

bioskop

Zeitschrift der Austrian Biologist Association

18

59



Mikroorganismen an Gebäuden

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

das durchgehende Thema dieses Heftes ist die Luft: Der Bauphysiker und ehemalige Leiter des Fraunhofer Instituts für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen, Helmut Künzel, erzählt, wie sich durch die Veränderung der Luft auch der Aufwuchs an Hausfassaden verändert hat: Der Rückgang von Schwefeldioxid und der hohe Gehalt an Stickoxiden fördern Stickstoff liebende Algen und Flechten. Dies sollte uns eigentlich fröhlich stimmen, sind sie doch ein Ausdruck für eine Verbesserung der Luftqualität. Doch die Hausbesitzer schätzen es nicht, wenn die Fassaden ihrer Häuser in nur wenigen Jahren so stark veralgen, dass ein Neuanstrich notwendig wird.

Ein anderes Problem ist der Schimmel in den Wohnungen: Helmut Künzel beschreibt sehr anschaulich die Bedingungen, unter denen Wohnräume verschimmeln und leitet daraus Regeln für richtiges Dämmen und Lüften ab. Oft wehren sich Menschen gegen eine Wärmedämmung mit dem Argument, Hauswände könnten wegen der Dämmung nicht mehr „atmen“. Das alte Vorurteil, ein gesundes Wohnklima entstünde durch „atmende“ Wände führt uns in die Zeit zurück, in der die Menschen erst langsam zu lernen begannen, wie Wohnhygiene ihre Lebensbedingungen verbessern kann. Dabei stoßen wir auf eine weitere Ursache für die Feuchtigkeit vieler Mauerwerke, die ebenfalls mit Biologie zu tun hat, heute aber in Vergessenheit geraten ist: Es ist der aus Mist und Jauche entstandene Salpeter, der sich besonders an straßenseitig gelegenen Wänden gebildet hat.

Am IBP arbeitet seit einigen Jahren auch ein Biologe. Sein Name ist Wolfgang Hofbauer und er ist damit beschäftigt, den Aufwuchs an Hauswänden zu analysieren und die Wachstumsbedingungen zu klären. In seinem Beitrag gibt uns Wolfgang Hofbauer einen Einblick in seine Tätigkeit und er stellt einige faszinierende Ergebnisse vor.

Eine Lernspirale über Kletterpflanzen an Fassaden rundet schließlich das Thema ab. Doch wir greifen noch einmal das Thema „Luft“ auf und bringen mit dem Artikel von David Bernhard neueste Untersuchungen über die Auswirkungen des Zigarettenrauches: Nach nur wenigen Monaten des Rauchens beginnen Endothelzellen in den Blutgefäßen zu zerfallen und setzen den Prozess der Plaques - Bildung in Gang. Eindringlich daher Bernhards Appell: Haltet die jungen Menschen vom Rauchen ab!

Zum Schluss noch eine Mitteilung in eigener Sache: Hubert Salzburger und ich sind seit fünf Jahren die Hauptverantwortlichen für **bioskop**. Wir haben die Zeitschrift gerne gemacht und hoffen, dass Sie mit unserer Arbeit zufrieden waren. Nun legen wir **bioskop** in die Hände von Dr. Richard Kiridus-Göller und seinem Team, das sich in der nächsten Ausgabe vorstellen wird.

Wir sind sicher, dass unsere Zeitung dadurch einen neuen Akzent bekommt und hoffen, dass Sie ihr auch in Zukunft die Treue halten werden.

Hans Hofer



Mikrobiologie, Hygiene und Wohnen 4

Helmut Künzel

Mauersalpeter 9

Helmut Künzel

Aufwuchs an Fassaden 12

Wolfgang Hofbauer

Lernspirale „Kletterpflanzen“ 16

Hans Hofer

Zigarettenrauch zerstört Endothelzellen 17

David Bernhard



Titelbild

Hubert Salzburger: Algenaufwuchs an Kirchenportal (Kramsach)
Seite 20: Kirchturmsims (s.o.)

Fotoindex

Künzel, H.: S. 4, 6, 7, 8, 10
Hofbauer, S.: S. 13,14,15 (alle außer Abb. 11)
Salzburger, H.: S. 15 (Abb. 11)
Berhard, D.: S. 17, 18

Impressum

bioskop ist das parteifreie und konfessionsunabhängige Magazin der ABA (Austrian Biologist Association)

bioskop erscheint viermal im Jahr.

Präsident der ABA

Mag. Helmut Ulf Jost
Fuchgrabengasse 25
8160 Weiz
Helmut.Jost@stmk.gv.at

Redaktion

Dr. Thomas Berti, 6405 Oberhofen 59
Dr. Hans Hofer, Herzog-Sigmund-Straße 7, 6176 Völs,
Dr. Richard Kiridus-Göller, Chimanistr 5, 1190 Wien
HOL Hubert Salzburger, Fachental 84, 6233 Kramsach

Koordination und Kontakt

Dr. Hans Hofer
Herzog-Sigmund-Straße 7
6176 Völs
Tel. + 43 (0) 512/ 304134
Hans.Hofer@uibk.ac.at

Dr. Richard Kiridus-Göller
www.bioskop.at

Beirat

Univ.-Prof. Dr. Georg Gärtner, Universität Innsbruck
Dr. Susanne Gruber, WU Wien
Univ.-Prof. Dr. Bernd Lötsch, NHM Wien
Univ.-Prof. Dr. Erhard Oeser, Universität Wien
Univ.-Prof. Dr. Gottfried Tichy, Universität Salzburg
Univ.-Doz. Dr. Peter Weish, Universität Wien
Univ.-Prof. Dr. Horst Werner, IDN Salzburg
Mag. Dr. Manfred Wimmer, Gymn. Waidhofen/Th.
Univ.-Prof. Franz M. Wuketits, Universität Wien

Anzeigenverwaltung

Mag. Rudolf Lehner
Keplerstrasse 21
A-4800 Attnang-Puchheim
r.lehner@asn-linz.ac.at

Layout und Satz

Hubert Salzburger, Fachental 84, 6233 Kramsach
h.salzburger@aon.at

Belichtungsstudio

Ritzerdruck Marketing, Kitzbühel

Druck

Ritzerdruck Marketing, Kitzbühel 2000
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Auflage

In vielfältiger Weise ist an und in Wohngebäuden ein Befall von Mikroorganismen möglich. An der Außenfassade können sich Algen, Pilze und Flechten ansiedeln und innen in den Wohnungen Schimmelpilze. Solche Bewuchsarten haben im Laufe der letzten Jahre und Jahrzehnte sogar zugenommen.

Helmut Künzel

Vor etwa eineinhalb Jahrhunderten haben sich biologische Prozesse in noch ganz anderer Weise bemerkbar gemacht: In den größer werdenden Städten entstanden Seuchen, welche zu Maßnahmen zwangen, die heute unter dem Begriff „Hygiene“ selbstverständlich sind. Ein weiterer Vorgang: Durch Nitrifikanten und andere Einwirkungen hat sich „Mauersalpeter“ gebildet, welcher Ausblühungen und damit Mauer Schäden zur Folge hatte. Über diese verschiedenen Möglichkeiten mikrobieller und biologischer Auswirkungen im Bereich des Bauens und Wohnens wird nachstehend berichtet.

Algen an Fassaden

Im Folgenden ist unter der Bezeichnung „Algen“ allgemein ein mikrobieller Bewuchs ohne nähere Differenzierung zu verstehen, die an anderer Stelle erfolgt. Die zu beobachtende Zunahme eines Algenbewuchses an den Außenoberflächen von Fassaden ist auf zwei Ursachen zurückzuführen:

Einmal hat sich die Zusammensetzung unserer Außenluft geändert. Durch Filterung der Abluft von Industrieanlagen ist sie sauberer und „giftfreier“ geworden.

Insbesondere der fungizid wirkende SO₂-Gehalt der Luft hat abgenommen (Beispiel München: 1970: 50 µg/m³, 1995: 10 µg/m³, in anderen Städten ähnlich). Zum andern hat die Oberflächenfeuchte der Fassaden im Mittel zugenommen. Diese letztgenannte Ursache ist noch

näher zu erläutern.

Maßgeblich für den Algenbewuchs an einer Fassade ist u.a., wie oft und intensiv diese feucht wird und wie lange sie feucht bleibt. Die Befeuchtung erfolgt in erster Linie durch Beregnung und die Trocknung hauptsächlich durch Besonnung; beide Vorgänge sind somit abhängig von der Wandorientierung (Wetterseite, Sonnenseite) und dem Umfeld des Gebäudes. Warum die Feuchtebelastung im Mittel zugenommen hat, wie oben vermerkt, hängt mit der höheren Wärmedämmung der heutigen Bauarten zusammen. Damit hat es folgende Bewandnis: Bei hoher Wärmedämmung der Fassade kann die Wärmeabstrahlung in klaren Nächten eine Unterkühlung bewirken. Wenn dann der Taupunkt der Außenluft unterschritten wird, kann Taubildung an der Fassadenoberfläche auftreten und eine zusätzliche Befeuchtung verursachen. Dies ist insbesondere bei Außendämmungen zu beobachten, also z.B. bei Wärmedämmverbundsystemen wegen der geringen Wärmespeicherfähigkeit der äußeren dünnen Putzschicht auf der anschließenden Wärmedämmung. Bei massiv hochgedämmten Wänden tritt eine solche Taupunktunterschreitung seltener auf. Die höhere Wärmedämmung beeinflusst aber auch die Trocknung. Der dämmbedingt im Winter geringere Wärmetransport durch die Wand nach außen vermindert das „Trocknungspotential“, da die Wand dann außen kälter ist. Das Algenwachstum hängt somit von vielen Einflüssen ab, von denen ein Teil durch Bild 1 veranschaulicht wird.

Befeuchtung und Trocknung können noch durch folgende Maßnahmen beeinflusst werden. Die Wasseraufnahme bei Beregnung oder Betauung wird durch wasserabweisende Putze oder Anstriche reduziert. Auch die Oberflächenstruktur des Putzes ist von Bedeutung. Auf rauen Oberflächen kann sich die Regenfeuchte eher

„festsetzen“ als auf glatten. Die Trocknung wird - außer durch die Wandorientierung/Besonnung - noch durch die Farbgebung beeinflusst.

Dunkle Oberflächen werden wegen erhöhter Strahlungsabsorption wärmer und trocknen daher rascher als helle. Unabhängig davon kommt es noch auf die Eigenschaften des Untergrundes an. Auf organisch gebundenen Anstrichen oder Putzen können Algen besser wachsen als auf mineralisch/alkalischen Putzen oder solchen mit fungiziden Zusätzen.

Pauschale Hinweise über die Förderung oder Hemmung von Algenbewuchs an Fassaden enthält die folgende Tabelle. Ganz lässt



Bild 1: Unterschiedlicher Algenbewuchs an einer Westfassade: Kein oder geringer Bewuchs unter Balkon und Dachtraufe (regengeschützt) und auf Pfeiler und Tragsparren aus Beton der Gaubenkonstruktion (keine nächtliche Unterkühlung wegen großer Speichermasse). Starke Algenbildung auf der Giebelfläche der Dachgaube mit Außendämmung (Beregnung und Tauwasserbildung).

