen

Hinsichtlich der relevanten Transportmechanismen der Feuchte für die vorliegende Fragestellung sind anzuführen:

- Kapillartransport
- Diffusion
- Sorption.

2.1.1 Kapillarer Feuchtetransport

Der Kapillartransport ist in der Praxis jener Transportmechanismus, der in den meisten Fällen den größten Anteil am Feuchteintrag bzw. der Feuchteverteilung in Baustoffen hat. Dabei darf dieser Mechanismus nicht nur, wie häufig vorkommend, mit der kapillaren Wasseraufnahme aus dem Baugrund in Verbindung gebracht werden. Ebenso ist die kapillare Verteilung von Feuchtigkeit wichtig, die durch andere Ursachen an- oder in das Bauwerk eingetragen wird (z. B. Niederschlagsereignisse, undichte Dächer, Kondensatfeuchte, u. a.).

Beschrieben wird die Eigenschaft von Baustoffen Wasser kapillar aufnehmen zu können durch den so genannten w-Wert (kapillarer Wasseraufnahmekoeffizient), der sich aus dem linearen Anstieg des ersten Kurventeils in einem Diagramm ableiten lässt (Bild 1). In diesem sind die Werte der kapillaren Wasseraufnahme (kg/m^2) in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Saugzeit eingetragen, nach der Formel:

$$WA = w \cdot \sqrt{t}$$

Der w-Wert ist eine materialspezifische Kenngröße und wird im Normalfall durch Saugversuche im Labor bestimmt. Es ist allerdings auch möglich, ihn mit ausreichend guter Näherung am Bauwerk mittels des so genannten Karsten'schen Röhrchens zu bestimmen (Bild 2).

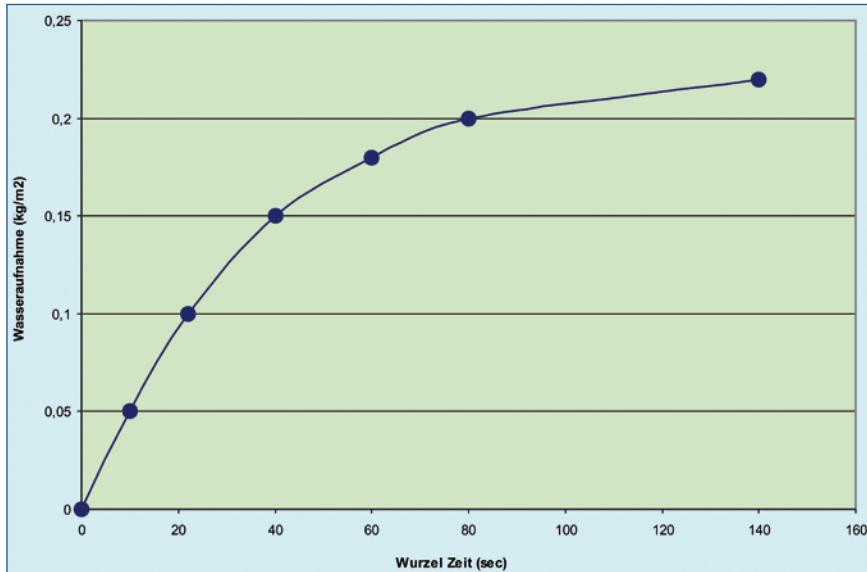


Bild 1:
Beispiel für die
Bestimmung der
kapillaren Was-
seraufnahme im
Labor



Bild 2:
Bestimmung
der Wasserauf-
nahme eines
Putzes an der
Fassade mittels
Karsten'schem
Röhrchen

Gerade die Untersuchung am Objekt ist bei alten Bauten von besonderer Bedeutung, da eine Entnahme von Putzproben in ausreichender Menge bzw. Größe für Laboruntersuchung in vielen Fällen nicht möglich ist.

2.1.2 Diffusiver Feuchtetransport

Der zweite, unter baupraktischen Gesichtspunkten wichtige Transportmechanismus ist die Diffusion, also jene Transportvorgänge, für welche ein Konzentrationsgefälle die treibende Kraft ist, ohne dass ein Gesamtdruckgefälle zu Strömungsvorgängen führt. Die Gasdiffusion durch poröse Festkörper wird durch den effektiven Diffusionskoeffizienten beschrieben, der durch Reduktion des Diffusionskoeffizienten für Luft durch einen Minderungsfaktor erhalten wird, da in porösen Festkörpern nur ein beschränkter Querschnitt einer Einheitsfläche, nämlich der effektive Porenraum, für den Transport zur Verfügung steht. Dieser Minderungsfaktor wird gemeinhin als μ -Wert (Diffusionswiderstandszahl) bezeichnet.

2.1.3 Feuchteaufnahme durch Sorption

Neben dem Eintrag von Feuchte aus dem Objektumfeld in das Gebäude, sei es aus dem Untergrund, sei es infolge von Niederschlägen, leisten die sorptiv und die hygroskopisch bedingten Feuchtebelastungen sehr wichtige, meist aber unterschätzte, Beiträge zum Gesamtfeuchtepotenzial eines Bauwerks.

Grundsätzlich verfügt jeder Baustoff über eine, materialspezifisch unterschiedliche, sorptive Feuchteaufnahme, die durch die stoffspezifischen Eigenheiten des Materials einerseits sowie durch Luftfeuchte andererseits geregelt wird.

Jedes Material wird bei ausreichend langer Expositionszeit bei einer konstanten relativen Luftfeuchte und Temperatur eine so genannte Gleichgewichtsfeuchte annehmen (auch als Ausgleichsfeuchte bezeichnet). Laut ÖNORM 3355-1 [5] wird die Ausgleichsfeuchte bei einem konstanten Klima von 20 °C und 85 % relativer Luftfeuchte bestimmt. Aussagekräftiger, allerdings analytisch wesentlich aufwändiger, ist die Bestimmung der Sorptionsisotherme (= Feuchtegehaltskurve bei konstanter Temperatur) durch Bestimmung der Gleichgewichtszustände des Materials bei verschiedenen Luftfeuchten.

Bezüglich der Sorptionsfeuchte ist anzumerken, dass Baustoffe mit sehr vielen kleinen Poren (Mikro- und Gelporen) eine höhere Sorptionsfeuchtigkeit besitzen als Baustoffe mit überwiegend größeren Poren (siehe dazu Bild 3).

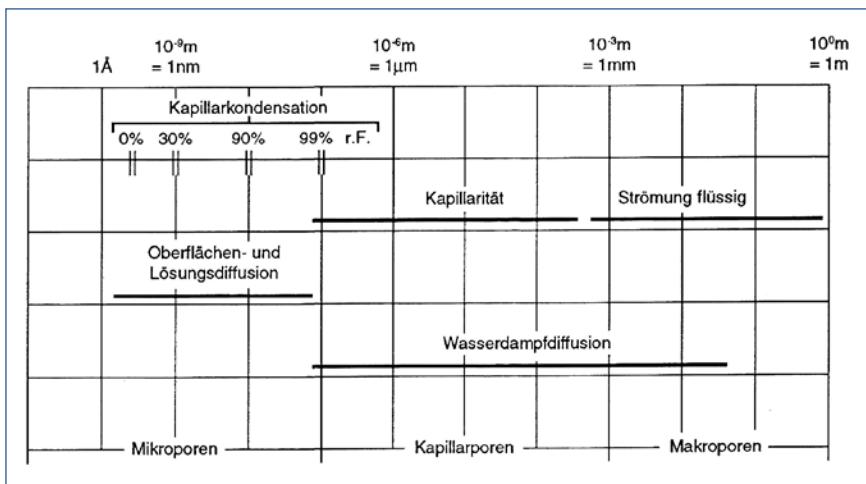


Bild 3:
Zusammenhang zwischen Porengrößen und Feuchtetransportmechanismen (aus Poschlod [7])

