

Verhinderung und Beseitigung von Algen- und anderem Bewuchs auf Beton

Bearbeitet von Wolfram Rechenberg, Düsseldorf ¹⁾

Vorbemerkung zur Bearbeitung: *Fragen über die Beseitigung oder Verhinderung von Organismen, die sich auf Beton ansiedeln, kommen auch bei uns immer wieder auf. Die umfassende englische Darstellung kann daher zur Unterrichtung über die Möglichkeiten beitragen, auch wenn sich manche Ausführungen dazu in der Veröffentlichung selbst als praktisch wenig gegenständlich abzeichnen.*

Einleitung

Auf Beton siedeln sich gelegentlich Organismen an, die selbst kaum zerstörend auf Beton wirken. (Anm. B.: Eine Einwirkung wird sich im allgemeinen höchstens als Anätzung der Oberfläche äußern.) Häufig ist es jedoch wünschenswert, einen Bewuchs zu entfernen. In der vorliegenden Arbeit werden dazu einige Gesichtspunkte erörtert.

1. Organismen

1.1 Algen

Algen sind frei lebende Pflanzen. Sie decken ihren Energiebedarf praktisch ausschließlich direkt aus dem Sonnenlicht. Zu den etwa 20 000 bekannten Arten gehören auch die Tange, die bei starker Sonneneinstrahlung ungewöhnlich stark wachsen können. Einige Algenarten können als pulverähnliche Verfärbungen oder als Schleim auf feuchten Betonflächen auftreten.

1.2 Pilze

Die hier in Frage kommenden niederen Pilzarten benötigen zu ihrem Wachstum stärkeähnliche Substanzen, die z. B. beim Verfaulen höherer Pflanzen entstehen. Ist eine entsprechende Nährschicht vorhanden, so ist immer mit dem Auftreten von Pilzen zu rechnen, wobei Sonnenlicht nicht unbedingt benötigt wird.

1.3 Flechten

Eine Art Verbindung zwischen gewissen Algen- und Pilzarten stellen die Flechten dar. Flechten treten gern auf feuchten Beton-, Mörtel- oder Asbestzementflächen auf.

¹⁾ Bearbeitung der Veröffentlichung von R. Keen: Controlling algae and other growths on concrete. Advisory Note 45.020, Cement and Concrete Assoc., London 1971. — Eingeschaltete Anmerkungen und Erläuterungen des Bearbeiters sind mit „Anm. B.“ gekennzeichnet.

1.4 Moos und Leberwurz

Wenn sich auf rauhen Betonflächen Erde sammelt, können sich darin Moos oder Leberwurz ansiedeln; sie halten Feuchtigkeit auf der Unterlage zurück.

1.5 Bakterien

Bakterien sind einzellige, dem unbewaffneten Auge nicht sichtbare Organismen. In Kläranlagen bewirken sie als „Biologischer Schlamm“ den Abbau von organischen Substanzen. Gewisse Bakterien oxydieren Schwefelverbindungen zu Schwefelsäure, die Beton und Abwasserleitungen zerstören kann. (Anm. B.: Die Reaktionen, die zur Schwefelsäurezerstörung von Beton führen, sind etwas verwickelter als hier dargestellt; siehe dazu Anm. B. unter 4.4.2.)

2. Wachstumsbedingungen

Alle Organismen benötigen Feuchtigkeit und Sauerstoff. Hefen, Bakterien und Algen können nur gedeihen, wenn eine gewisse Mindestmenge an flüssigem Wasser vorliegt. Dagegen begnügen sich gewisse Pilzarten mit Wasserdampf. Einige Organismen bilden bei Wassermangel Zysten (Anm. B.: Das sind eingetrocknete Zellen), die bei erneutem Wasserangebot wieder zum Leben erwachen.

Viele Organismen, besonders Algen, sind bemerkenswert anpassungsfähig, und sie können daher ohne Schwierigkeiten im gesamten pH-Bereich von 2 bis 10 gedeihen. Sie werden als Sporen oder Mizellen durch die Luft oder durch das Wasser verbreitet. Praktisch alle Organismen benötigen zu ihrem Wachstum mindestens Spuren von Mineralsalzen; doch ist auch eine Algenart bekannt, die in destilliertem Wasser vorkommt.

Organismen haben ein verhältnismäßig enges, optimales Temperaturintervall, in dem sie am besten gedeihen. Dieses Intervall kann im Bereich von 4 °C bis 80 °C liegen.

Chemikalien, die diese Organismen abtöten, werden als Germicide, Algicide, Herbicide, Fungicide, Bactericide, Biocide, Microbiocide oder Slimicide bezeichnet.