Algenbewuchs fördernd	Algenbewuchs hemmend
gute Wärmedämmung, insbesondere Außendämmung	schlechte Wärmedämmung bzw. schwere Bauweise
saugfähiger, rauer oder stark strukturierter Putz	wasserabweisender Putz/Anstrich, glatte Oberfläche
Wetterseite, beschattete Seite	besonnte Oberflächen
freistehendes Gebäude, kein Dachüberstand	geschütztes Gebäude, mit Dachüberstand
weiße Fassadenfarbe	dunkle Fassadenfarbe
geringe Luftverunreinigung, Waldnähe, ländlicher Bereich	starke Luftverunreinigung, Industriegebiet, Stadtbereich

Tab. 1: Hinweise über die Förderung und Hemmung von Algenbewuchs an Fassaden

sich ein Algenbewuchs sicher nicht vermeiden; aber er sollte wenigstens so reduziert werden, dass eine Fassadenrenovierung erst in einem oder zwei Jahrzehnten erforderlich wird, wie es bisher wegen Verschmutzung üblich war, die jetzt wegen der reineren Luft zurückgegangen ist.

So ist die heute größere Anfälligkeit von Fassaden für Algenbewuchs letztlich eine Folge der veränderten Außenluftqualität und der besseren Wärmedämmung, also eine Folge von positiven Veränderungen. Über die Möglichkeiten weiterer Beeinflussungen des Algenwachstums - über die hier dargestellten Maßnahmen hinaus - werden derzeit Untersuchungen in verschiedenen Instituten vorgenommen.

Schimmelpilze an Innenflächen

Alles Leben auf unserem Planeten wird dadurch ermöglicht, dass beim Abkühlen feuchter Luft flüssiges Wasser frei wird. So entstehen Tau und Regen. Und so können auch Schimmelpilze in Wohnungen entstehen, wenn die Luft zu feucht und die Wandflächen zu kalt sind. Maßgebend hierfür ist einerseits die Feuchteproduktion beim Wohnen und andererseits das Heizen und die Wärmedämmung der Wände. In der Vergangenheit sind in dieser Hinsicht verschiedene Situationen aufgetreten, abhängig vom jeweiligen Wohnverhalten, das wiederum

durch die sozialen, wirtschaftlichen und technischen Bedingungen beeinflusst worden ist, wie im Folgenden skizziert.

Situation 1:

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts herrschte die Einzelofenheizung vor. Aus Ersparnisgründen wurden meist nur wenige Räume beheizt, die „gute Stube“ z.B. nur an Sonn- und Feiertagen. In den selten oder nicht beheizten Räumen war Schimmelpilzbildung oft nicht zu vermeiden.

Situation 2:

Nach dem 2. Weltkrieg setzte sich in Wohnungen durch billiges Heizöl begünstigt die Zentralheizung durch. Bei den damaligen undichten Fenstern war in den oft überheizten Wohnungen (Thermostatventile waren nicht üblich) die Luft meist zu trocken (Luftbefeuchter kamen auf) und Schimmelpilzbildung war so gut wie unbekannt.

Besondere Lüftungsregeln mussten nicht eingehalten werden; eher musste man sich im Winter durch besondere Abdichtung der Fenster gegen Zugluft schützen.

Situation 3:

Nach der Energiekrise in den siebziger Jahren hieß es: Heizenergie sparen. Zunächst wurden die Außenwände stärker gedämmt,

dann wurden Fenster mit Lippen-dichtung eingebaut, um die Lüftungswärmeverluste zu reduzieren. Durch das sparsamere Heizen (inzwischen waren Thermostatventile die Regel) und die dichter Wohnen stellte sich im Winter eine höhere Raumluftfeuchte ein und dies führte nicht selten zu Schimmelpilzbildungen.

Aus heutiger Sicht wurden die Bewohner zu wenig darüber informiert, dass mit dem Einbau dichter Fenster und somit dem Wegfall einer gewissen „Grundlüftung“, die zuvor durch die vorhandenen Undichtheiten gegeben war, ein anderes Lüftungsverhalten erforderlich ist, um die Wohnfeuchte in ausreichender Weise abzuführen. Streitigkeiten zwischen Mieter und Vermieter über die Ursachen aufgetretener Feuchte- und Schimmelschäden entstanden und wurden oft vor Gericht ausgetragen. Immer ging es dabei um die Frage, ob der Schaden durch bauliche Mängel oder durch falsches Wohnverhalten verursacht worden ist. Im Folgenden werden daher die Einflüsse dargestellt, die beim Wohnen zu beachten sind und was man tun muss, um Schäden zu vermeiden.

Raumluftfeuchte

Durch die Prozesse des Wohnens (Kochen, Waschen) und die Feuchteabgabe der Menschen entsteht beim Wohnen Feuchtigkeit, die durch Lüften abgeführt werden muss. Da im Winter die kalte Außenluft - ausgedrückt in g/m^3 (absolute Feuchte) - trockener ist als die warme Raumluft, führt ein Luftaustausch in der Regel zu einer Minderung der Raumluftfeuchte. Die Intensität der Belüftung wird durch die Luftwechselzahl angegeben, das ist die pro Stunde ausgetauschte Luftmenge, bezogen auf das Raumvolumen.

Luftwechsel $0,5 [h^{-1}]$ - ein üblicher Durchschnittswert - bedeutet somit, dass innerhalb einer Stunde die Hälfte der Raumluft gegen Außenluft ausgetauscht wird. Wird zu wenig gelüftet, dann stellt sich eine höhere Raumluftfeuchte ein und es besteht die Möglichkeit der Tauwasser- und Schimmelpilzbil-

dung an kalten Flächen.

Wärmedämmung

Die Oberflächentemperaturen der Umfassungsflächen einer Wohnung hängen von deren Wärmedämmung und von der Beheizung ab. Je höher die Oberflächentemperaturen, desto geringer ist die Gefahr der Tauwasserbildung. Wenn Tauwasser auftritt, dann sind zunächst die kältesten Stellen betroffen, die sog. Wärmebrücken. Das sind z.B. Wandecken (siehe Bild 2), Fensterstürze oder Geschoßdecken ohne Außendämmung. Je besser die Wärmedämmung eines Gebäudes, um so geringer ist die „Schadensempfindlichkeit“ der Wohnung im Hinblick auf Feuchte- und Schimmelschäden und je geringer die Wärmedämmung, um so mehr muss man richtiges Heizen und Lüften beherzigen.

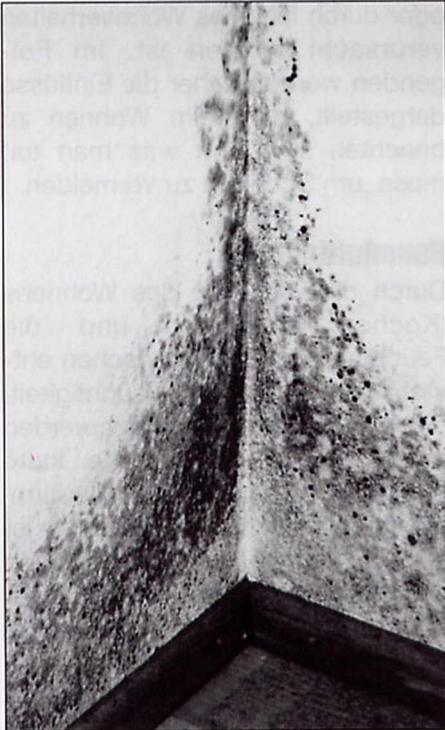


Bild 2: Schimmelpilzbildung im unteren Bereich der Ecke zwischen zwei Außenwänden. Solche Ecken wirken aus geometrischen Gründen als Wärmebrücke. Aus der Art des Befalls kann nicht erkannt werden, ob die Ursache geringe Wärmedämmung oder falsches Wohnverhalten ist.

Materialfeuchte

Die produzierte Wohnfeuchte erhöht nicht nur die Raumluftfeuchte sondern auch die Feuchtigkeit von porösen Stoffen, an deren Oberfläche und Poren sich Wasserdampf anlagert. Diese Anlagerung - oder Absorption - hängt von der relativen Feuchte der umgebenden Luft ab. Ein stark absorbierender Stoff ist z.B. Holz, aber auch Putz, Tapeten und Textilien (Teppiche, Vorhänge). Bei längerer Einwirkung feuchter Raumluft dringt die Feuchte tiefer in die Stoffe ein, so dass dann oft mehr Feuchtigkeit in den umgebenden Materialien als in der Luft ist. Nicht selten treten insbesondere in Schlafräumen Feuchteschäden auf, wenn die vom Menschen abgegebene Feuchtemenge unterschätzt und deshalb zu kurz gelüftet wird.

Richtiges Heizen und Lüften

Aus den dargestellten Einflüssen beim Wohnen ergeben sich zwei wichtige Folgerungen, die zu beachten sind, um Feuchte und Schimmelschäden in Wohnungen zu vermeiden:

1. Ein kurzes Durchlüften („Stoßlüftung“) reicht nicht aus, um Wohnfeuchte wirksam abzuführen. Dadurch wird nur die erhöhte Feuchte aus der Luft entfernt, aber nicht die in porösen Stoffen absorbierte Feuchtigkeit. Diese Feuchte, die in einem langsamen Prozess an Oberflächen und in oberflächennahen Schichten absorbiert worden ist, benötigt auch eine gewisse Zeit zur Wiederabgabe (Desorption).
 2. Die „Schadensempfindlichkeit“ der Bauausführung, insbesondere die Wärmedämmung, ist ein wichtiges Kriterium für das Wohnverhalten. Bei geringer Wärmedämmung der Außenbauteile, die oft bei Altbauten ohne nachträgliche Zusatzdämmung vorliegt, ist verstärkt auf ausreichendes Lüften zu achten, mehr als bei Wohnungen heute üblicher Wärmedämmung.
- Zu diesen beiden Grundaussagen werden noch einige Erläuterungen gegeben:
- Zu 1.: Zur zeitweiligen Lufterneuerung reicht ein kurzes Stoßlüften (Luftdurchzug). Zur

Abfuhr der Wohnfeuchte ist dies aber weniger geeignet: auch wenn das Fenster lange offen bleibt; hierdurch kühlt der Raum nur aus und kalte Luft nimmt nur wenig Feuchtigkeit auf. Um die Wohnfeuchte abzuführen, muss die hereingelüftete Außenluft erwärmt werden; sie wird dann relativ trocken und aufnahmefähig für Wasserdampf. Deshalb muss entweder das Stoßlüften mehrmals wiederholt werden, jeweils nach Zwischenaufwärmung der Luft oder es muss für eine bestimmte Zeit ein stetiger Luftaustausch ohne nennenswerte Temperaturabsenkung bewirkt werden („Spaltlüftung“). Am besten ist es, Stoßlüftung und Spaltlüftung kombiniert anzuwenden. Hilfreich sind auch spezielle, regulierbare „Lüftungsschieber“ am Fenster, auch „Dosierlüfter“ genannt.

Zu 2.: Bei einer „schadensempfindlichen“ Bauausführung, also bei geringer Wärmedämmung, ist besonders darauf zu achten, dass die Erwärmung der Außenwände möglichst wenig beeinträchtigt wird, z.B. durch großflächige Möbel an den Außenwänden. Die Heizkörper sind so anzuordnen, dass die Außenwände durch Konvektion oder Strahlung gut erwärmt werden.