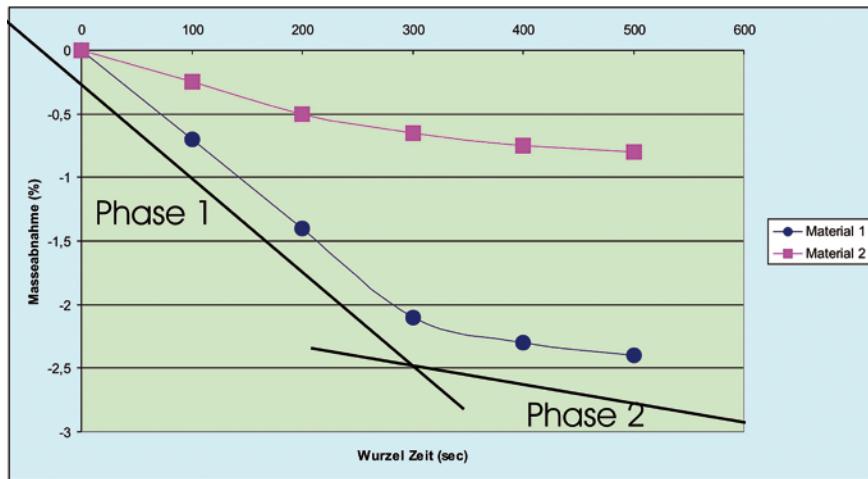
Dies hängt damit zusammen, dass sich Mikroporen von Baustoffen bereits bei relativen Luftfeuchtigkeiten deutlich unter 100 % mit Wasser füllen. In diesen Mikroporen (mit Durchmessern kleiner 10^{-7} m) kommt es aufgrund des geringen Durchmessers zur Erniedrigung des Sättigungsdampfdruckes in der Pore und somit zur Kondensation (= Kapillarkondensation).

Für die Praxis bedeutet dies, dass bei bauwerksdiagnostischen Untersuchungen auch zu bedenken ist, ob der an einer Probe festgestellte Feuchtwert gegebenenfalls der Ausgleichsfeuchte des Materials bei der zum Zeitpunkt der Probenahme gegebenen Temperatur und relativen Luftfeuchte entspricht. Ist dies der Fall, so liegt kein erhöhter Feuchtwert vor. Außerdem muss klar sein, dass »Trockenlegungsmaßnahmen« maximal eine Reduktion der Materialfeuchte bis auf das Niveau der Ausgleichsfeuchte zur Folge haben können. Bezuglich Feuchteaufnahme- und Transportmechanismen sei auch auf Weber [6] verwiesen.

2.2 Trocknung

Beide Transportprozesse, Kapillartransport wie Diffusion, spielen auch bei der Trocknung poröser Baustoffe eine entscheidende Rolle. Die Trocknung derartiger Stoffe kann grundsätzlich in zwei Schritte unterteilt werden (Bild 4). In der Phase 1 erfolgt die Trocknung an der Oberfläche des Materials mit ausreichend kapillarem Feuchtenachschub aus dem Materialinneren.

Bild 4:
Im Labor
bestimmte Trock-
nungskurven



Ab einem bestimmten Feuchtegehalt ist der Kapillarwassernachschub allerdings nicht mehr ausreichend und die Flüssigkeitsoberfläche zieht sich in das Materialinnere zurück. Das Wasser verdunstet im Inneren und diffundiert nach außen, der Trocknungsprozess wird langsamer. Dies wird als Phase 2 des Trocknungsprozesses angesehen. Verfügen Baustoffe allerdings nur über einen geringen Anteil an Kapillarporen, so tritt der Fall ein, dass der Trocknungsprozess durch die Phase 2 dominiert wird, also überwiegend durch diffusiven Transport gekennzeichnet ist.

Eine weitere wichtige Kenngröße für die Beschreibung des Wasseraufnahme- und Trocknungsverhaltens ist der s_d -Wert, der sich als Produkt von $\mu \cdot s$ errechnet, wobei s gleich ist der Schichtdicke, z. B. des Putzes oder Anstrichs. Die beiden Kenngrößen w -Wert und s_d -Wert sind in der so genannten Künzel-Zahl [2] kombiniert als: $w \cdot s_d$.

Venzmer et al. [3] haben in Laboruntersuchungen die Trocknungs-Halbwertszeit ($t_{0,5 \text{ exp}}$ in Stunden) für Ziegel mit und ohne Putz bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Trocknungs-Halbwertszeiten bei der Verwendung von Kalk-Zement-Putz um den Faktor 5 erhöhen, bei Kalkputz nur um den Faktor 1,6. Auch Sanierputze bewirken eine deutliche Verlängerung der Trocknungs-Halbwertszeiten. Die Ursache dafür liegt in dem Umstand begründet, dass Sanierputze im Normalfall hydrophob eingestellt sind und dadurch der Feuchtetransport nur in Dampfform, das heißt diffusiv, erfolgen kann.

Diese Ergebnisse werden auch durch die Daten von Schönburg [4] gestützt, der s_d -Werte für verschiedene Putze und Anstriche vergleichend gegenüberstellt. Auch aus diesen Daten ist zu entnehmen, dass Zementanteile den »Trocknungswiderstand« des Systems erhöhen.

Übertragen auf historische Bausubstanz deutet dies bereits einen zentralen Problemkreis bezüglich der Feuchtebelastung derartiger Bauten an, der sich mit dem Aufkommen moderner, zuerst zementhaltiger, in weiterer Folge auch kunststoffhaltiger Produkte und deren Einsatz bei Restaurierungs- und Sanierungsarbeiten entwickelt hat.

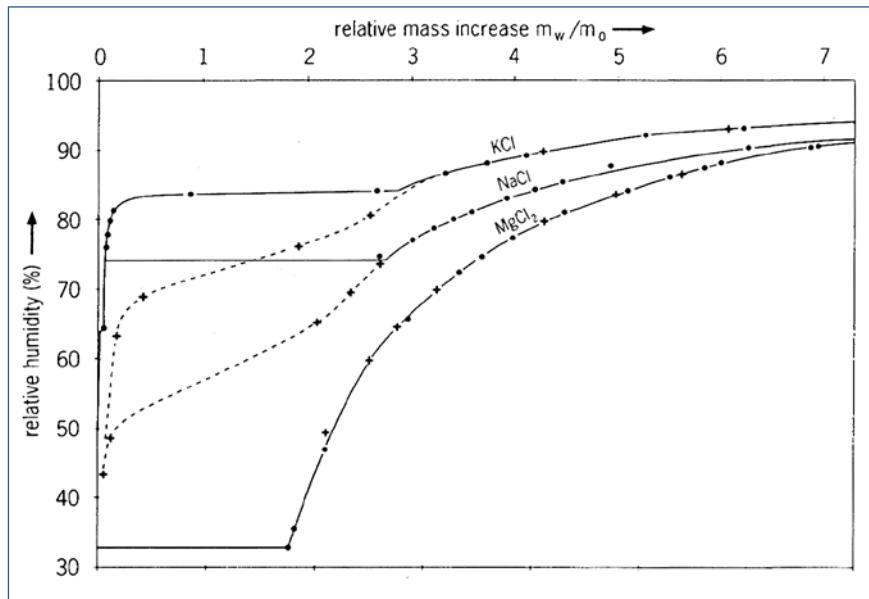
Ohne hier in die konfliktreiche Diskussion für und wider Kalkputze eingreifen zu wollen, steht es außer Frage, dass die Applikation moderner Baustoffe an historischen Gebäuden häufig durch die Verschlechterung des Feuchtehaushaltes infolge verlangsamter Abtrocknung nicht unwesentlich zur Mehrung und Verstärkung von Feuchteproblemen beigetragen hat.