3. Vorkommen in der Praxis

Moos, das auf Betondachsteinen wächst, kann den Ablauf des Regenwassers stören und Rinnen sowie Fallrohre verstopfen. Flechten erzeugen Flecken auf Asbestzement. Algen lassen Strukturen der Bauteile unansehnlich erscheinen oder machen Fußbodenplatten schlüpfrig. Flüsse werden gelegentlich dermaßen befallen, daß zur Erhaltung der Strömung die Ansatzflächen ständig mechanisch gereinigt werden müssen. In einigen extremen Fällen sind Betonrohre, mit denen man Abwasser ins Meer leitete, durch Organismen vollständig verstopft worden. In Abwasserrohren wird gelegentlich Schwefelwasserstoff durch Bakterien zu Schwefelsäure oxydiert, die dann den Beton angreift (siehe dazu Anm. B. unter 4.4.2).

4. Gegenmittel

In Tafel 1 sind einige Gegenmittel für besondere Zwecke aufgeführt. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die Mittel nicht spezifisch wirken. Unter den jeweils vorliegenden Bedingungen sollten daher mehrere der aufgeführten Chemikalien auf ihre

Tafel 1 Vorschläge zur Verminderung und Beseitigung von Bewuchs auf Beton

Bauteil	Behandlung	Bemerkung
Dachsteine	1%ige Dichlorophenlösung	Wäßrige oder alkoholische Lösung. Nicht an Brücken o. ä. verwenden, da sonst Fischschäden
	Kupferdraht am Dachfirst	Nur begrenzt anwendbar
Asbestzement	2%ige Pentachlorophenat-lösung	Begrenzte Dauerwirkung
	2,5%ige Natrium-1-phenylphenolatlösung	Begrenzte Dauerwirkung
Außenwände	10%ige Magnesiumsilicofluoridlösung in Wasser	-
Innenwände	2%ige Natriumsalicylat-lösung	Farben mit ähnlichen Fungiciden sind erhältlich
	0,2 %ige Kupfercarbonat-lösung in verdünntem Ammoniak	Kann zur Bildung von blauen Flecken führen
Beläge, Beton in Anlagen	Verdünntes Teeröl	Gleiche Anwendung wie an Obstbäumen
	5%ige Formalinlösung*)	Besonders wirksam in geschlossenen Räumen
Wasserläufe	Gelöstes Kupfersulfat mit erster Benetzung durch 0,5 bis 1 mg Kupfer/l	Teuer bei großangelegter Verwendung
	Fungicider Anstrich vor erster Benetzung durch Wasser	Erfahrungen über Wirkungen liegen nicht vor
Teiche	Kupfersulfatlösung mit 0,2 mg Kupfer/l	Fischschäden; ggf. Kaliumpermanganatpräparate besser geeignet
Schwimmbäder	Dichlorophen	Gemäß Anwendungsvorschriften
Seebauten	1,1'-Äthylen-2,2'-dipyridylum	Einige Tangarten sind widerstandsfähig
Abwasserkanäle	Gute Belüftung	Siehe Text
Zusatzmittel für Frischbeton	0,2 % Kupferpulver, bezogen auf Zementgewicht	Kupfer(II)-oxid (schwarz!) verzögert
	0,1 % Kupfersulfat, bezogen auf Zementgewicht	Keine Beeinträchtigung der Betoneigenschaften

*) Gleichermaßen wirksam:
Wäßrige Kresol- oder Natriumhypochloritlösungen

Wirksamkeit geprüft werden. Lösungen werden im allgemeinen mit einer Bürste aufgebracht. Sie können auch aufgesprüht werden, sofern ausreichende Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden. Das ist nötig bei giftigen Dämpfen, die eingeatmet werden können oder Pflanzen in der Umgebung schädigen. Feste Regeln für die aufzutragende Menge lassen sich nicht angeben, meist werden jedoch etwa 5 l/m² ausreichen.

4.1 Befall von Außenflächen

Auf Außenflächen können nach [1] eine Reihe von giftigen Stoffen angewendet werden, um Algen, Flechten und Moose zu beseitigen. Bleichmittel, die im Haushalt gelegentlich Verwendung finden, wie z. B. 5%ige Natriumhypochloritlösung und 2%ige Formaldehydlösung, lassen sich mit gutem Erfolg einsetzen. Sie hinterlassen jedoch keinen Rückstand, der einen neuerlichen Befall verhindert. Dichlorophenol ist ein Algicid mit einem weiten Anwendungsspektrum und geringer Phytotoxizität (Anm. B.: Pflanzengiftigkeit), das daher auch in Gegenwart höherer Pflanzen allgemein anwendbar ist. Für die Behandlung von industriellem Wasser wird es als Siliacid (Anm. B.: Mittel gegen schleimbildende Bakterien) und in der Medizin als Wurmmittel benutzt. Für die Behandlung von Beton liegen bisher nur wenig Erfahrungen vor. Eine nachteilige Wirkung auf den Beton ist von einer 1%igen Lösung des freien Phenols in Isopropanol nicht zu erwarten.