Die Frage, wie oft und wie lange gelüftet werden soll, ist nicht allgemein zu beantworten, da dies von der Schadensempfindlichkeit der Wohnung und der Feuchteproduktion abhängt. Dies muss im Einzelfall entschieden werden. Zur Orientierung kann ein Hygrometer zur Messung der relativen Luftfeuchte nützlich sein. Es ist aber kein bestimmter Feuchtwert anzustreben, da dieser von der Außenlufttemperatur abhängig ist, sondern es ist darauf zu achten, dass nach einer Feuchteproduktion - z.B. durch Kochen oder Duschen - so lange gelüftet wird, bis der zuvor gegebene Feuchtegehalt wieder erreicht ist. Die Luftfeuchte darf sich nicht im Laufe der Zeit „aufschaukeln“, da sonst langfristig Feuchteschäden mit ihren negativen gesundheitlichen Folgen zu befürchten sind.

Hygiene

Saubere Luft, reines Trinkwasser und die Beseitigung von Abwasser und Abfall waren im Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert ein großes Problem. Die Abfallbeseitigung und Straßenreinigung oblag oft über Jahrhunderte den Bürgern, was insbesondere bei großen Menschenansammlungen - in den Städten - auf Dauer nicht befriedigend funktionierte. Ungesunde Wohnverhältnisse und Seuchen entstanden.

Durchlässige Böden

In den durch die beginnende Industrialisierung im 19. Jahrhundert rasch wachsenden Städten traten oft epidemische Seuchen auf. In München z.B. wütete in den Jahren 1836, 1854 und 1873 die Cholera und raffte Tausende der Bevölkerung dahin. Zur Ursachenforschung hat damals Max von Pettenkofer in einer Generalstabskarte die Todesfälle eingezeichnet und dabei festgestellt, dass es verschiedene Inseln im Stadtbereich gibt mit vermehrtem Auftreten der Seuche. Auch die Grundwasserstände hat er registriert und kam zu dem Schluss, dass die Cholera-Erkrankung von einem Keim abhängt in Verbindung mit bestimmten Bodenverhältnissen. Als solche meinte er durchlässige Böden und tiefer Grundwasserstand als förderlich für das Auftreten der Seuche zu erkennen. Diese Hypothese war falsch, wie wir heute wissen. Aber Pettenkofer hat trotzdem das Richtige veranlasst, indem er für die Stadt München Wasser aus dem Alpenvorland herleitete und eine Schwemmkanalisation bauen ließ. Damit wurde München zu „einer der gesündesten Städte des Erdballs“. Durch diese Maßnahme wurde ein „Kurzschluss“ zwischen Versitzgruben und Brunnen im Stadtbereich vermieden und so die hygienischen Verhältnisse wirksam verbessert.

„Atmende“ Wände

Die Idee der „Durchlässigkeit“ des Erdbodens wie auch von Baustof-

fen hat aber Pettenkofer weiter beschäftigt und durch verschiedene Beobachtungen bestätigt gefunden. Zum Beispiel, wenn undichte Gasleitungen des damals zur Raumbelichtung verwendeten Leuchtgases zu Vergiftungserscheinungen auch in Häusern ohne Gasanschluss führten, war dies für ihn ein Beweis für die Gasdurchlässigkeit des Bodens und der Baustoffe. Bei Untersuchungen über die Luftqualität in stark belegten Räumen wie Kasernen und Krankenhäuser führte Pettenkofer Messungen des Luftwechsels durch und definierte die heute noch gültige „Pettenkoferzahl“ zur Bewertung der Luftqualität:

„Oberhalb 1 Promille CO₂-Konzentration entspricht Raumluft nicht mehr den allgemeinen hygienischen Anforderungen.“

Den auch bei geschlossenen Fenstern gemessenen relativ großen Luftaustausch erklärte er durch den Luftdurchgang durch die Wände und unterschätzte somit die Wirkung von undichten Fenstern und Türen.

Bestätigt fand Pettenkofer seine Ansicht durch den in Bild 3 erläuterten „Kerzenversuch“, den er in seinen Vorlesungen vorführte. Auf diese früheren Überlegungen und Hypothesen geht schließlich die heute noch verbreitete Meinung

zurück, daß Außenwände atmen sollen oder müssen, um ein gesundes Raumklima zu erzielen. Heute wissen wir, dass Wände nicht atmen und dass Luftaustausch und Abgabe der Wohnfeuchte nur durch Lüften zu erreichen sind. Trotz dieser Fehlurteile war das Wirken von Pettenkofer sehr erfolgreich. Er wurde deshalb 1864 durch König Ludwig II in den Adelstand versetzt und hatte den für ihn gegründeten und lange Zeit einzigen Lehrstuhl für Hygiene in Deutschland inne. Um einen Wechsel nach Wien zu verhindern, wurde ihm 1872 ein eigenes Institut für Hygiene errichtet. Aus diesen wenigen Anmerkungen wird ersichtlich, welche Bedeutung in der damaligen Zeit den Fragen der Hygiene zukam.

Sanitäre Verhältnisse

Es gibt viele Beispiele darüber, welche Verhältnisse hinsichtlich der Abfallbeseitigung und Sanitärhygiene noch um die Jahrhundertwende 1900 geherrscht haben. Beispielhaft seien hier nur die Verhältnisse in Wien geschildert. Dort war noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Pferdehaltung ein großes Problem. 1900 wird die Anzahl der Pferde auf 42000 geschätzt (ohne Militärpferde). „Die Ausscheidungen der Tiere verteilen sich auf allen Straßen und erfüllen sie mit unan-

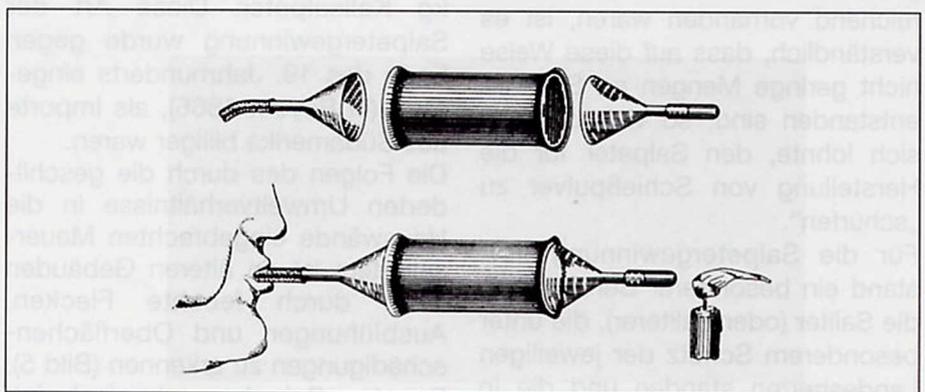


Bild 3: Darstellung des „Kerzenversuchs“ nach einer Veröffentlichung von Pettenkofer. In den Zylinder wird eine Ziegel- oder andere Materialprobe eingepasst. Durch Blasen kann die Kerze gelöscht werden, aber nur wenn die Proben porös und trocken sind. Bei dichtem Material (z.B. Kalkstein) oder bei nassen porösen Proben funktioniert es nicht. Daraus schloss Pettenkofer, dass der Nachteil feuchter Wände darin besteht, daß durch sie keine „natürliche Ventilation“ möglich ist. Eine Nachprüfung ergab, dass zum Verlöschen der Kerze der hundertfache Druck erforderlich ist als in der Praxis als Wind-Staudruck erwartet werden kann [3].

genehmen Gerüchen. Die Straßen sind abwechselnd ein Sumpf oder ein Staubmeer. Bei Regen sind die Straßen mit Schmutz und Kot voll. Durch vorbeifahrende Wagen werden die Schaufenster durch Kot bespritzt und erst recht die Fußgänger, welche den Fuhrwerken noch näher sind.“ Das Pflastern und Asphaltieren der Straßen und damit die Beseitigung von Staub und das leichtere Sauberhalten wurden damals als Triumph der Hygiene und Befreiung von einem Jahrhunderte währenden Übel gefeiert (nach [1]).

Allgemein waren in kleineren Orten meist nur die Hauptstraßen befestigt und das Abwasser wurde in Rinnen neben den Straßen abgeleitet. Abfälle wurden auf den Misthaufen geworfen und nicht selten gelangte unter den gegebenen Verhältnissen die ablaufende Jauche als Schwemm- oder Spritzwasser an die Hauswände, wo sich durch folgende biologische und chemische Prozesse „Mauersalpete“ bildete: Ammoniak als Zersetzungsprodukt organischer Stickstoffverbindungen oder aus Harnstoff und dem Enzym Urease entstanden, ist der Ausgangsstoff für die Bildung von Nitraten durch nitrifizierende Bakterien. Da Harnstoff sowie Fäulnis- und Zersetzungsprodukte bei den oben geschilderten Verhältnissen ausreichend vorhanden waren, ist es verständlich, dass auf diese Weise nicht geringe Mengen an Salpeter entstanden sind, so viel, dass es sich lohnte, den Salpeter für die Herstellung von Schießpulver zu „schürfen“.

Für die Salpetergewinnung entstand ein besonderer Berufsstand, die Saliter (oder Saliterer), die unter besonderem Schutz der jeweiligen Landesherren standen und die in deren Auftrag unangemeldet salpeterhaltige Erde aus den Ställen entnehmen und an Stall- und Hauswänden Salzkristalle abkratzen durften. In der Salpetersiederei wurde sodann Kalksalpeter - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - und in Verbindung mit Pottasche Kalisalpeter (KNO_3) gewonnen. Um den Bedarf zu decken erfolgte vielerorts eine „künstliche“ Salpeterherstellung in sogenannten



Bild 5: Teilansicht eines Bauernhauses mit Salzausblühungen und von unten her feucht aussehenden Außenwänden. Nach Messungen entspricht die Verfärbung einer erhöhten Feuchte. Nach Trocknung der Proben und Lagerung bei Außenklimaverhältnissen hat sich aber der erhöhte Feuchtegehalt wiederum eingestellt. Es handelte sich somit nicht um „aufsteigende“ sondern um „hygroskopische“ Feuchte, die aus der Luft entsprechend dem Salzgehalt aufgenommen worden ist.

„Salpetergärten“[2]. Das sind Kompostieranlagen mit stickstoffhaltigen Abfällen, Stroh, Kalk und Holzasche. Man hat diese Stoffe gut durchmischt, auf gestampftem Boden etwa 1 m hoch aufgeschichtet, mit Harn und Jauche befeuchtet und mit Erde abgedeckt (Bild 4). Der temperaturabhängige Nitrifikationsprozess dauerte etwa zwei Jahre. Aus einem Kubikmeter Salpetererde gewann man etwa 20 kg Kalisalpeter. Diese Art der Salpetergewinnung wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts eingestellt (in Bayern 1866), als Importe aus Südamerika billiger waren.

Die Folgen des durch die geschilderten Umweltverhältnisse in die Hauswände eingebrachten Mauersalpeters ist an älteren Gebäuden noch durch feuchte Flecken, Ausblühungen und Oberflächenschädigungen zu erkennen (Bild 5). Da das Salz hygroskopisch ist, zieht es Feuchte aus der Luft an. Je nach Verteilung und Konzentration des Salzes und in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte entstehen feuchte Flecken, oft durch Schmutzeinlagerungen besonders sichtbar. In Trockenperioden kann das Salz auskristallisieren (Ausblühungen). Im Wechsel zwischen Lösungs- und Kristallzustand kann es durch den Kristallisationsdruck

zu Materialschädigungen kommen. Diese an älteren Gebäuden zu beobachtende und durch Bild 5 dokumentierte Schadensart wird meist auf die Wirkung „aufsteigender Feuchte“ zurückgeführt, da bei solchen Gebäuden meist die Grundmauern ohne Horizontalisolierung ausgeführt worden sind. Man argumentiert dann, dass mit aufsteigender Grundfeuchte Salze aus dem Erdreich in das Mauerwerk eingebracht werden. Die früheren Verhältnisse mit einem erheblichen Salzeintrag von außen bleiben dabei außer Betracht (näheres in [3]).