Die Verzögerung des Trocknungsprozesses bedingt im Ausgleich eine Vergrößerung der benötigten Verdunstungsfläche, woraus sich in der Praxis häufig eine Vergrößerung der feuchtebelasteten Bereiche ergibt.

3 Der Einfluss baustoffschädigender Salzverbindungen

Die Belastung von Baustoffen mit Salzverbindungen kann nun zu einer beträchtlichen Verstärkung der Feuchteaufnahme führen, ein Effekt, der als hygrokopische Wasseraufnahme bezeichnet und gerade in historischen Gebäuden als Feuchtequelle häufig stark unterschätzt wird. Hintergrund dieses Mechanismus ist die Fähigkeit von baustoffschädigenden Salzverbindungen Feuchtigkeit aus der Luft in ihr Kristallgitter einzulagern. Diese Fähigkeit ist für die verschiedenen Salze unterschiedlich stark ausgebildet, wobei die am besten löslichen Salzverbindungen auch am stärksten Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen können. Anschaulich wird der Effekt anhand des Diagramms in Bild 5, in dem am Beispiel des NaCl der Effekt der Feuchteaufnahme aus der Luft dargestellt ist. Es ist zu erkennen, dass bei Erreichen einer relativen Luftfeuchte von rund 75 %, die Masse des Salzes sprunghaft zunimmt, da ab diesem Zeitpunkt Feuchte in das Kristallgitter eingebaut wird und das Salz sich langsam zu lösen beginnt. Diesen Punkt bezeichnet man auch als Deliqueszenzfeuchte. Angaben zur Deliqueszenzfeuchte bzw. der Löslichkeit verschiedener Salze können unter anderem der Arbeit von Steiger & Dannecker [8] entnommen werden.

Bild 5:
Feuchteaufnahme
ausgewählter Salze
in Abhängigkeit
von der relativen
Luftfeuchte (aus
Arnold [9])



Zu den besonders löslichen Salzen zählen Nitrat und Chloride sowie zum Beispiel auch Verbindungen von Sulfat mit Natrium oder Magnesium. Baustoffe, die mit solchen Salzverbindungen belastet sind, beginnen bereits ab etwa 50 % relativer Luftfeuchte Feuchtigkeit aufzunehmen, wobei die Aufnahme mit steigender relativer Luftfeuchte immer stärker wird. Zusätzlich

Bild 6:
Die an der Fassade
dieses Hauses
bereits optisch
erkennbare Feuch-
tebelastung hat
ihre Ursache in der
hohen Belastung
der Baustoffe mit
hygrokopisch
wirksamen Salzen



wird die Situation am Bauwerk noch durch den Umstand erschwert, dass meist nicht Einzelsalze, sondern Salzmischungen angetroffen werden. In solchen Mischungen beeinflussen sich die Salze gegenseitig, wodurch Löslichkeit und Feuchteaufnahme gegenüber der Einzelphase zum Teil deutlich verschoben werden. Bild 6 zeigt ein Beispiel für ein Objekt, an dem die Feuchtebelastung primär durch hygroskopische Feuchteaufnahme bestimmt wird.

Die Bauwerksdiagnose erbrachte für dieses Gebäude nur geringen Einfluss kapillar aufsteigender Grundfeuchte, aber eine massive Belastung der Baustoffe mit hygroskopisch wirksamen Nitrat- und Chlорidverbindungen.

Im Falle eines Objektes in Nordtirol (Bild 7) wurde in den 1960er Jahren im Zuge einer Aufstockung die Fassade neu verputzt, wobei der alte Kalkputz ohne weitere Vorbehandlung mit einem Kalk-Zement-Putz überarbeitet wurde.

Aufgrund des schlechten Wartungszustandes des Gebäudes vor der Aufstockung wurden die Fassadenputze in den Eckbereichen im Laufe der Zeit stark mit Nitratsalzen belastet. Da dies beim Umbau nicht beachtet wurde, kam es im Laufe der vergangenen Jahrzehnte zu einer teilweisen Verlagerung der Salze in den neuen Deckputz, was zu einer Feuchtebelastung der Fassade in diesen Bereichen führte.



Bild 7:
Der starken
Nitratsalzbelastung
der Fassadenputze
dieses Gebäudes
wurde bei der
Sanierung keine
Rechnung getra-
gen, weshalb sich
die Salze in den
neuen Deckputz
verlagerten und
dort zu einer
Feuchtebelastung
führten

4 Die Nutzung alter Bauwerke

Zentraler Ausgangspunkt der Bauwerksdiagnose, die letzten Endes zur Aussage führen soll, ob bzw. inwieweit an einem Objekt Maßnahmen zur Reduktion der Feuchtebelastung umgesetzt werden müssen, ist die Frage nach der Nutzungsgeschichte des Bauwerks. Welches war die ursprünglich intendierte Nutzung, welche die aktuelle und welcher Nutzung soll das Gebäude in Zukunft zugeführt werden?

Seriöserweise wird man von hochwertigen Nutzungen der ehemals nur für untergeordnete Zwecke angelegten Bereiche häufig abraten müssen, da der damit verbundene Aufwand im Hinblick auf die Regulation des Feuchte-

regimes am Bauwerk unverhältnismäßig hoch wäre, wenn ein befriedigendes Ergebnis überhaupt abschätzbar ist bzw. an denkmalgeschützten Objekten die notwendigen Maßnahmen oft unvertretbar massive, irreversible Eingriffe in die Bausubstanz mit sich bringen würden.

Feuchteprobleme an alten Bauten resultieren nicht selten aus einem unangemessenen Nutzungsanspruch, insbesondere wenn damit elementare bauphysikalische Grundlagen nicht beachtet werden. Die Folge sind häufig auch Belastungen durch Kondensatfeuchte, da Überlegungen zum Raumklima bzw. der Wechselwirkung Raumklima – Materialinventar – Nutzung unterblieben sind.

Will man mögliche Probleme in der Folge von Restaurierungs- und Sanierungsmaßnahmen minimieren, ist eine sachgerechte Bauwerksdiagnose, unter dem Gesichtspunkt der Besonderheit alter Bauwerke, ein absolutes Muss. Die Bauwerksdiagnose muss dabei folgende Fragen beantworten:

- Welche Art von Feuchtebelastung liegt vor?
- Ursachen?
- Wie stark ist die Belastung im Hinblick auf die Gesamtsituation (Art und Alter des Bauwerks, historisch-ästhetische Bewertung, vergangene – gegenwärtige – künftig geplante Nutzung) einzustufen?
- Sind aktive Schadprozesse gegeben?
- Wie kann das Schadenspotenzial eingeschätzt werden?

5 Dürfen alte Bauwerke feucht bleiben?

Die vorangegangenen Ausführungen sollten aufzeigen, dass die Frage der Feuchtebelastung an alter Bausubstanz nicht auf das Problem »kapillar aufsteigende Grundfeuchte« und entsprechende Trockenlegungsmaßnahmen reduziert werden darf.