Auf Asbestzement wirken mit einer gewissen Dauer 2%ige Lösungen von Natriumpentachlorophenat und 2,5%ige Lösungen von Natriumorthophenylphenolat ausgezeichnet microbicid. Sie neigen jedoch dazu, aus alkalischen Stoffen im Laufe der Zeit ausgelaugt zu werden. Hydrophobierter Zement wurde mit Verbindungen aus dieser Stoffgruppe hergestellt, und es wird angenommen, daß sie dem Beton fungicide Eigenschaften verleihen. Sie verursachen jedoch Hautkrankheiten. Daher wird dieser Zement nicht mehr hergestellt. Für Porenbeton wird ein Gemisch eines 5%igen wässrigen Siliconharzlatex mit einer 2%igen ortho-Phenylphenollösung in aromatischen Lösungsmitteln empfohlen.

Mit Magnesium- und Zinksilicofluorid werden Betonböden behandelt. Werden 5- bis 25%ige Lösungen aufgebracht, so wirken sie über eine gewisse Zeit fungicid (Anm. B.: pilztötend). Kupferne Einfassungen oder dünne Kupferdrähte, die auf dem Dach dem Regen ausgesetzt sind und langsam korrodieren, unterdrücken auf darunterliegenden Flächen das Algenwachstum, ohne Flecken zu bilden.

Arsen-, Zinn- oder Quecksilberverbindungen, die in einigen fungiciden Farben [2] und Lösungen enthalten sind, sind sehr giftig. Sie können daher nicht für den allgemeinen Gebrauch empfohlen werden. (Anm. B.: In Skandinavien sind Quecksilberverbindungen als Konservierungsmittel für die Lackindustrie verboten. Mit ähnlichen Verboten ist in Kürze in den USA und in Japan zu rechnen. Beschränkungen werden in den EWG-Ländern zur Zeit diskutiert. Daher werden in der Lack- und Farbenindustrie in zunehm-

memdem Maße organische Verbindungen als Fungicide verwendet [8].)

Im „Antifouling Process“ [3] wird Tributylzinnoxid verwendet. Tang, der an Hafengebäuden aus Beton wächst, läßt sich mit Diquat (Anm. B.: das ist 1,1'-Äthyl-2,2'-dipyridylum) beseitigen. Einige Arten sind jedoch gegen dieses Pflanzengift resistent.

4.2 Befall auf Innenflächen

Schimmel tritt gelegentlich in feuchten Innenräumen auf. Er ist dann häufig die Folge ungenügender Belüftung oder Abdichtung gegen Feuchtigkeit. In Brauereien und Bäckereien entsteht Schimmel häufig dadurch, daß ungenügend belüftete Flächen von Hefesporen besiedelt werden. Befallene Flächen wirken unansehnlich und sind vor allem unhygienisch; außerdem werden übliche Anstriche durch diese Organismen zerstört. Durch einige der bereits aufgeführten Mittel läßt sich Schimmel nachträglich beseitigen. Dafür hat sich auch eine 2%ige Natriumsalicylatlösung bewährt. Außerdem werden schimmelfeste Farben angeboten. Einige Fungicide lassen sich auch Zement- und Wasserfarben beimischen. Lösungen, die 0,2% Kupfercarbonat und etwas Ammoniak enthalten, erwiesen sich häufig als wirksam. Dabei bleiben jedoch gelegentlich grünlich-blaue Flecken zurück.

4.3 Befall in Wasser

Der Befall von Unterwasserbeton läßt sich prinzipiell auf drei Arten verhindern:

4.3.1 Zusätze zum Beton

Dem Beton werden beim Anmachen Gifte zugesetzt. Arsen-, Zinn- und Quecksilberverbindungen sind jedoch viel zu giftig und kommen daher nicht in Frage. Für die Praxis werden daher 0,1 Gew.-% Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), bezogen auf das Zementgewicht, empfohlen. Auch bis zu 1 Gew.-% metallisches Kupferpulver kann dem Beton zugemischt werden. Ist es jedoch bereits oxidiert (schwarzes Kupferoxid, Kupfer(II)-oxid), so ist es unwirksam; es kann außerdem das Erstarren stören. Natriumpentachlorophenat wird in einer Zusatzmenge von 0,2% des Zementgewichts zur Verhinderung von Algenbewuchs empfohlen.