Man kann sich darüber Gedanken machen, weshalb sich die falsche Meinung über das Atmen der Wände so lange gehalten hat - immerhin über eineinhalb Jahrhunderte! - und andererseits die Hintergründe über den Mauersalpete so rasch in Vergessenheit geraten sind. Dazu muß man wissen, daß Pettenkofer seine Hypothese in populärwissenschaftlichen Vorträgen und Veröffentlichungen verbreitet hat. Und vielleicht ist das unliebsame Umfeld im Zusammenhang mit dem Salpeter einfach verdrängt worden?

Mauersalpeter als Ursache feuchter Grundmauern

Erhöhte Feuchte, Fleckenbildung und Salzausblühungen im Fundamentbereich von älteren Häusern ist ein häufiges Erscheinungsbild, für deren Ursache in der Vergangenheit oft „aufsteigende Feuchte“ genannt worden ist. Bestätigt wurde man in dieser Meinung, weil bei älteren Häusern keine heute übliche Horizontalsperre vorhanden war und man sich deshalb vorstellen konnte, dass Grundfeuchte von unten aufsteigt. Untersuchungen und Beobachtungen deuten aber darauf hin, dass nicht eine fehlende Horizontalsperre die eigentliche Ursache für solche Feuchteschäden ist, sondern hygroskopische Salze, die Wasser aus der Umgebungsluft aufnehmen.

Helmut Künzel

Dies würde auch erklären, warum in der Vergangenheit viele Maßnahmen gegen aufsteigende Feuchte keine überzeugenden Erfolge gebracht haben, z.B. elektroosmotische Verfahren, nachträgliche Horizontalsperren oder Injektionen. Dagegen haben sich Sanierputze in solchen Fällen bewährt, die in der Vergangenheit oft als „begleitende Maßnahme“ bezeichnet worden sind, aber in Wirklichkeit in den meisten Fällen die allein richtige Abhilfe sind.

Gegenargumente

Gegen das verbreitete Auftreten von „aufsteigender Feuchte“ spricht, dass Kaimauern oder Außenwände von Wasserschlössern nicht das feuchte Aussehen aufweisen, wie es von alten Häusern bekannt ist. Man hat in der Vergangenheit gefolgert, dass die Verbindung von stark saugenden Ziegeln und stark saugendem Mörtel ein entsprechend stark saugendes Mauerwerk ergibt. Das ist aber nicht richtig. Vielmehr bestehen von einem Stoff zum anderen Übergangswiderstände, die bewir-

ken, dass das Mauerwerk viel weniger saugt als die einzelnen Stoffe, aus denen es besteht. Anders ausgedrückt: Man darf aus dem guten Saugverhalten eines Mörtels bei Kontakt mit Wasser nicht automatisch folgern, dass dieser Mörtel auch aus einem feuchten Ziegel entsprechend viel Wasser aufnehmen kann. Mehrere aufeinanderfolgende Schichten von Mauersteinen und Mörtelfugen haben daher eine starke Sperrwirkung gegen Feuchtetransport. Deshalb ist es zu erklären, dass offensichtlich Grundmauern aus wenig saugenden Steinen eine ausreichende Sperre gegen aufsteigende Feuchte darstellen.

Hygroskopische Salze

Ein feuchter, poröser Stoff - z.B. ein Ziegel - gibt an die umgebende Luft Feuchtigkeit ab, bis der Wasserdampfdruck im Ziegel im Gleichgewicht ist mit dem in der Luft. Dies ist dann die Sorptionsfeuchte, Gleichgewichtsfeuchte oder Ausgleichsfeuchte für die vorhandene Luftfeuchte (es gibt verschiedene Bezeichnungen für diesen Zustand). Die Trocknungsgeschwindigkeit ist abhängig von der relativen Feuchte der Luft; bei niedriger Luftfeuchte trocknet der Ziegel rascher als bei hoher und behält im letztgenannten Fall auch eine höhere Ausgleichsfeuchte. Anders ist es, wenn der Ziegel mit hygroskopischen Salzen beladen ist. Dann bestimmen nicht allein die Temperatur und Menge des Porenwassers, sondern auch die Art (Hygroskopizität) des Salzes den Dampfdruck. Da das Salz einen Teil des Wassers gewissermaßen „festhält“ (absorbiert), stellt sich eine höhere Sorptionsfeuchte ein, abhängig von der Menge des Salzes (s. Bild 4). Man kann in diesem Zusammenhang auch von einer durch das Salz verursachten „Trocknungsblockade“ sprechen, die ein restloses Trocknen verhindert (Näheres hierzu in [1]). Salzhaltiges Mauerwerk ist deshalb ge-

nerell feuchter als salzfreies. In der Regel handelt es sich bei den Salzen in altem Gemäuer um Salpeter, weshalb sich die Bezeichnung „Mauersalpeter“ eingebürgert hat. Bei höherer Temperatur - z.B. bei Besonnung der Wand - geben hygroskopische Salze das Sorbatwasser ab und bilden Kristalle. Der Vorgang der Kristallisation und Sorption kann im Wechsel der Tageszeiten häufig auftreten, wobei sich Umkristallisationen und Kristallvergrößerungen bilden können. Dies führt dann letztlich zu sichtbaren Ausblühungen und Materialabsprengungen infolge einer Volumenvergrößerung bei der Kristallisation und des dadurch entstehenden Kristallisationsdrucks.

Vergleichbar ist dies mit Frostschäden infolge der Volumenvergrößerung gefrierenden Wassers.

Beim Einbau einer Heizung im Zuge der Renovierung und Umnutzung von Räumen in einem Gebäude mit salzbelasteten Wänden und Decken kann das Problem entstehen, dass vorhandene Mauersalze mit der Beheizung und Trocknung als Ausblühungen sichtbar werden oder zu Kristallisationsschäden führen. Bei Kellerräumen mit alten Gewölben ist dies nicht selten der Fall. Starke Versalzung kann dann zur Folge haben, dass die vorgesehene Nutzung unmöglich ist bzw. dass eine neue Oberflächenschicht vorgesetzt werden muss und z.B. ein Gewölbe nicht in Mauersicht beibehalten werden kann. Bei der Sanierung und Umnutzung alter Gebäude können somit Probleme auftreten, für deren Lösung in jedem Einzelfall Entscheidungen getroffen werden müssen.

Herkunft des Mauersalpeters

Mist, Exkrememente, Urin und Fäulnisprodukte von organischen Abfällen enthalten Harnstoff, welcher durch das Enzym Uriase, das Bakterien produzieren, in Ammoniak und mit Hilfe von Nitrifikanten



Bild 4: Salpetergarten und Salpetersiederei nach einem alten Stich [2].

A: Materialaufbereitung B: Siederei

C: Salpetergärten / Komposteien D: Holzvorrat für die Siederei

in Nitrat umgewandelt wird [2]. Der so entstandene „Mauersalpeter“ war verständlicherweise in erster Linie in den Wänden und dem Boden von Ställen anzutreffen, aber auch an und in den Außenwänden von Gebäuden, die vom Spritzwasser und Schmutz des Straßensmorasts in Berührung gekommen sind. Dazu muß man wissen, dass im 19. Jahrhundert und früher oft freilaufende Schweine, Ziegen, Hühner und Gänse auf den meist unbefestigten Straßen anzutreffen waren, die sich von den Abfällen ernährten, die von den Leuten mangels anderer Entsorgungsmöglichkeiten auf die Straße geworfen worden sind.

Kein geringerer als Johann Wolfgang von Goethe hat einen weiteren Hinweis gegeben, wie der Schmutz bzw. die Salze an die Hauswände gelangt sind. Auf der Fahrt von Heidelberg nach Heilbronn fuhr er am 27.8.1797 durch

Sinsheim, wobei ihm nach seinem Tagebucheintrag aufgefallen ist, dass in den Straßen „der Mist und Gassenkot mehr oder weniger an die Häuser angedrückt war. Der Hauptweg in der Mitte, die Gossen an beiden Seiten und die Pflasterwege zu den Hauseingängen bleiben dadurch ziemlich rein. Der Bürger, der gelegentlich seinen Mist und Kot auf die Felder schafft, ist nicht durch eine allzu ängstliche Polizei gequält und wenn er den Unrat sich häufen lässt, so muss er ihn unter seinen Fenstern dulden; das Publikum ist auf der Straße wenig oder nicht inkommodiert“. Zweifellos war diese Situation nicht das Übliche, sonst hätte Goethe das nicht in seinem Tagebuch festgehalten. Aber es passt zu einer kürzlich in „Ausbau und Fassade“-Heft 2/2003 erschienenen Notiz über die Sanierung eines Hauses, das im Jahr 1752 an der Hauptstraße in Sinsheim erbaut worden

ist, also bei Goethes Durchreise bereits seit 45 Jahren gestanden hat und somit wohl in den „Genuß“ der geschilderten Unweltsituation gekommen sein musste. Die Straßenseite der Außenwand dieses Hauses vor der Sanierung ist in Bild 5 zu sehen. Dem Aussehen und Goethes Schilderung nach handelt es sich hierbei um hygroskopische Feuchte, wenngleich im Schadensbericht aufsteigende Feuchte vermutet wird. Dessen ungeachtet wurde aber als Abhilfe eine Art Sanierputz aufgebracht, der bei aufsteigender Feuchte allein nicht ausreichen würde.

Der aus Harnstoff in der beschriebenen Art gebildete Mauersalpeter war früher der Grundstoff für die Herstellung von Schießpulver. Dafür bildete sich ein eigener Berufsstand, nämlich die „Saliter(er)“ oder „Salpeterer“, die mit besonderen Rechten der jeweiligen Landesherren ausgestattet, jederzeit in Ställen und Wohnungen den Mauersalpeter „schürfen“ durften. Diese Art der Salpetergewinnung wurde in Bayern 1866 eingestellt, weil dann das erforderliche Material billiger aus Chile importiert werden konnte.

Die in der geschilderten Art in die Grundmauern der Gebäude eingebrachten Salze - vorwiegend Nitrate - sind somit letztlich eine Folge der früheren sanitären und hygienischen Verhältnisse. Dass dies früher nicht erkannt worden ist, hängt wohl damit zusammen, dass der Zusammenhang zwischen Salzgehalt und Hygroskopizität nicht beachtet worden ist.

Abhilfemaßnahmen

Die Bandbreite der Salzbelastung von Mauern ist sehr groß. Sie reicht von Anreicherungen in der Putzfläche ohne nennenswerte Beeinflussung des angrenzenden Mauerwerks bis zur völligen Versalzung des Mauerwerks. Entsprechend unterschiedlich sind auch die erforderlichen Abhilfemaßnahmen.

Wenn es sich nur um Oberflächenversalzung handelt mit nur geringer Beeinflussung des angrenzenden Mauerwerks, dann kann in der Regel durch ein- oder eventuell

mehrfachmaliges Neuverputzen der Salzschaaden behoben werden. Mit dem Entfernen des Altputzes wird jeweils die darin enthaltene Salzmenge beseitigt. Nach dieser Methode wurden in der Vergangenheit haeufig die Salzschaaden behoben. Erkennbar ist dies daran, dass in den Zentren alter Orte, wo die historischen Gebaeude in Geschaeftshauser umgewandelt und haeufiger renoviert worden sind, kaum mehr solche Schaaden sichtbar sind, waehrend in gleich alten Wohnhausern der Nebenstraßen oft Salzschaaden noch vorhanden sind. Das Entsalzen durch Neuverputzen entspricht der manchmal angewandten Methode des Aufbringens eines „Opferputzes“, bei der voruebergehend ein saugfaehiger und weicher Putz aufgebracht wird. In diesem Opferputz sollen sich die Salze anreichern, die dann mit dem Putz entfernt werden.