Die persönliche Erfahrung des Autors aus der bauwerksdiagnostischen Bearbeitung zahlreicher Objekte zeigt, dass in der Mehrzahl der Fälle durch vergleichsweise geringe Eingriffe im Zuge der Restaurierung oder Sanierung eine ausreichend positive Beeinflussung des Feuchteregimes erreicht werden kann, auch wenn die dann noch erfassbaren Werte der Materialfeuchte über Werten liegen, die man einem Neubau zugestehet.

In zahlreichen Fällen erwiesen sich folgende Maßnahmen als zielführend:

- Das Materialinventar, vor allem betreffend Putze und Mörtel, ist dem ursprünglichen System anzupassen. Bei alten Bauwerken bedeutet dies meist, dass Produkte auf Kalkbasis zum Einsatz kommen und das Abtrocknungsvermögen des Bauwerks wieder den historischen Vorgaben näher kommt. Unter Umständen müssen auch im Zuge früherer Restaurierungen applizierte ungeeignete Baustoffe wieder entfernt werden.
- Ausbesserungen des Mauerwerks im Bereich unter GOK, eventuell auch ergänzt durch einfache vertikale Dichtungsmaßnahmen, können häufig den Zutritt von Feuchte in das Mauerwerk deutlich reduzieren und damit den Feuchteausgleich am Bauwerk wesentlich unterstützen.
- Salzbelastungen sind in sehr vielen alten Bauwerken anzutreffen. Daher ist die hygrokopische Feuchteaufnahme ein sehr wichtiger Faktor, dem durch Reduktion der Salzbelastung in Bereichen an oder nahe der Maueroberfläche zu begegnen ist. Die Stabilisierung des Raumklimas wirkt sich ebenfalls positiv im Hinblick auf die hygrokopische Feuchtebelastung aus.
- Bei Umnutzungen müssen grundlegende bauphysikalische Phänomene beachtet werden. Die Auswahl geeigneter Heizungssysteme kann der Durchfeuchtung von Bauteilen aufgrund von Kondensatfeuchte wirksam vorbeugen und die Abtrocknung und damit den Feuchteausgleich positiv beeinflussen.
- Es wurde lange Zeit akzeptiert, dass gerade die Sockelzone eines historischen Bauwerks einem gewissen Verschleiß unterworfen ist und in mehr oder minder längeren Abständen immer wieder ausgebessert wurde. Daran wird man auch in Zukunft nicht vorbeikommen. Erste Erfahrungen mit nicht hydrophobierten Sockelputzen auf Hydraulikkalkbasis sind aber vielversprechend und eröffnen hier neue Möglichkeiten im Umgang mit Sockelzonen.
- Letzten Endes sollten Bauwerke einer regelmäßigen Wartung und Pflege unterzogen werden. Ein Punkt, der allerdings in den allermeisten Fällen leider nach wie vor Wunschdenken ist.

Aus Sicht des Autors kann daher einem historischen Bauwerk meist zugestanden werden, dass es auch in Zukunft ohne aufwändige technische Abdichtungsmaßnahmen auskommt. Wesentlich ist aber, dass im Vorfeld der geplanten Neunutzung des Gebäudes bzw. der geplanten Restaurierungs-/ Sanierungsmaßnahmen eine integrale Bauzustandsanalyse vorgenommen wird und die Grenzen des möglichen Nutzungsanspruches aufgezeigt werden.

Literatur

- [1] Neuwirth, Franz: »Mauerfeuchtigkeit – aus eigener Produktion«, zehn Hauptsünden bei Altbauten – in: Venzmer; Helmuth (Hrsg) (2000): Schäden am Bauwerk – von der Diagnostik bis zur Instandsetzung in Theorie und Praxis; FAS Schriftenreihe – Heft 11; 11. Hanseatische Sanierungstage, S. 183–194
- [2] Künzel, Helmut: Anforderungen an Außenanstriche und Beschichtungen aus Kunstharzdispersion. Kunststoffe im Bau, 12 (1969), S. 6–32
- [3] Venzmer, Helmuth, Lesnych, Natalia, Koss, Lev: Modellversuche zum Trocknungsverhalten sanierputzbeschichteter Ziegel – in: Venzmer; Helmuth (Hrsg) (1998): Putzinstandsetzung; FAS Schriftenreihe – Heft 9; 9. Hanseatische Sanierungstage, S. 123–136
- [4] Schönburg, Kurt: Putz und Anstrich in Räumen mit höherer Feuchtebelastung – in: Venzmer; Helmuth (Hrsg) (1998): Putzinstandsetzung; FAS Schriftenreihe – Heft 9; 9. Hanseatische Sanierungstage, S. 71–80
- [5] ÖNORM B3355-1: Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk – Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen
- [6] Weber, Helmut: Die Bedeutung der relativen Luftfeuchte für den Bauenschutz und die Gebäudesanierung – in: Venzmer; Helmuth (Hrsg) (2000): Schäden am Bauwerk – von der Diagnostik bis zur Instandsetzung in Theorie und Praxis; FAS Schriftenreihe – Heft 11; 11. Hanseatische Sanierungstage, S. 155–168
- [7] Poschlod, Klaus: Das Wasser im Porenraum kristalliner Naturwerksteine und sein Einfluss auf die Verwitterung – Münchener Geowissenschaftliche Abhandlungen (B) (1990), 7, S. 1–62
- [8] Steiger, Michael & Dannecker, W.: Hygroskopische Eigenschaften und Kristallisierungsverhalten von Salzgemischen – in: Jahresberichte Steinzerfall – Steinkonservierung (1995), S. 115–128
- [9] Arnold, Andreas: Salze: Lästige weiße Ausblühungen oder Hauptschadensursache? – in: Jahresberichte Steinzerfall – Steinkonservierung (1992), S. 1–9

Fassadenhege / Fassadenpflege – die Instandhaltungsanleitung von Fassaden in der Schweiz

Der Beitrag stellt die Instandhaltungsanleitung für Beschichtungen und Verputze auf Fassaden und Außenwärmédämmungen (Wärmedämmverbundsysteme), die zu einem Bestandteil der Normen geworden ist, im Detail vor und möchte einleitend die Ausgangslage und den Nutzen für den ausführenden Unternehmer erläutern.

Wird in einem Werkvertrag nach SIA (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) nichts anderes vereinbart, gilt für Beschichtungen und Verputze eine Garantiefrist von zwei Jahren. Zudem verjähren die Mängelrechte des Bauherrn fünf Jahre nach Abnahme des Werkes.

Weil der Gebrauchstauglichkeit oder Lebensdauer von Fassaden vor allem in Bezug auf Verschmutzungen Limiten gesetzt sind und vor Ablauf der Verjährungsfrist verschmutzungsbedingte Verschlechterungen des Werks sehr oft nur mit zusätzlichen Instandhaltungsmaßnahmen vermieden werden können, wurde in die Normen SIA 118/257 [1] (Allgemeine Bedingungen für Maler- und Tapezierarbeiten) und SIA 118/243 [2] (Allgemeine Bedingungen für die Verputzte Außenwärmédämmung oder WDVS) das System der Instandhaltungsanleitungen aufgenommen.

Der Unternehmer haftet somit nicht mehr länger für Mängel, die ausschließlich darauf zurückzuführen sind, dass der Bauherr die Anleitungen für die Instandhaltung nicht befolgt hat (SIA 118/257 [1] und SIA 118/243 [2], Artikel 6 »Haftungsausschluss«).

Zu den Aufgaben des Unternehmers gehört es, Anleitungen für die Instandhaltung eines Werkes oder einzelner Bauteile zu erstellen und diese dem Bauherrn auszuhändigen. Dies geschieht mit Vorteil während der Planungsphase oder spätestens bei der Abnahme des Werkes.