Über die Wirksamkeit dieser Zusätze liegen keine Erfahrungen aus der Praxis vor. Vor allem können die Zusätze im Laufe der Zeit ausgelaugt werden, wodurch der Schutz verlorengeht. Darauf deuten jedenfalls Laboruntersuchungen [4] hin.

4.3.2 Farben und Beschichtungsmittel

Für Schiffsrümpfe stehen faulssichere Farben zur Verfügung, sie werden jedoch für Beton wahrscheinlich nur beschränkt benutzt. Versuche mit Anstrichmitteln auf Basis Kupfer(II)-oxid haben im Meerwasser gezeigt, daß sich vom Anstrich täglich wenigstens 0,1 g/m² lösen muß, um einen Befall wirksam zu verhindern. Derart wirksame Anstriche sind deshalb nach etwa 2 bis 3 Jahren verbraucht [3].

4.3.3 *Behandlung des Flußwassers*

Das Wasser von Flüssen kann mit Kupfersulfat oder anderen Chemikalien behandelt werden, um einem Belag von Unkraut und Algen zu begegnen. Die Wirkung von Kupfersulfat hängt jedoch von der Härte und der Temperatur des Wassers ab. In warmem, weichem Wasser ist eine Kupferionenkonzentration von 0,25 mg/l bereits voll ausreichend. Bei niedriger Temperatur und in hartem Wasser können jedoch bis zu 2 mg/l notwendig werden. Da Kupfersulfat auf Fische giftig wirkt, ist es nur mit äußerster Vorsicht zu verwenden. Empfindliche Fischarten, wie z. B. Forellen, werden von solchen Konzentrationen bereits geschädigt. Bei einem Versuch wurden Säcke mit Kupfersulfat quer über einen Fluß eingehängt. Flußabwärts wurde nach 200 m eine Kupferionenkonzentration von 1 mg/l und nach 2 000 m von 0,4 mg/l gemessen. Diese Konzentration reichte aus, um den Bewuchs im Fluß zu verhindern [5]. (Anm. B.: Die hier vorgeschlagene Methode belastet den Vorfluter erheblich mit Kupfer(II)-ionen. Aus Abwasserreinigungsanlagen darf nur Wasser abgegeben werden, das höchstens 1,0 mg/l Kupfer(II)-ionen aufweist [9].)

Auch mit anderen Chemikalien sind Unzulänglichkeiten verbunden. So wirken z. B. Spuren von Stoffen auf Phenolbasis nur wenig toxisch auf Säugetiere; sie führen jedoch dazu, daß der Geschmack von Trinkwasser, das bei der Aufbereitung gechlort worden ist, unangenehm beeinträchtigt wird.

Über die Anwendung von Mitteln gegen Unkraut in Wasserläufen und Seen wurde vom „Ministry of Agriculture, Fisheries and Food“ eine offizielle Bestimmung „The use of herbicides on weeds in watercourses and lakes“ herausgegeben.

4.4 **Befall in Abwasserleitungen**

Für die Vermeidung von Schäden in Abwasserleitungen aus Beton, die mit einem bakteriellen Schwefelangriff zusammenhängen, sind drei verschiedene Möglichkeiten bekannt [6]:

4.4.1 *Fließgeschwindigkeit des Abwassers*

Das Wasser soll mit hoher Geschwindigkeit, jedoch ohne Turbulenz fließen. Dadurch wird verhindert, daß sich Schlamm in den Leitungen festsetzt und daß Schwefelwasserstoff in die Kanalluft übergeht. Das gleiche wird durch Zugabe von Chemikalien, wie z. B. Nitraten, Alkalien oder Chloriden, oder durch mechanische Reinigung erreicht.

4.4.2 *Behandlung des Abwassers*

Dem Abwasser werden Bactericide zugesetzt. Dadurch wird die Oxydation des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelsäure verhindert. Hierfür sind Selen, Natriumsilicofluorid, Kupfercarbonat, Pentachlorphenol und Natriumarsenit vorgeschlagen worden. Versuche, die in dieser Richtung unternommen worden sind, konnten jedoch nicht voll befriedigen. In jedem Fall werden die auftretenden Probleme jedoch durch eine gute Belüftung des Kanals gemildert.