Problematischer ist es, wenn das angrenzende Mauerwerk ebenfalls salzbelastet ist. Dann wird der haeufigere Putzaustausch unwirtschaftlich. In solchen Faellen ist daher die Verwendung von Sanierputzen zweckmaeßig. Diese Putze haben sich nunmehr seit einem Vierteljahrhundert bewaehrt. Sie ermoeglichen wegen einer guten Wasserdampfdurchlaessigkeit eine Trocknung feuchter Waende durch Diffusion, halten wegen einer gezielten Hydrophobierung den Transport von salzhaltigem Wasser zurueck und ermoeglichen in einem groeßen Porenraum das schadloese Einlagern von Salzkristallen (naeheres hierzu in [3], [4]). Die quantitativen Anforderungen an Sanierputze mit

den genannten und erprobten Eigenschaften sind in dem WTA-Merkblatt 2-2-91 festgelegt.

Auf dem Markt werden auch andere Putzsysteme zum Restaurieren, Sanieren oder „Entfeuchten“ von Mauerwerk angeboten, meist unter Hinweis auf altbewaehrte Rezepturen und Erfahrungen und oft ohne Angabe technischer Daten, wie w-Wert, sd-Wert und Festigkeit. Nur durch diese heute eingefuehrten Werte koennen aber Putze beurteilt werden. Ohne solche Angaben hilft nur die Gutglaebigkeit des Kunden. Naetuerlich sind außer Sanierputzen auch andere Maessnahmen einer Kaschierung salzhaltigen Mauerwerks auf der Aeußen- oder Innenseite geeignet, wenn dadurch eine kapillare Trennung zwischen dem Mauerwerk und der neuen Oefflaechen bewirkt wird unter Beibehaltung einer ausreichenden Trocknungsmoeglichkeit des Mauerwerks. Wird letzteres nicht beruecksichtigt, dann koennen Feuchteschaaden nach einiger Zeit außerhalb der Kaschierung wieder in Erscheinung treten. Durch eine vollflaechige, dampfdurchlaessige Daemmschicht - z.B. Holzwolle-Leichtbauplatten mit Putz oder ein mineralisches Waermedaemmsystem - koennen sowohl Salzschaaden kaschiert als auch die Waermedaemmung der Wand verbessert werden. Durch eine außenseitige Zusatzdaemmung wird außerdem die salzbelastete Wand vom Aeußenklima in gewissem Grad „abgekoppelt“, wodurch das Salz „inaktiviert“ wird, d.h. es geht nicht mehr in Loesung und die Wand wird trockener (geringere Sorptionsfeuchte

wegen niedrigerer relativer Feuchte). Das Salz ist in diesem Fall in keiner Weise mehr schaedlich. Bei Versalzung von Sichtmauerwerk, bei dem ein Sanierputz nicht anwendbar ist, bei Fresken und Wandbemalungen oder bei Skulpturen ist es ungleich schwieriger, die Wirkung von Mauersalzen unschaedlich zu machen. Hier muessen im Einzelfall und in der Regel mit entsprechenden Voruntersuchungen zweckmaeßige Maessnahmen ausgesucht werden. Folgende Moeglichkeiten bestehen in diesen Faellen:

- Aufbringen von Zellulose-Kompressen, die nach Befeuchten der zu behandelnden Oefflaechen im anschließenden Trocknungsverlauf Salze aufnehmen. Dies muss ggf. mehrmals wiederholt werden [5].
- Chemische Umwandlung der loeslichen Salze in schwer- oder unloesliche Salze. Diese Methode kann nur bei bestimmten Salzarten angewandt werden [6].
- Elektrochemische Entsalzung von Mauerwerk, wobei die Migration von Anionen und Kationen im elektrischen Feld zu den entsprechenden Elektroden ausgenutzt wird.

Fuer diese Maessnahmen ist der erforderliche Aufwand relativ groeß und sie werden nur dann in Frage kommen, wenn keine andere Moeglichkeit besteht. Wenn es sich um Mauerwerk mit einem Salzgehalt von ueber etwa 3 Masse-% handelt, dann ist nach [6] ein sukzessiver Mauerwerksaustausch meist preiswerter als eine Entsalzung.

Literatur zu : Mikrobiologie, Hygiene und Wohnen

- [1] PAYER, P.: *Der Gestank von Wien*. Doeker Verlag Wien 1997.
- [2] PASZTHORY, E.: *Salpetergewinnung vom Mittelalter in die Neuzeit*. Kultur und Technik 2/1988, S. 67-73.
- [3] KUNZEL, H.: *Bauphysik - Geschichte und Geschichten*. IRB-Verl., Stuttgart 2002.

Literatur zu: Mauersalpeter als Ursache feuchter Grundmauern

- [1] *Trocknungsblockade durch Mauerversalzung*. Bautenschutz + Bausanierung 14 (1991) H.4, S. [63]-[66].
- [2] KUNZEL, H.: *Mauersalpeter, Ursache und Abhilfe*. Stuck-Putz-Trockenbau 1998, H. 7/8, S. 30-34.
- [3] KUNZEL, H.: *Außenputz - Untersuchungen, Erfahrungen, Überlegungen*. IRB-Verlag 2003.
- [4] MEIER, H.G.: *Sanierputze*. Expert-Verlag 2003.
- [5] ETTL, H.-SCHUH, H.: *Salzreduzierung am Ziegel- und Natursteinmauerwerk mit Kompressen*. 10. Hanseatische Sanierungstage 1999.
- [6] FRIESE, P., PROTZ, A.: *Salze im Mauerwerk*. 10. Hanseatische Sanierungstage 1999.

► Autor und Kontakt

Dr. Ing. Helmut Künzel
em. Leiter d. Fraunhofer Instituts
für Bauphysik
Postfach 1152
83601 Holzkirchen
Deutschland

Biologische Analyse von Aufwuchs an Fassaden

Moose und Flechten auf alten Gebäuden oder auf Denkmälern gehören zum gewohnten Erscheinungsbild und werden durchaus als „schön“ empfunden [15]. Gerade in jüngster Zeit gerät aber Aufwuchs an Fassaden zunehmend in den Blickpunkt, da vermehrt von Schäden, insbesondere unerwünschten Verfärbungen der Oberfläche, berichtet wird.

Wolfgang Hofbauer

Fassaden können durch eine Reihe von Organismen besiedelt werden. Im gemäßigten Klima handelt es sich hier vorwiegend um sporenbildende Lebensformen, um Mikroorganismen. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Zusammenhänge, über die wissenschaftliche Vorgehensweise und über die Zusammensetzung des Aufwuchses gegeben.

Ursachen

Das Wachstum von Mikroorganismen auf Fassaden ist ein äußerst komplexes Thema. Meistens ist ein Zusammentreffen völlig unterschiedlicher Einflussgrößen für den mikrobiellen Aufwuchs verantwortlich. Die in der einschlägigen Literatur oder im öffentlichen Meinungsbild genannten Einflussgrößen lassen sich grob in die folgend aufgelisteten Bereiche unterteilen:

- Globale Klimaänderung
- Luftqualität
- Standort
- Ausrichtung
- Konstruktive Details
- Materialauswahl

Globale Klimaänderung

Die Theorie dass durch anthropogene Umweltverschmutzung eine globale Erwärmung stattfindet, ist inzwischen weitgehend anerkannt. Mildere Winter und feuchtwarme Sommer können biologischen Aufwuchs begünstigen. Allerdings

handelt es sich um äußerst langfristige Vorgänge, die nicht kurzfristig beeinflusst werden können, daher soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

Luftqualität

Durch umweltpolitische Maßnahmen hat sich der Schwefeldioxidgehalt der Luft innerhalb der letzten Jahrzehnte deutlich vermindert. Dies könnte den Bewuchs von Mikroorganismen begünstigen [13]. Andererseits steigt durch vermehrte Motorenabgase eine Eutrophierung der Luft, was ein zusätzliches Nahrungsangebot für Mikroorganismen bedeutet. Da diese Einflussgrößen noch nicht ausreichend geklärt sind, sollte das Problem des biologischen Bewuchses grundsätzlich nicht im Konflikt mit unbedingt notwendigen Umweltschutzanstrengungen thematisiert werden.

Standort

Das Bewuchsrisiko wird maßgeblich durch standortklimatische Gegebenheiten bestimmt. So ist zum Beispiel gemäß [3] in ländlichen Reinluftgebieten an Fassaden deutlich häufiger Aufwuchs zu beobachten als in Städten. Für aerophytische Mikroorganismen sind die Bedingungen in der unmittelbaren Umgebung entscheidend, ebenso kann ein gewisser „Infektionsdruck“ gegeben sein [2].

Ausrichtung

An Südfassaden ist nur in Ausnahmefällen Algen- oder Pilzbewuchs zu beobachten, da die solare Erwärmung der Oberfläche eine rasche Trocknung bewirkt [12]. Auf der Nordseite bleibt die Oberfläche entsprechend wesentlich länger feucht. Dementsprechend sind Nord- und Westseite, wie auch die Praxis bestätigt, mit dem größten Befallsrisiko verbunden. Auf der Westseite ist die solare Einstrahlung zwar wesentlich günstiger als auf der Nordseite, aber in vielen Regionen Europas stellt dies die

Wetterseite dar. Das heißt, zusätzlich zur Befeuchtung der Oberfläche durch Tauwasser kommt hier die Wasseraufnahme durch Regen.

Konstruktive Details

Der Einfluss konstruktiver Details auf die Bewuchsgefahr ist äußerst vielfältig. Eine besonders große Rolle spielt dabei die Wärmedämmung, da mit steigendem Dämmniveau der Mechanismus der Befeuchtung über Tauwasseranfall immer mehr zum Tragen kommt. Nach derzeitigem Kenntnisstand hat die oberflächennahe Wärmespeicherkapazität einen bedeutenden Einfluss. Wichtig für das Bewuchsrisiko ist auch die Ausbildung des Dachüberstandes. Gerade in Gegenden mit hohem Schlagregenanteil, wie zum Beispiel in Tirol und in Bayern, haben sich vermutlich auch deshalb Bauweisen mit großen Dachüberständen durchgesetzt.

Materialauswahl

Physikalische und chemische Materialeigenschaften einer Fassade haben Einfluss auf das Bewuchsrisiko. Die oberflächennahe Wärmespeicherkapazität ist bereits angesprochen worden. Auch die Oberflächenstruktur kann einen deutlichen Einfluss besitzen. Auf groben Oberflächen setzen sich leichter Ablagerungen fest, die dann Mikroorganismen als Nahrungsgrundlage dienen können. Die chemische Zusammensetzung des Untergrundes beeinflusst natürlich auch die Eignung für biologische Besiedelung. Einen zentralen Einfluss hat dabei der pH-Wert. Allerdings können Algen und Pilze bereits nach kurzer Zeit auch auf anfänglich hoch alkalischen (bewuchshemmenden) Untergründen wie z.B. Betonoberflächen auftreten.