1 Bauwerkserhaltung

In der Norm SIA 469 [3] (Erhaltung von Bauwerken) wird die Bauwerkserhaltung in einem mehrstufigen Ablaufschema dargestellt. Für verputzte und / oder beschichtete Fassaden sowie verputzte Außenwärmédämmungen sind die Bereiche Überwachung und Unterhalt wesentlich.

1.1 Überwachung / Kontrolle

Durch regelmäßige Kontrollen wird der natürliche Alterungs- und Abbauprozess von Fassaden ständig überwacht, die entsprechenden Instandhaltungsmaßnahmen können so zum richtigen Zeitpunkt ergriffen werden. Diese Kontrollen können vom Bauherrn selbst oder durch einen beauftragten Unternehmer durchgeführt werden.

1.2 Instandhaltung, Instandsetzung, Erneuerung

Der Bereich der Bauwerkserhaltung umfasst die Instandhaltung, die Instandsetzung und die Erneuerung. Bezüglich des Unterhalts von Fassaden ist vor allem die Instandhaltung wesentlich.

Gemäß Norm SIA 469 [3] dient die Instandhaltung der Bewahrung der Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks durch regelmäßige und einfache Maßnahmen.

Die Instandsetzung dient der Wiederherstellung der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer.

Unter Erneuerung wird das Wiederherstellen eines gesamten Bauwerks oder von Teilen desselben in einen mit dem ursprünglichen Neubau vergleichbaren Zustand verstanden.

2 Unterhaltsintervalle von Fassaden

Das Unterhaltsintervall und die Lebensdauer sind abhängig vom konstruktiven Witterungsschutz einer Fassade, den Eigenschaften der verwendeten Deckputz- und Beschichtungsarten sowie von den klimatischen Rahmenbedingungen während des Verarbeitungs- und Abbindeprozesses.

Die Verschmutzungsanfälligkeit wird hauptsächlich beeinflusst durch den Objektstandort und die Struktur der Fassadenoberflächen. Unbeschichtete, poröse Oberflächen verschmutzen in der Regel rascher.

Planung, Kontrolle und Unterhalt bestimmen die Gebrauchstauglichkeit einer Fassade.

Diese Anleitung soll dazu dienen, aufgrund eines (objektbezogen) berechneten Beanspruchungs-Indexes das Intervall und die Häufigkeit der Kontrollen und Unterhaltsmaßnahmen bestimmen zu können.

3 Alterungs- und Abnutzungserscheinungen

Fassaden sind großen klimatischen Beanspruchungen ausgesetzt und unterliegen einem natürlichen Alterungs- und Abbauprozess, auch bei einwandfreier technischer Ausführung und korrekter Werkstoffauswahl.

3.1 Farbtonveränderungen

Der Farbton einer Fassade verändert sich unter Licht-, Wetter- und Umwelt einwirkung. Durch die unterschiedliche Licht-Echtheit der Pigmente wird empfohlen, anorganische Pigmente zu verwenden.

3.2 Kreidungen

Kreiden ist das Auftreten von lose anhaftendem feinem Pulver auf einer Beschichtung, das durch den Abbau eines oder mehrerer Bestandteile der Beschichtung hervorgerufen wird.

3.3 Rissbildungen

Wasseraugende Risse können die Gebrauchstauglichkeit einer Fassade negativ verändern und sind oft Ausgangspunkt und somit Ursache von Schäden. Verputze und Beschichtungen sind nicht in der Lage, solche Risse dauerhaft zu überbrücken. Vor der Sanierung von Rissen ist die Ursache genau abzuklären.

3.4 Kontrolle der Anschlüsse und Bewegungsfugen

Flankenabrisse in Kittfugen und Bewegungsfugen sind meist auf materialbedingte Alterung der Fugenmassen oder falsche Dimensionierung der Fugen zurückzuführen. Fugen und Anschlüsse in Fassaden müssen von einer Fachperson regelmäßig auf ihren Zustand und Wasserdichtigkeit kontrolliert werden.

4 Nutzungen

4.1 Beschädigungen der Oberfläche

Mechanische Beschädigungen beeinträchtigen die Schutzfunktion einer Fassadenbeschichtung und müssen möglichst rasch instand gesetzt werden. Die

Oberfläche ist zudem vor Beschädigung durch angestellte Fahrräder, vorgestellte Container oder aufgeschichtete Brennholz-Vorräte und dgl. zu schützen. Äste von Bäumen und Sträuchern können eine verputzte Außenwärmédämmung beschädigen und sind deshalb regelmäßig zurück zu schneiden. Bepflanzungen müssen in einem wachstumsgerechten Abstand zur Fassade vorgenommen werden.

Verputzte Außenwärmédämmungen aus EPS-Platten sind zudem temperaturempfindlich. Gas-, Elektro- und Holzkohlegrills oder andere Geräte, welche hohe Temperaturen abstrahlen, dürfen nicht in unmittelbarer Nähe (Abstand mind. 1 m) zur Fassade aufgestellt werden.

4.2 Nachträgliche Montagen

Nicht fachgemäße Montage von Sonnenschutz, Reklametafeln, Kleiderhaken usw. kann zu Schäden führen. Bei den Systemhaltern von verputzten Außenwärmédämmungen sind entsprechende Merkblätter erhältlich.

4.3 Belastungen durch Wasser und / oder Schnee

Ständige Belastung durch Wasser führt, unabhängig von der Art der Fassadenkonstruktion, mehr oder weniger schnell zu großen Schäden. Bei der Planung einer Fassade oder bei der Planung von nachträglichen Anbauten etc. ist deshalb auf einen wirkungsvollen Schutz von horizontalen Flächen und die Wasserführung zu achten. Rasenbewässerungen sind so einzustellen, dass die angrenzenden Fassadenflächen nicht mitbewässert werden.

Bei Schneeräumungen soll der Schnee nicht an der Fassade deponiert werden, ebenso muss mit der scharfkantigen Schneeschaufel im Bereich der Außenwärmédämmung überaus sorgfältig gearbeitet werden.

4.4 Kipplüftungen

Bei der Kipplüftung wird ein Großteil der warmen Raumluft direkt und über einen längeren Zeitraum nach außen geführt. Die warme und damit feuchtere Innenluft kondensiert an der Fassade, die feuchte Fassade ist entsprechend anfälliger für Verschmutzungen durch Staub und Bewuchs. Dieses Problem ist bei richtiger Stoßlüftung (3–4 mal pro Tag für einige Minuten) nicht bekannt.

5 Verschmutzungen

5.1 Staub-Belastung

Staub ist die Sammelbezeichnung für feinste, feste Teilchen (Partikel), die in der Luft aufgewirbelt lange Zeit schweben können. Dieser Staub lagert sich je nach Porosität und Struktur der Fassadenoberfläche mehr oder weniger stark als Verschmutzung ab.

5.2 Bewuchs (Algen, Pilze und Flechten)

Die vermehrte Erscheinung von Algen, Pilzen und Flechten ist auf das Zusammenspiel vieler einzelner Faktoren der Bereiche Lage und Architektur, Umwelt und Klima sowie der Bautechnik und den Eigenschaften der gewählten Materialien zurückzuführen.

In diesen Einflussbereich gehören auch die klimatischen Bedingungen und die Nebelzone, denen eine Oberfläche ausgesetzt ist. So wird z. B. in Höhenlagen über 1000 m selten ein großflächiger Algenbewuchs beobachtet.

Ein weiterer, wesentlicher Faktor im Bereich Bautechnik sind die in den letzten Jahren kontinuierlich erhöhten Wärmeschutzmaßnahmen an Fassaden.