(Anm. B. zu 4.4.1 und 4.4.2: Die hier gegebene Darstellung ist sachlich zu berichtigen: Schwefelwasserstoff entsteht im Abwasser durch sauerstofffreie Reduktion schwefelhaltiger Verbindungen, wie z. B. von Eiweißen oder Sulfaten. Schwefelwasserstoff, der aus dem Abwasser austritt, wird *oberhalb* des Wasserspiegels an den feuchten Kanalwänden durch Bakterien zu Schwefelsäure oxydiert. Werden Bactericide dem Abwasser zugesetzt, so könnte damit die Bildung von Schwefelwasserstoff im Abwasser selbst verhindert werden. Diese Möglichkeit ist aus verschiedenen Gründen jedoch in Frage zu stellen. Des Weiteren ist die Zugabe von ausgesprochenen Bactericiden wie Pentachlorphenol oder Schwermetallsalzen wie Selen, Kupfer oder Arsen bedenklich, da sie in nachgeschalteten biologischen Abwasserreinigungsanlagen oder im Vorfluter die dort ablaufenden aeroben Prozesse ebenfalls stört. H. Schremmer [7] hat andererseits gezeigt, daß eine ausgezeichnete Belüftung praktisch keinen Einfluß auf das Entstehen von Schwefelsäure hat. Hingegen wird die Oxydation von Schwefelwasserstoff zu Schwefelsäure durch erhöhte Temperaturen [10] erheblich gesteigert.)

4.4.3 Herstellung des Betons von Abwasserleitungen

Zur Herstellung des Betons von Abwasserleitungen ist Tonerdezement, Sulfathüttenzement oder Portlandzement zu verwenden. Zumindest bei Portlandzement muß der Zuschlag aus Kalkstein bestehen. (Anm. B.: Für Abwasserleitungen, in denen sich Schwefelwasserstoff bilden kann, wird man in der Bundesrepublik allenfalls Zemente HS mit hohem Sulfatwiderstand nach DIN 1164 verwenden.)

Es sind auch teure Kunststoffbeschichtungen vorgeschlagen worden.

Anhang

Im Anhang des bearbeiteten Textes sind 11 englische Erzeugnisse mit ihrer Zusammensetzung, ihren Handelsnamen und Herstellern zusammengestellt; hier werden sie nur mit den chemischen Bezeichnungen wiedergegeben.

1. 1,1'-Äthylen-2,2'-dipyridylum
2. Kaliumpermanganat
3. Silicofluoride
4. Siliconlatex mit Fungiciden
5. Dichlorophen
6. Natriumpentachlorphenol
7. Natriumsalicylat
8. Natriumorthophenylphenolat
9. Kupferverbindungen
10. Organische Quecksilberverbindungen
11. Zinnverbindungen

Anm. B.:

Diese Chemikalien sind auf dem deutschen Markt ebenfalls erhältlich. Sie können um einige Chemikalien, die in jüngerer Zeit an Bedeutung gewonnen haben, ergänzt werden [8]:

12. Trifluormethylthiophthalimid
13. Trichlormethylthiophthalimid

SCHRIFTTUM

- [1] Building Research Station: The control of lichens, moulds and similar growths on building materials. Digest No. 47 (First Series; Revised August 1963) HMSO, S. 4.
- [2] Steward, W. J., und P. F. Klens: Comparative fungicidal performance of phenyl mercury compounds. American Paint Journal 41 (1957), S. 341/350.
- [3] Lawrence, C. D.: Antifouling paints and processes. The Engineer 1967, S. 811/814.
- [4] Robinson, R. F., und C. R. Austin, Effect of copper bearing concrete on moulds. Industrial and Engineering Chemist 1951, S. 2077/2082.
- [5] Chancellor, R. J., A. V. Coombes und H. S. Foster: Proc. Fourth British Weed Control Conference, Brighton 1958.
- [6] Esson, D. M. R.: The bacterial attack of sewage on concrete. Cement, Lime and Gravel 38 (1963), S. 27/29.

Schriftumergänzung des Bearbeiters

- [7] Schremmer, H.: Beitrag zur Frage der Betonbeständigkeit von Abwasseranlagen. Straßenbau-Technik 13 (1960), S. 90/94.
- [8] Pauli, O.: Unbedenkliche Anstrichfungizide und Konservierungsmittel. Farbe und Lack 77 (1971), S. 888/890.
- [9] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Normalwerte für Abwasserreinigungsverfahren. Verlag Wasser und Boden, Hamburg 1970.
- [10] Corrosion of concrete sewers. South African Council for Scientific and Industrial Research. Series DR 12 (1958), S. 326.