*

Untersuchungstechniken

Gilt es, die Ursachen und die potenziellen Auswirkungen von

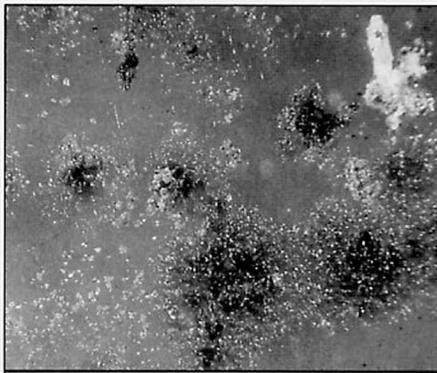


Abb.1: Vorkultur

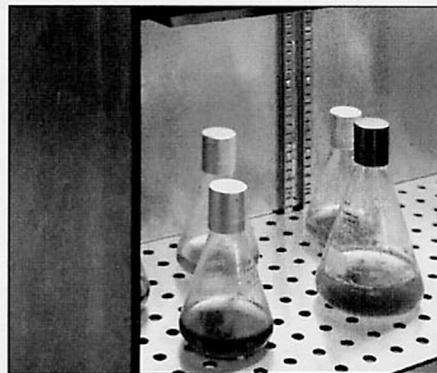


Abb.2: Teil der Kulturensammlg.

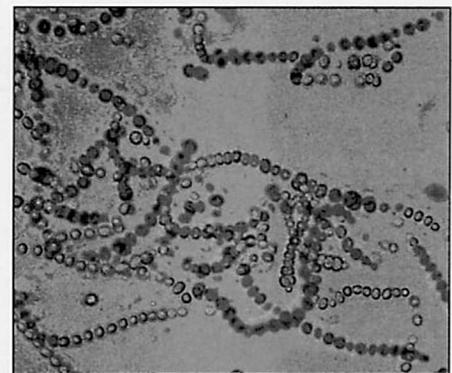


Abb.3: Nostoc sp.

Bewuchs auf Materialien zu beurteilen, ist eine fundierte Kenntnis der Art und Weise der Besiedelung unumgänglich. Eine Analyse des Bewuchses erfordert in der Regel ein mehrstufiges Vorgehen. Neben einer ersten optischen Bewertung ist eine differenzierte taxonomisch-systematische Aufklärung als wichtige Grundlage für wissenschaftliche Arbeiten notwendig.

Biologische Messverfahren

Im Rahmen der biologischen Untersuchungen kommen zahlreiche unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Klassische Methoden sind Keimzahlbestimmung/Biomasse bis hin zur taxonomischen Identifizierung bzw. Charakterisierung der Befallsmuster. Es ist eine breite Palette unterschiedlicher mikroskopischer Techniken einzusetzen (Licht-, Video-, Fluoreszenz-, Polarisationsmikroskopie,...). Je nach Bedarf werden in der Mikroskopie auch zahlreiche Färbemethoden angewendet (z.B. GRAM-, PAS-, Vital-Färbung, usw.). Stoffwechselphysiologische Untersuchungen (z.B. Sauerstoffverbrauch/Kohlendioxidanreicherung, Enzymaktivitäten, etc.) können angewendet werden um zusätzliche Informationen für Material-Aufwuchsbeziehungen zu erhalten. Zusätzlich können Analysen auf wichtige Nährstoffparameter hin (Phosphor, Stickstoff, Kohlenstoff) das Gesamtbild abrunden.

Qualitative/quantitative Analyse

Die taxonomisch-systematische Analyse erfolgt mit Hilfe differenzierter Selektivkulturen, vorwiegend aufgrund mikroskopischer Merk-

malskombinationen. Die Anzucht auf Selektivmedien mit anschließender Isolierung von Reinkulturen erlaubt eine Identifizierung der vorkommenden Organismen. Vorkulturen (Abb.1) in Verbindung mit Verdünnungsreihen ermöglichen im Einzelfall darüber hinaus auch eine Quantifizierung [4], [6]. Dass diese Verfahren natürlich mit einer vergleichenden Beobachtung des Ausgangsmaterials verknüpft sind, erübrigt sich festzustellen.

Unerlässlich für eine taxonomische Bearbeitung des Einzelfalls sind so genannte Vergleichs- und Referenzkulturen. Außerdem ist für eine erfolgreiche Zuordnung von vielen Mikroorganismen die Beobachtung mehrerer Altersstadien notwendig, die man ebenfalls nur in einer Kultur parallel führen kann [4]. Am Fraunhofer-Institut für Bauphysik Holzkirchen (IBP) wurde hierfür in den vergangenen Jahren eine Kultursammlung der wichtigsten bisher bekannten, auf Bauteilen vorkommenden Species eingerichtet, welche ständig erweitert wird. Hierbei handelt es sich um die bisher einzige ausführliche Kultursammlung, die vorwiegend bauteilrelevante Algen enthält (Abb. 2).

Gentechnische Methoden (PCR-Analyse, Gen-Sonden, etc.) können als zusätzliche Hilfsmittel bei der Differenzierung von Mikroorganismen eingesetzt werden. Diese Methoden sind neuerdings im Gespräch zur Analyse von biologischem Aufwuchs. Da aber die auf Außenbauteilen vorkommenden Arten erst zu einem Teil bekannt sind, können diese Arbeitsweisen vorerst nur eingeschränkt verwendet werden. Nach wie vor ist die klassische taxonomisch-systemati-

sche Analyse [9], [8] im Vorteil. Was die Algen betrifft, so vertreten namhafte Spezialisten die Ansicht, dass insgesamt nur etwa 20 % aller existierenden Arten bekannt sind [5].

Dokumentierte Organismen

Im Folgenden werden typische Gruppen von Organismen genannt, die Fassaden besiedeln. Bei zahlreichen Untersuchungen und Projekten wurde am IBP der biologische Aufwuchs an Fassaden analysiert. Die untersuchten Proben stammen von unterschiedlichen Substraten (Bauteilen) und wurden von Einzelobjekten, die sich vom Alpenraum bis an die Nordsee erstrecken sowie von Freilandversuchen gewonnen. In erster Linie wurden bewachsene Fassaden unterschiedlicher Bauart untersucht. Die Palette reicht von unverputzten Betonwänden über Natursteinwände bis zu modernen Fassaden mit mehrschichtigem Aufbau. Schwerpunktmäßig wurden gedämmte Systeme betrachtet, aber auch monolithische Bauweisen.

Organisationstyp Bakterie

Da Bakterien keinen Zellkern aufweisen, werden sie zu den Prokaryonten gerechnet. Im Laufe der Evolution haben sich bei Bakterien verschiedenste Formen ausgebildet. Diese reichen von pflanzlichen Formen über Krankheitserreger bis hin zu einfachen tierischen Ausprägungen. Als mit bloßem Auge sichtbare Erscheinung auf Fassadenoberflächen treten Bakterien nach bisherigem Erkenntnisstand nicht auf.

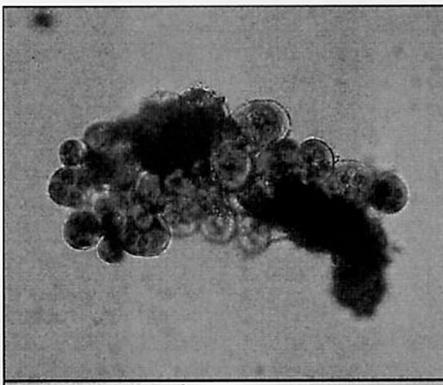


Abb.4: *Gloeocapsa sanguinea*

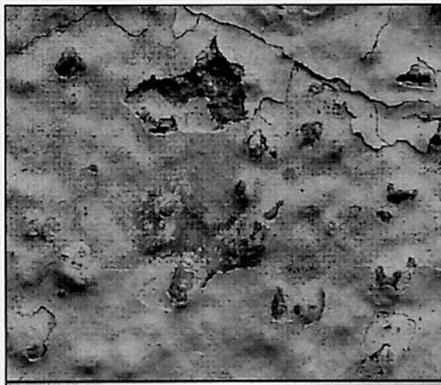


Abb.5: Beschädigter Anstrich ...

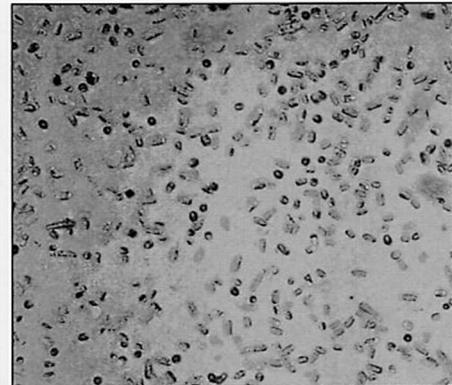


Abb.6: ...durch *Stichococcus bac.*

Organisationstyp Alge

Die bisher beobachteten Algen zählen taxonomisch zu verschiedenen Gruppen. Grundsätzlich kommen meist mehrere verschiedene Formen gemeinsam vor [14], [4], oft bestimmen aber eine oder wenige Arten das optische Bild.

Blualgen - Cyanophyta

Sie gehören wie die Bakterien zu den Prokaryonten. Eine Reihe von Blualgen ist in der Lage Luftstickstoff zu binden. Bekannt ist z.B., dass in Ostasien Reisfelder mit Hilfe von Blualgen gedüngt werden. Viele Blualgen sind auch als Symbionten von Pflanzen von großer Bedeutung. Auch als Flechtenbildner treten manche Arten auf. Einige fädige Formen sind in der Lage sich langsam „wurmartig“ zu bewegen. Auf diese Weise können sie ungünstige Stellen verlassen und „bessere“ Substrate aktiv besiedeln. Einzelne Blualgen wurden bisher als Besiedler von Fassaden dokumentiert [11], [16], [1] (Abb. 3, 4).

Grünalgen (Chlorophyta)

Von überragender Bedeutung für die Besiedelung von Außenbauteilen sind vor allem Algenarten aus der großen Gruppe der Grünalgen (Abb. 5-8). Die Forschung hat sich bisher überwiegend mit der Analyse des Algenbewuchses von alten Denkmälern bzw. historischen Gebäuden befasst, so dass hier nach wie vor Defizite im Kenntnisstand der Algen bestehen, die auf „modernen“ Fassaden Probleme verursachen. Am IBP konnten in jüngster Zeit zahlreiche verschiedene Algen, die Fassaden

besiedeln identifiziert werden [10] Besonders auffällig, aufgrund der roten Farbe, ist z.B. *Trentepohlia iolithus* (Abb.7)

Verschiedene weitere Algenarten von anderen systematischen Einheiten (z.B. Xanthophyceae, Bacillariophyceae, Eustigmatophyceae, Rhodophyceae) kommen vereinzelt vor, sind aber oft auf spezielle Randbedingungen beschränkt (z.B. Salzeinfluss).

Organisationstyp Pilz

Pilze ernähren sich vorwiegend von toter organischer Substanz (Saprophyten). Gemeinsam mit den Bakterien gehören sie zur Gruppe der Destruenten, der abbauenden Organismen. Für den Außenbereich sind vor allem stark pigmentierte Formen („Dematiaceae“) von Bedeutung. Die beobachteten Pilze zählen zu verschiedenen systematischen Einheiten, die im Folgenden kurz genannt werden.