Die Möglichkeiten, mit denen auf die für Oberflächenbewuchs verantwortlichen Faktoren aktiv eingewirkt werden kann, werden in der Norm SIA 243 [2] »Verputzte Außenwärmemedämmung« wie folgt beschrieben:

Bewuchsbildungen auf Deckbeschichtungen werden von den nachstehenden Faktoren beeinflusst:

- **Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe der Deckbeschichtung**
Zusammensetzung, Zusätze, Struktur, Farbton
- **Verarbeitung der Deckschicht**
Saugverhalten des Untergrundes, Austrocknungs- und Erhärtungsverhalten beeinflusst durch Witterungseinflüsse wie Temperatur, Wind usw.
- **Lage/Klima**
Nahe Gewässer, Nebel, Besonnung, Staub-Belastung
- **Umgebungseinflüsse**
Konstruktiver Fassadenschutz, schattenspendende Bepflanzungen, Emissionen.

In durch Spritzwasser belasteten Bereichen ist ein Bewuchs zu tolerieren!

Fehlende Dachvorsprünge, mangelhafte Wasserführung, fehlende Horizontalabdeckungen usw. sind wesentliche Faktoren, die einen Bewuchs der Oberflächen fördern können.

Und nicht zuletzt verlangt auch eine Fassadenoberfläche eine entsprechende Instandhaltung, denn Verschmutzungen der Oberflächen bilden für die Mikroorganismen einen idealen Nährboden.

Verputze und Beschichtungen können mit bioziden Zusätzen gegen Algen- oder Pilzbewuchs geschützt werden, diese Schutzwirkung ist aber zeitlich begrenzt. Vielmehr sollte dem Grundsatz: »Was trocken bleibt, bleibt algenfrei!« nachgelebt werden, indem der konstruktive Witterungsschutz geplant und der Aufbau der Außenbeschichtung entsprechend gewählt wird.

5.3 Mauerspinnen

Helle Fassaden, Außenbeleuchtungen und Gewässer ziehen Insekten und damit auch deren Jäger, die Spinnen, an. Dabei fällt vor allem die Mauerspinne (*Dictyna civica*) auf, die kreisrunde Spinnennetze von ca. 5 cm Durchmesser erstellt. Alte Spinnennetze, Kokons und Kotablagerungen lassen die Fassade – auch infolge der Luftverschmutzung – grau und schmutzig erscheinen. Die Spinnennetze und -Kokons befinden sich an geschützten Bereichen wie Dachuntersichten und Fenstersimsen.

6 Beanspruchung von Fassaden

Die Beanspruchung einer Fassade kann bewertet und indexiert werden. Folgende Beanspruchungsarten wirken mehr oder weniger stark auf die Gebrauchstauglichkeit und somit auf die Unterhaltsintervalle einer Fassade ein.

6.1 Nebelzone

Feuchtigkeit auch in Form von Nebel kann vor allem in Bezug auf die Verschmutzung einer Fassade erheblichen Einfluss haben. Die Nebelzone wird wie folgt bewertet:

Nebelzone	Nebeltage	Bewertung
Nebelarme Hangzone	1–10	2
Bodennebel	11–30	5
Hangnebel	15–30	7
Hochnebel	15–35	9
Bodennebel	31–50	12
Bodennebel	51–80	16

Tabelle 1:
Nebelzone

Die Schweiz verfügt über eine detaillierte Nebelzonen-Karte. In Deutschland und Österreich ist sie noch nicht erhältlich.

6.2 Staub-Belastung

Die Staub-Belastung wird wie folgt bewertet:

Belastung	Ursachen / Herkunft	Bewertung
schwach	Schwache Industrie- und Wohndichte, ländliche Gegenden mit wenig Verkehrsaufkommen	1
mittel	Mittlere Industrie- und Wohndichte, normales Verkehrsaufkommen, keine unmittelbare Nähe zu Baustellen und dgl.	4
stark	Ruß aus Verbrennung, Rauch, hohe Industrie- und Wohndichte, hohes Verkehrsaufkommen, Nähe zu Bau- oder Abbaustellen usw.	8

Tabelle 2:
Staub-Belastung

6.3 Schutzfunktion durch Deckschichtart

Die Art der Deckschicht übt einen wesentlichen Einfluss auf die Verschmutzung und Beanspruchung aus. Diese kann wie nachstehend quantifiziert werden:

Deckschichtart		
Untergrund	Deckputz beschichtet	Deckputz unbeschichtet
Verputztes Mauerwerk	2	8
Verputzte Außenwärmehämmung	6	15

Tabelle 3:
Deckschichtart

6.4 Leibungstiefe bis zum Fensteranschlag

Die Tiefe sowie die Art und Lage des Fensteranschlusses zum Fassadenputz übt ebenfalls einen nachhaltigen Einfluss auf die Beanspruchung dieser Anschlüsse aus.

Die Leibungstiefe wird wie folgt bewertet:

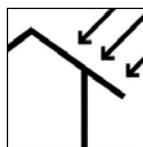
Tabelle 4:
Leibungstiefe bis
Fensterrahmen

Leibungstiefe bis Fensterrahmen	
Tiefe in cm	
< 5 cm (fassadenbündig)	15
5–15 cm	6
> 15 cm	2

6.5 Konstruktiver Witterungsschutz

In der Praxis ist die Beanspruchung auch vom Schutz, den das Gebäude selbst bietet, abhängig. Die durch die Gebäudekonstruktion bedingte Beanspruchung wird in drei Kategorien eingeteilt:

a) Fassadenteile geschützt

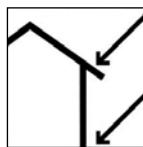


Beispiele:

Dachuntersichten, Balkonuntersichten, Laubengänge

Die Fassadenteile sind insgesamt durch ausreichend breite Überdachungen gegen unmittelbare Sonneneinstrahlung, Niederschläge und Wind geschützt.

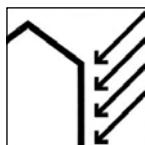
b) Fassadenteile teilweise geschützt



Beispiele: Fassadenteile an Gebäuden bis zu 3 Geschossen in geschützter Lage mit kleinen Überdachungen, zurückgesetzten Fenstern und Außentüren in üblichen Leibungen.

Auf Fassadenteile mit geringem konstruktivem Schutz kann das im Freien herrschende Klima mit Sonneneinstrahlung, Niederschlägen und Wind einwirken.

c) Fassadenteile nicht geschützt



Beispiele: Fassadenteile an Gebäuden bis zu drei Geschossen in besonders exponierten Lagen und an Gebäuden über drei Geschossen, Fassaden ohne konstruktiven Schutz, Fassadenteile im Spritzwasserbereich. Anschlüsse von fassadenbündigen Fenstern und Außentüren.

Auf die Fassadenteile kann das im Freien herrschende Klima mit Sonneneinstrahlung, Niederschlägen und Wind ungehindert einwirken.

Der konstruktive Witterungsschutz eines Objekts wird wie folgt bewertet:

Konstruktiver Witterungsschutz	
Fassadenteile	Bewertung
Fassadenteile geschützt, Illustration a)	0
Fassadenteile teilweise geschützt, Illustration b)	15
Fassadenteile nicht geschützt, Illustration c)	23

Tabelle 5:
Konstruktiver
Witterungsschutz

6.6 Farbton

Dunkelgetönte Beschichtungen im Außenbereich führen zu einer erhöhten Oberflächentemperatur. Oberflächentemperaturen bis 80° Celsius sind möglich. Durch die Erwärmung der Oberflächen werden verputzte Außenwärmédämmungen (WDVS) besonders stark beansprucht. Deckbeschichtungen auf Außenwärmédämmungen dürfen gemäß Norm SIA 243 [2] »Verputzte Außenwärmédämmung« einen Hellbezugswert von Y-Wert = 30 nicht unterschreiten.