Imperfekte Pilze

Unter Deuteromycetes sind Pilze zusammengefasst, von denen bisher keine geschlechtliche Vermehrung beobachtet wurde. Sie verbreiten sich ungeschlechtlich über verschiedene Arten von Konidien. Sie bilden den weitaus überwiegenden Teil, der auf Fassaden gefundenen Pilzarten. Auch ein Großteil der so genannten „Schwärzepilze“ oder „Schwarzen Hefen“ gehört in diese Gruppe (Abb 9). Weiters können noch Vertreter andere Pilzgruppen (Zygomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes) vorkommen. Besondere Bedeutung haben Ascomycetes dadurch erlangt, dass bestimmte Gruppen von ihnen zu den wich-

tigsten Flechtenbildnern gehören.

Organisationstyp Flechte

Flechten stellen eine Symbiose, d. h. Lebensgemeinschaft zu beiderseitigem Nutzen, von bestimmten Pilzen mit bestimmten Algen dar [7]. Von Flechten können organische Säuren an die Umgebung abgesondert werden, und den mineralischen Untergrund unter Umständen angreifen. Aufgrund der Langwierigkeit dieser Prozesse ist unter den gemäßigten klimatischen Randbedingungen dennoch kein nennenswerter Schaden für Außenbauteile innerhalb deren Lebenszeit zu befürchten. Bestimmte Flechten haben die Möglichkeit in einer Art Vorstufe („Praethallus“) eine Kolonisierung einzuleiten und erst bei verbesserten Bedingungen einen vollständigen Vegetationskörper auszubilden. Diese oft „sorediösen“ Ausbildungen konnten im IBP des Öfteren auch von relativ „jungen“ Fassaden isoliert werden. Abb. 10 zeigt eine Flechte auf der Außenoberfläche eines Gebäudes.

Organisationstyp Moos

Moose stellen relativ hoch differenzierte Landpflanzen dar. Unter den Gestein und Rinde bewohnenden Arten gibt es auch einige, die auf Betonoberflächen und Putzen vorkommen können (Abb. 11). Im Zusammenhang mit Moosbewuchs auf Außenbauteilen sind regelmäßig auch Protonemen zu beobachten, die zu einem mit Algen vergleichbaren Aufwuchsbild führen können.

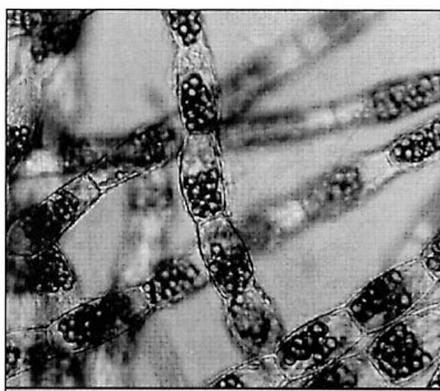


Abb.7: *Trentepohlia iolithus*



Abb.8: *Haematococcus* (Fenster)

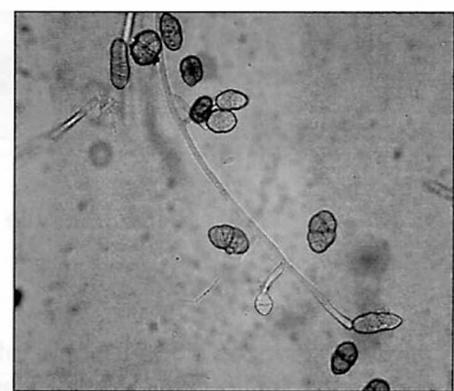


Abb.9: *Ulocladium chartarum*



Abb.10: *Xanthoria parietina*



Abb.11: Moos auf Mauerwerk

► Autor und Kontakt

Mag. Wolfgang Hofbauer
Fraunhofer-Institut f. Bauphysik
Fraunhoferstr. 10
D-83626 Oberlindern
Tel. ++49-8024-643-19
E-mail:
hofbauer@hoki.ibp.fraunhofer.de

Literatur:

- [1] BAGDA, E. et. al. (2000): *Biozide in Bautenbeschichtungen*. Kontakt & Studium Bd. 545. Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim.
- [2] BAGDA, E., WÜHL-COUTURIER, G., LINDNER, W. (1999): *Algen und Pilzen auf Fassadenbeschichtungen auf der Spur*. Farbe & Lack 105. Jahrgang 3/99, 106 – 115.
- [3] BLAICH, J.: *Algen auf Fassaden*. EMPA - Akademie, Dübendorf (2000).
- [4] ETTL, H.; GÄRTNER, G.: *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Gustav Fischer, Stuttgart, Jena, New York (1995).
- [5] FRIEDL, Th.: Internationale Tagung: *Algen als biologische Ressourcen erforschen und nutzen*. Uniprotokolle (2002), Universität Göttingen.
- [6] GÄRTNER, G.: *Bodenalgen*. In: Schinner, F.; Öhlinger, R.; Kandeler, E.; Margesin, R. (eds.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*, 2. Aufl. (1993), Springer, Berlin, S. 258-270.
- [7] GÄRTNER, G.: *Flechten*.- In: Tarmann, G. (Hrsg.), *Kein Leben ohne Pilze*. Beiheft zur Ausstellung im Tiroler Landeskundlichen Museum Zeughaus (1985), S. 106-116.
- [8] GÄRTNER, G.: *The significance of cytomorphology and reproductive methods in the taxonomy of Trebouxia (Chlorophyceae, Chlorellales)*.- Second Internat. Phycological Congress (1985), Copenhagen, Abstracts: 53
- [9] GÄRTNER, G.: *Über die Bedeutung der Cytologie für die Algentaxonomie, dargestellt an Trebouxia (Chlorellales, Chlorophyceae)*.- *Plant Syst. Evol.* 148 (1984), S. 135-147.
- [10] HOFBAUER, W.; BREUER, K.; SEDLBAUER, K.: *Algen, Flechten, Moose und Farne auf Fassaden*. *Bauphysik* 6/2003.
- [11] KAISER, J.-P. & RASCHLE, P. (1998): *Mikrobiell induzierte Biodeterioration von Baustoffen*. FE 23052. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA). Abteilung Biologie, St. Gallen.
- [12] KÜNZEL, H. M.: *Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Feuchte- und Wärmetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten*. Diss. Uni-versität Stuttgart (1994).
- [13] KÜNZEL, H.: *Algenbewuchs an Fassaden: Eine Folge reiner Luft!* *Arconis* 5 (2000), H. 3, S. 20-22.
- [14] PUYMALY, A. de: *Recherches sur les algues vertes aériennes*. Thés. Fac. Sci. Univ. de Paris, Ser. A, No. 991, Bordeaux, (1924).
- [15] RICHARDSON, D. H. S.: *The vanishing Lichens*. Their History, Bio-logy and Importance. David & Charles, Newton Abbot, London, Van-couver (1975).
- [16] Technische Informationsstelle des Deutschen Maler- und Lackierhandwerks, Stuttgart (2000): *Mikrobiologischer Bewuchs auf beschichteten Außenflächen*.

Lernspirale „ Kletterpflanzen an Fassaden “

Klasse: 1. Klasse Hauptschule oder Gymnasium

Sachinformation:

Kletterpflanzen sind im Schulhof an verschiedenen Stellen zu finden: Efeu und Veitschi klettern an den Mauern der Turnhalle empor, der Fünfblättrige Wilde Wein an einem Gerüst oder Zaun und Clematis an den Stämmen und Zweigen von Sträuchern. Auch die Heckenrose hängt sich mit ihren Stacheln bei anderen Pflanzen ein und benützt sie so als Steighilfe. Efeu und Veitschi bilden Wurzeln mit Haftscheiben und heften sich damit an ihre Unterlage. Der Fünfblättrige Wilde Wein dagegen bildet Ranken, mit denen er eine federnde Verbindung zu seinem Klettergerüst herstellt. Als Klettergerüst verwendet er Äste und Zweige von Bäumen, er nimmt aber auch gerne vom Menschen errichtete Kletterhilfen an. Auf ähnliche Weise klettern auch die Reben des echten Weines.

Exkursionszweck

Die Schüler lernen Kletterpflanzen kennen und untersuchen deren Kletterorgane. Bei den Haftwurzeln werden sie feststellen, dass sie am Fassadenputz gut haften und beim Abreißen leichte Schäden hinterlassen. Sind Kletterpflanzen also schädlich? Haben sie Klebstoff auf den Scheiben? Sind sie voller Ungeziefer, das die Wohnungen verseucht? Solche und ähnliche Fragen entstehen bei dieser Exkursion. Einige können die Schüler durch genaues Beobachten selbst klären, andere werden nach der Präsentation besprochen werden

Exkursionsablauf

Lernprodukt

- | | | | |
|---|---------------|---|--------|
| 1 | Einzelarbeit | S. gehen zu je einer Kletterpflanze und untersuchen sie | 5 min |
| 2 | Partnerarbeit | Die Schüler suchen ihren Tandempartner und zeigen ihm ihre Kletterpflanze. Dieser zeigt durch Fragen seine Aufmerksamkeit | 5 min |
| 3 | Gruppenarbeit | Vier Schüler besprechen ihre Ergebnisse und gestalten gemeinsam ein Plakat über ihre vier Kletterpflanzen. Danach bereiten sie ein Kurzreferat darüber vor und üben in der Gruppe ihr Referat | 20 min |
| 4 | Präsentation | durch einen ausgelosten Schüler/ Schülerin | 20 min |

Plakat mit Kurzvortrag, der so vorbereitet wird, dass jede Schülerin bzw. jeder Schüler ihn zu halten imstande ist.

Gruppenbildung

Jede/r Schüler/in bekommt einen Zettel, auf dem neben einer Ziffer und einem Buchstaben der Name der Pflanze steht, die er/sie untersuchen soll.

Die Tandems werden durch die Buchstaben auf dem Arbeitsblatt zusammengeführt, die Vierergruppen ergeben sich aus der Ziffer am Arbeitsblatt: Alle 1er bilden die Gruppe 1, alle 2er die Gruppe 2 usw.

Autor und Kontakt

Mag. Dr. Hans Hofer, Päd.Akad. des Landes Tirol
6176 Völs, Herzog-Sigmund-Str. 7
Hans.Hofer@uibk.ac.at

Zigarettenrauchen verursacht laut einer Studie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) jedes Jahr 5 Millionen Todesfälle und ist somit die zweithäufigste Todesursache weltweit.

David Bernhard

Erschreckender Weise ist die Tendenz der durch Rauchen verursachten Todesfälle stark steigend und die WHO geht davon aus, dass im Jahr 2020 bereits 8,4 Millionen Menschen durch Rauchen umkommen.(1)

Die Situation in Österreich entspricht voll diesem Trend und erst kürzlich war in Zeitungen zu lesen, dass Österreich Europameister ist, was den Prozentsatz 15 jähriger Raucherinnen betrifft. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass dringender Handlungsbedarf besteht präventive Strategien zu entwickeln und junge Menschen davon abzuhalten mit dem Rauchen zu beginnen.

In einer Studie unserer Arbeitsgruppe aus dem Jahr 2003 konnten wir zeigen, dass Zigarettenrauchen der wichtigste Risikofaktor für frühe Veränderungen der Blutgefäßwände darstellt.(2) Diese Veränderun-

gen (Verdickung der Intima - Media Schicht (IMT) siehe Abbildung 1) von großen Arterien z.B.: der Halsschlagader) wurden bei 17 bis 18-jährigen Burschen festgestellt und eine zweite Studie zur Untersuchung dieses Zusammenhangs bei jungen Frauen derselben Altersstufe, die dankenswerter Weise vom BMGF unterstützt wird, läuft derzeit. Diese Verdickung der Intima - Media Schicht ist an sich ein noch ungefährlicher, reversibler Prozess, bildet allerdings die Vorstufe zur Arterienverkalkung (Arteriosklerose), der häufigsten Todesursache in Österreich und anderen Ländern der westlichen Welt. Im Jahr 1999 waren 54 % aller Todesfälle in Österreich auf kardiovaskuläre Erkrankungen zurück zu führen, deren gemeinsame Ursache die Arteriosklerose bildet.(3;4)

In einer großen Anzahl von Studien, mit zum Teil einigen Tausend Probanden, konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Rauchen und Arterienverkalkung festgestellt werden. Diese Ergebnisse haben dazu geführt, dass Rauchen, wissenschaftlich fundiert und allgemein anerkannt, als Hauptrisikofaktor für Arterienverkalkung klassifiziert wurde.

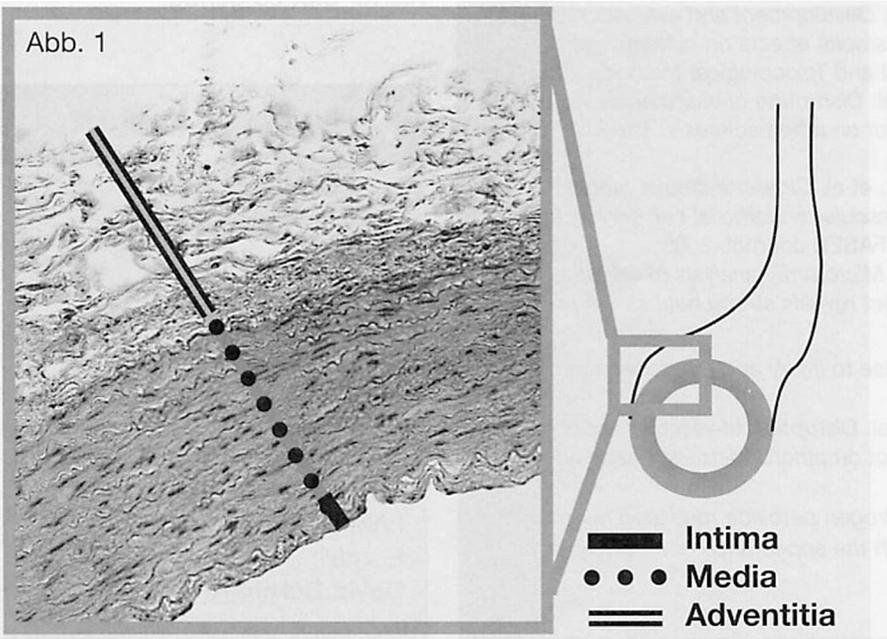
Nachdem wir durch die Ergebnisse

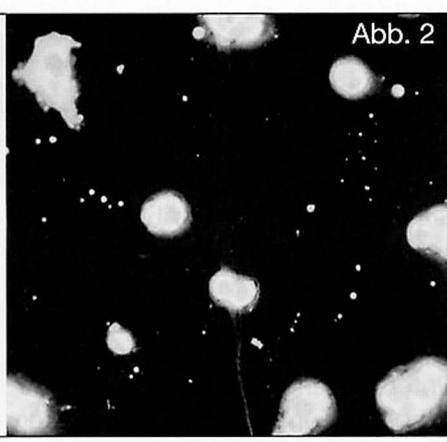
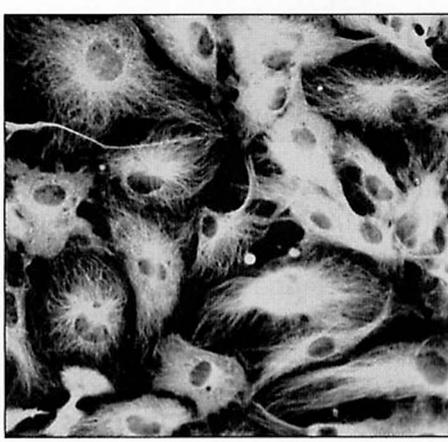
unserer oben erwähnten Studie auf diesen Zusammenhang aufmerksam gemacht wurden, stellt sich uns die Fragen warum und wie Rauchen zur Arterienverkalkung beiträgt. Nach ausgiebigem Studium der Fachliteratur waren wir einigermaßen erstaunt, dass die Ursachen für diesen tödlichen Zusammenhang in ihrer Grundlage unverstanden waren. Als Hauptursache dafür konnten wir das Fehlen von guten Modellsystem identifizieren.

Als Pathophysiologen sehen wir es als unsere primäre Aufgabe aufzuklären welche Prozesse bei der Entstehung von Krankheiten ablaufen bzw. wie diese zur Entstehung von Krankheiten beitragen. Das Rationale hinter dieser Sichtweise ist es, jene Prozesse die maßgeblich zur Genese einer Erkrankung beitragen zu identifizieren und so neue „targets“ für die Therapie beschreiben zu können.

Um im Falle des Zusammenhangs zwischen Rauchen und Arteriosklerose diese Prozesse zu identifizieren, haben wir uns entschlossen ein Modellsystem zu entwickeln. In Zusammenarbeit mit Christian Huck vom Institut für Analytische Chemie und Radiochemie der Leopold-Franzens Universität Innsbruck ist es gelungen Zigaretterrauchinhaltsstoffe derart zu „sammeln“ dass sie ähnlich wie im Blutkreislauf von Rauchern auf Gefäßendothelzellen treffen. Die Entwicklung der „Rauchmaschine“ die Austestung und Optimierung wurde von uns publiziert.(5) Mit Hilfe diese Systems wurden im Anschluss zahlreichen Untersuchungen durchgeführt, die es uns erlauben ein völlig neues Bild der Effekte von Rauchen und Rauchinhaltsstoffen auf Blutgefäßwände zu entwerfen.(6-8) Die Bedeutung der Schädigung des Gefäßendothels für die Entstehung von Arteriosklerose durch Risikofaktoren wie Bluthochdruck und erhöhtes LDL Cholesterin, ist wissenschaftlich

Abb. 1





gut untermauert und allgemein anerkannt.(9)

Neu ist, dass Rauchinhalstoffe massiv in das zelluläre Gleichgewicht dieser, die restliche Gefäßwand schützende Zellschicht eingreifen. Grundsätzlich konnten wir ein Drei-Phasen Modell für die Auswirkungen von Rauchinhalstoffen auf das Gefäßendothel entwickeln und jene Rauchinhalstoffe die für die Schädigung verantwortlich sind identifizieren. Zigaretterrauch beinhaltet ca. 4800 verschiedene Substanzen, von denen eine Vielzahl bioaktiv ist. Wir konnten eindeutige Hinweise dafür finden, dass Metalle die über den Boden in die Tabakpflanze aufge-

nommen werden und anschließend in die Zigarette gelangen maßgeblich an der Schädigung beteiligt sind. Zwar konnten wir feststellen, dass Metalle im Rauch essentiell für die negativen Auswirkungen auf das Gefäßendothel sind, jedoch auch, dass Metalle alleine nicht ausreichend sind.(10) Als zweites entscheidendes Wirkungsprinzip wurden oxidativ aktive Substanzen identifiziert, die sich allerdings von gängigen Oxidanzien, wie H_2O_2 oder OH^- , unterscheiden und eher in Richtung kurzlebige Radikale einzuordnen sind.(11) Das Zusammenspiel dieser Rauchkomponenten trägt dazu bei, dass in besonderem Maße zelluläre Proteine die für die

Aufrechterhaltung der Zellstruktur wichtig sind und gleichsam auch als Zellskelett bezeichnet werden, oxidiert und somit geschädigt werden. Die Schädigung besonders der Mikrotubuli führt zum Kollaps der Endothelzellen (siehe Abbildung 2).

Durch diese Prozesse wird die schützende Endothelzellschicht in Arterien angegriffen und teilweise zerstört. Aus anderen Modellen ist gut beschrieben, dass eine Reduktion der Schutzwirkung des Gefäßendothels zur Lipidablagerung in der Gefäßwand und zur Infiltration von Gefäßwänden durch Zellen des Immunsystems beiträgt. Beide Vorgänge initiieren einen Teufelskreis aus weiterer Schädigung der Blutgefäßwände durch Auslösung einer Entzündungsreaktion und Reduktion der Funktionalität des Gefäßwandsystems, der schließlich zur Ausbildung von arteriosklerotischen Plaques und in weiterer Folge zu Herzinfarkt und Schlaganfalls führt.

Um die Ergebnisse abschließend noch einmal auf den Punkt zu bringen: Bereits 1-2 Jahre Zigarettenrauchen schädigt massiv die Blutgefäße! Das Entscheidende ist junge Menschen von Rauchen abzuhalten und das Image des „coolen Rauchers“ zu zerstören. Zusätzlich sollte ein wichtiges Ziel sein jene Menschen die bereits Rauchen zu überzeugen mit dem Rauchen aufzuhören. – Argumente hierfür gibt es genug.

Literatur

- (1) WHO. <http://who.int/tobacco/en/2004>.
- (2) KNOFLACH M., KIECHL S., KIND M. et al. *Cardiovascular Risk Factors and Atherosclerosis in Young Males; ARMY-Study (Atherosclerosis Risk-Factors in Male Youngsters)*. Circulation. 2003.
- (3) American-Heart-Association. *2002 Heart and stroke statistical update*. 2002. Dallas, Texas, American Heart Association.
- (4) WHO. <http://www.cvdinfobase.ca/2004>
- (5) BERNHARD D., HUCK C., JAKSCHITZ T. et al. *Development and evaluation of an in vitro model for the analysis of cigarette smoke effects on cultured cells and tissues*. Journal of Pharmacological and Toxicological Methods 2003.
- (6) BERNHARD D., PFISTER G., HUCK CW. et al. *Disruption of vascular endothelial homeostasis by tobacco smoke - impact on atherosclerosis*. The FASEB Journal. 2003;17.
- (7) BERNHARD D., CSORDAS A., HENDERSON B. et al. *Cigarette smoke metal catalyzed protein oxidation leads to vascular endothelial cell contraction by depolymerization of microtubules*. The FASEB Journal. 2005;
- (8) HENDERSON BR., KIND M., WICK G. et al. *Micro array analysis of endothelial cells treated with cigarette smoke extract reveals strong heat shock protein induction*. 2005.
- (9) ROSS R., GLOMSET J., HARKER L. *Response to injury and atherogenesis*. Am J Pathol. 1977;86:675-684.
- (10) BERNHARD D., PFISTER G., HUCK CW. et al. *Disruption of vascular endothelial homeostasis by tobacco smoke - impact on atherosclerosis*. FASEB Journal. 2003;17.
- (11) CSORDAS A., WICK G., BERNHARD D. *Hydrogen peroxide mediated necrosis induction in HUVECs is associated with the appearance of an atypical pattern of caspase-3 cleavage*. 2005.

Autor und Kontakt

Dr. David Bernhard
 Sektion Experimentelle
 Pathophysiologie und
 Immunologie
 Biozentrum Innsbruck
 Medizinische Universität
 Innsbruck (MUI)
 Fritz-Pregl-Str. 3 / 4. OG.
 A-6020 Innsbruck
 Tel.: 0043-512-507-3112
 FAX: 0043-512-507-2867
 E-mail:
David.Bernhard@uibk.ac.at



P.b.b.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bioskop](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [2005_3](#)

Autor(en)/Author(s): Diverse Autoren

Artikel/Article: [Mikroorganismen an Gebäuden 1](#)