Die Farbtöne werden wie folgt bewertet:

Farbton	Hellbezugswert	Verputztes Mauerwerk	Verputzte Außenwärmédämmung
hell	>50	2	8
mittel	30 bis 50	4	15
dunkel	<30	8	23

Tabelle 6:
Farbton

Beispiele für Hellbezugswerte, max. = 100.

Bild 4:
HBW Tabelle

Hellbezugswert	Grautöne	Gelbtöne	Rottöne	Blautöne	Grüntöne
> 50	Hellbezugswert 91 (z.B. NCS 500)	Hellbezugswert 88	Hellbezugswert 80	Hellbezugswert 80	Hellbezugswert 85
	Hellbezugswert 81 (z.B. NCS 8000)	Hellbezugswert 85			
	Hellbezugswert 76	Hellbezugswert 75	Hellbezugswert 70	Hellbezugswert 70	
	Hellbezugswert 60	Hellbezugswert 60	Hellbezugswert 60		Hellbezugswert 60
30 bis 50	Hellbezugswert 50	Hellbezugswert 50	Hellbezugswert 50	Hellbezugswert 50	Hellbezugswert 50
	Hellbezugswert 40		Hellbezugswert 40	Hellbezugswert 40	
	Hellbezugswert 31	Hellbezugswert 35	Hellbezugswert 30	Hellbezugswert 30	Hellbezugswert 40
< 30	Hellbezugswert 19				

7 Berechnung Beanspruchungsindex

7.1 Situations-Parameter

Die Beanspruchungsarten Nebelzone und Staub-Belastung werden von der geographischen Lage eines Objekts bestimmt.

Die Nebelzone kann anhand der Nebelkarte, die Staub-Belastung aufgrund einer Situationsbeurteilung vor Ort bestimmt werden.

7.2 Bauteil-Parameter

Die Beanspruchungsarten Deckschichtart, konstruktiver Witterungsschutz, Leibungstiefe und Farbton werden von der Architektur eines Objekts bestimmt.

7.3 Berechnungs-Beispiel Beanspruchungs-Index

Der Beanspruchungsindex einer Fassade wird in der folgenden Tabelle berechnet

Tabelle 7:
»Berechnung Beanspruchungs-Index (Beispiel)«

Bauwerk	EFH Muster, 8355 Aadorf	
Situations-Parameter	Nebelzone	12
	Staub-Belastung	4
Bauteil-Parameter	Deckschichtart	6
	Leibungstiefe	6
	Konstruktiver Witterungsschutz	15
	Farbton	15
Beanspruchungs-Index		58

Die Tabelle 7 »Berechnung Beanspruchungs-Index« ist beim Fachverlag SMGV [4] als Durchschreibe-Block A4 (für jeweils drei Exemplare pro Objekt) erhältlich.

8 Planung von Kontrolle und Unterhalt

Grundlage für die Planung von Kontrolle und Unterhalt von Fassaden ist der Beanspruchungs-Index. Die Höhe des Beanspruchungs-Indexes bestimmt die Häufigkeit der Kontrollen und der Unterhaltsmaßnahmen.

Beanspruchungs-Index	Kontrollintervall											
	jährlich	jedes 2. Jahr	jedes 3. Jahr	jedes 4. Jahr	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
bis 25 Punkte				•				•				•
25 bis 50 Punkte			•			•		•				•
50 bis 75 Punkte		•			•	•		•	•			•
75 bis 100 Punkte	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Tabelle 8:
Beanspruchungs-Index und Kontrollintervall

9 Kontrolle

Eine Kontrolle sollte von einer beauftragten Fachperson durchgeführt werden. Der natürliche Alterungs- und Abbauprozess wird dabei systematisch erfasst und mit Vorteil in einem Protokoll und fotografisch festgehalten. Grundlage einer Kontrolle ist eine Liste der zu kontrollierenden Fassaden- und Bauteile.

Kontrolliert werden die Beschichtungen und Putze auf:

- Verschmutzung
- Farbtonveränderung
- Kreidung
- Algen und Pilzbefall
- Beschädigungen
- Rissbildungen.

Kontrolliert werden die Fassadenkonstruktionen und -systeme auf:

- Beschädigungen
- Dichtigkeit der Anschlüsse und Bewegungsfugen
- Rissbildungen.

Kontrolliert wird die Umgebung auf:

- Pflanzenbewuchs im Fassadenbereich
- Pflanzenbewuchs im Sockelbereich
- Ausbildung der Gehwege im Sockelbereich
- Wasserführung im Sockelbereich.

10 Unterhalt

Ein Werterhalt von Fassaden ist durch regelmäßige Unterhaltsmaßnahmen zu erreichen.

Instandhaltung

Nur intakte Fassaden können instand gehalten werden. Die Instandhaltung umfasst die schonende Reinigung und Pflege der Fassaden resp. deren Umgebung.

Reinigung exponierter Bauteile

Schmutzablagerungen auf waagerechten Flächen wie Fensterbänken, Brüstungskronen und vorstehenden Bauteilen (z. B. Lampen) führen zu Schmutzläufen und sind häufiger zu reinigen. Verschmutzungen durch Staub, Algen- oder Pilzbefall usw. können mit einer weichen Bürste und Wasser schonend gereinigt werden.

Reinigungshilfsmittel

Hochdruckreiniger dürfen an Fassaden mit einer verputzten Außenwärmédämmung nur von einer Fachperson eingesetzt werden. Es muss sichergestellt werden, dass das Abwasser gemäß den geltenden Kantonalen Vorschriften abgeleitet wird.

Bepflanzungen an der Fassade

Blumenbeete, Sträucher und Bäume, resp. deren Erdreich, dürfen nicht direkt an die Fassade geführt werden, auch Äste und Blätter dürfen nicht in Kontakt mit der Fassade kommen und sind deshalb regelmäßig zurück zu schneiden.

Oberflächenbewuchs beseitigen

Wird Oberflächenbewuchs festgestellt, sollte mit den Reinigungsmaßnahmen nicht zugewartet werden. Je früher entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, umso kleiner ist der Reinigungsaufwand. Bei stärkerem, großflächigem Befall ist die Fassade, nach den entsprechenden Vorarbeiten, in der Regel neu zu beschichten.

Die Vorarbeiten haben das Entkeimen der befallenen Flächen zum Ziel. Sporen und Zellen von Mikroorganismen können z. B. mit einer Wasserstoffperoxidlösung (5 %) abgetötet werden.

Unterhaltsintervall

Für die Bestimmung der Unterhaltsintervalle sind vor allem die Exposition der einzelnen Bauteile und der konstruktive Witterungsschutz maßgebend. In der Regel genügt die jährliche Pflege. Für extrem exponierte oder nicht geschützte Bauteile ist ein halbjährliches Pflegeintervall zu empfehlen.

Durch fachgerechte Pflege kann die Optik bzw. schützende Wirkung der Beschichtung kontinuierlich erhalten und ihre Lebensdauer verlängert werden.

Literatur

- [1] Norm SIA 118/257 Allgemeine Bedingungen für Maler- und Tapeziererarbeiten, 2005
- [2] Norm SIA 118/243 Allgemeine Bedingungen für die Verputzte Außenwärmedämmung oder WDVS, 2008
- [3] Norm SIA 469 Erhaltung von Bauwerken, 1997
- [4] Fachverlag SMGV: www.smgv.com (Fachverlag SMGV-Shop)

VIII Autoren

Autoren

BAGDA, Engin, Dr.

Dr. Robert-Murjahn-Institut GmbH
D-64372 Ober-Ramstadt
engin.bagda@dr-rmi.de
engin.bagda@daw.de
www.dr-rmi.de

BANGERTER, Heinz

Weder + Bangerter AG
CH-8302 Kloten
info@baudaten.com
www.baudaten.com/weba

BIDNER, Thomas, Dr. Mag.

IB/B – Ingenieurbüro Bidner
A-6060 Tulfes
thomas.bidner@tb-bidner.com
www.tb-bidner.com

BURKHARDT, Michael, Dr.

Hochschule für Technik HSR
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC
CH-8640 Rapperswil
michael.burkhardt@hsr.ch
www.umtec.ch

ERFURTH, Uwe, Dr. Dipl.-Chem.
Institut für Bautenschutz und Bausanierung
D-86465 Welden
uerfurth@aol.com
mail@institut-erfurth.de
www.institut-erfurth.de

FISCHER, Erhard
ö. b. u. v. Sachverständiger
D-72469 Meßstetten-Heinstetten
sv-fischer@gmx.de
www.stuckateur-fischer.de

GAMERITH, Horst, Em. o. Univ. Prof. Arch. BM Dipl.-Ing.
Institut für Hoch- und Industriebau Universität Graz
A-8010 Graz
horst.gamerith@TUGraz.at

HLADIK, Michael
Sachverständigenbüro M. Hladik
A-6161 Natters b. Innsbruck
sv@hladik.at
www.hladik.at

KNOPP-GRESSANI, Jürgen
Knopp Wand Boden Design GmbH
CH-9500 Wil
juergen@knopp.ch
www.terrazzofino.com

KRUS, Martin, Dr.-Ing.
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
D-83601 Holzkirchen
martin.krus@hoki.ibp.fraunhofer.de
www.hoki.ibp.fhg.de/indexd.html
www.bauphysik.de/kl

LACHMUTH, Ulrich, Dipl.-Biol.
formaco pmc ag
CH-8108 Dällikon
u.lachmuth@formaco.ch

LEXE, Ernst, Prof. Dipl.-Ing.
Zivilingenieurbüro Lexe
A-9500 Villach
lexe.zt@aon.at

LÜFTL, Walter, Baurat h.c. DI
vorm. Zivilingenieurbüro LÜFTL
A-1180 Wien
walter.lueftl@chello.at

NYDEGGER, Bernhard, Arch. SIA
Materialtechnologe BWS Labor AG
CH-8408 Winterthur
bws.nydegger@sunrise.ch
www.architekten-bsa.ch/members/1169

POLLERES, Sylvia, DI
Holzforschung Austria
A-1030 Wien
s.polleres@holzforschung.at
www.holzforschung.at

PREISIG, Hansruedi, Prof. Dipl.-Arch. SIA
Architekturbüro H. R. Preisig
CH-8006 Zürich
preisig@hansruedipreisig.ch
www.hansruedipreisig.ch

RONACHER, Herwig, Dr. Arch. DI
ARCHITEKTEN RONACHER
A-9620 Hermagor
office@architekten-ronacher.at
www.architekten-ronacher.at

RÜCK, Philipp, Dr.
CH-5600 Lenzburg
rueck@mattec.ch
www.mattec.ch

RUSAM, Horst
Caparol Akademie
D-64372 Ober-Ramstadt

SCHLÄPFER, Walter
smgv Schweizerischer Maler- und Gipserunternehmer Verband
CH-8304 Wallisellen
w.schlaepfer@maler-gipser.com

VENZMER, Helmuth, Prof. Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat.
Hochschule Wismar
Fachbereich Bauingenieurwesen
D-23952 Wismar
h.venzmer@bau.hs-wismar.de
www.bau.hs-wismar.de

WICKI, Norbert
KABE Karl Bubenhofer AG
CH-9201 Gossau
wicki.norbert@kabe-farben.ch

ZEUS, Kurt, Dipl.-Ing.
D-70771 Leinfelden-Echterdingen
kurt.zeus@arcor.de

Michael Hladik (Hrsg.)

Gebäudehülle im Fokus

Planung – Konstruktion – Ausführung – Technologie – Bauschäden

Die Gebäudehülle ist an sich ein vielfältiges System von Schichten, das sowohl innen als auch außen meist mit Putz beschichtet wird. Putz- und Wärmedämmfassaden sowie andere verputzte Bauwerksoberflächen sehen zwar oft recht einfach aus, sind aber bautechnisch durchaus komplexe Bauleistungen. Von der richtigen Materialwahl über eine fachgerechte Planung bis hin zur korrekten Ausführung und Wartung sind dabei viele Aspekte zu berücksichtigen. Genau so vielgestaltig sind aber auch die Ursachen für Schäden und Mängel sowie die Möglichkeiten diese zu vermeiden.

In diesem Buch beleuchten 22 anerkannte Fachleute aus der Planungs- und Ausführungspraxis aus Deutschland, aus der Schweiz und aus Österreich in 38 Beiträgen ein breites Spektrum der Themen rund um die Gebäudehülle.

Nach den einleitenden grundsätzlichen Betrachtungen im ersten Teil des Buches, die in allen Bereichen des Bauens Gültigkeit haben, befasst sich der zweite Teil mit planerischen und ausführungsrelevanten Erkenntnissen zum mangel- und schadensfreien Bauen. Fachberichte zu Details in und an der Gebäudehülle im dritten Teil leiten über zum vierten Teil, der Bauregeln in Versform, leicht merkbar, humorvoll und dennoch sachlich-fachlich korrekt, aufzeigt.

Der fünfte Teil erklärt bauphysikalische Begriffe, die zwar häufig verwendet, aber nicht immer in ihrer vollen Tragweite erkannt werden. Richtige Verbesserungs- und Sanierungsmaßnahmen einleiten kann nur, wer die Ursachen von Mängeln und Schäden kennt. Der sechste Teil des Buches dient der qualifizierten Mangel- und/oder Schadensanalyse. Im siebten und letzten Teil geben die Experten spezielle Hinweise zu Sanierungen.

Karikaturen, Merksätze, Sprüche und Zitate machen dieses Fachbuch auch zu einer angenehmen, unterhaltsamen Lektüre für alle, die sich mit der Gebäudehülle und deren Oberflächen befassen.

Der Herausgeber: Michael Hladik – Privat- und Gerichtssachverständiger für Innenputz, Außenputze und Wärmedämmverbundsysteme. Bauschädendiagnostik Fassaden. Seit über drei Jahrzehnten in der Putz- und WDVS-Praxis tätig. Referent bei Fachtagungen und -seminaren, Autor von Fachberichten. Mitglied des Internationalen Sachverständigenkreises Ausbau & Fassade, D-A-CH-ITA.

Die Autoren: Engin Bagda, Heinz Bangerter, Thomas Bidner, Michael Burkhardt, Uwe Erfurth, Erhard Fischer, Horst Gamerith, Michael Hladik, Jürgen Knopp, Martin Krus, Ulrich Lachmuth, Ernst Lexe, Walter Lüftl, Bernhard Nydegger, Sylvia Polleres, Hansruedi Preisig, Herwig Ronacher, Horst Rusam, Philipp Rück, Walter Schläpfer, Helmuth Venzmer, Norbert Wicki, Kurt Zeus u. a.

ISBN 978-3-8167-8166-0



9 783816 781660