

Aus der Schadenforschung

Korrosionsfolgeschäden durch chlorwasserstoffhaltige Brandgase

Probenahme- und Beurteilungskriterien für Gebäude und Einrichtung

DK 614.841:662.613.5:546.131:69.02.005:620.11:543.115

Von H. Grupp und R. Pentenrieder, Ismaning

In den vergangenen Jahren ist die Diskussion über die Art und Weise der Probenahme nach Bränden, bei denen halogenhaltige Kunststoffe mitverbrannt sind und die Beurteilung der Messergebnisse wieder stärker diskutiert worden. Es wird deshalb eine Bestandsaufnahme der heutigen Praxis sowie eine Bewertung der verschiedenen Probenahmemöglichkeiten und deren Ergebnisse versucht.

1. Probenahme an Gebäuden

Geübte Praxis ist es, an Gebäuden aus Stahlbeton Bohrproben zur Ermittlung eines Tiefenprofils des Chloridgehaltes zu entnehmen. Dabei werden die unterschiedlichsten Arten von Bohrern verwendet. Häufig anzutreffen sind Handbohrmaschinen mit einem 14-mm-Bohrer, mit dem an einer Stelle Bohrproben aus unterschiedlichen Tiefen entnommen werden können. Der relativ kleine Durchmesser des Bohrers hat den Vorteil, dass auch über Kopf noch mit der Hand gebohrt werden kann, was einerseits große Flexibilität gewährleistet und andererseits eine relativ schnelle Probenahme gestattet. Nachteilig dabei sind eventuell große Schwankungen der Ergebnisse, da wegen der Grobkörnigkeit der Zuschlagstoffe häufig nur Zuschlagstoffe erfaßt werden. Dies kann jedoch über die Anzahl der Bohrungen kompensiert werden, wenn gleichzeitig auch noch dem höchsten Chloridgehalt die größte Bedeutung für die Beurteilung zugemessen wird. Da auch bei Bohrerdurchmessern bis zu 36 mm die Ergebnisse um den Faktor 2 schwanken können, wie ein Fall in jüngster Zeit zeigte, ist die Verwendung eines dünneren Bohrers bei erhöhter Anzahl von Bohrungen durchaus zu akzeptieren. Dickere Bohrer, teilweise mit Innenabsaugung des Bohrmehls, bringen den Nachteil mit sich, dass nicht mehr nur mit der Hand gearbeitet werden kann. Der dabei zu verwendende Bohrständer muss aber an jeder Probenahmestelle mit einem Metalldübel festgemacht werden, was die Probenahme zeitlich aufwendig macht und somit auch hohe Kosten verursacht.

Umstritten ist die Frage, ob Farb- und/oder Rußschichten, in denen sich möglicherweise Chloridanteile angereichert haben, an der Probenahmestelle vorher zu entfernen sind. Unter der Maßgabe, dass bedingt durch die Kornverteilung auch bei 36-mm-Löchern die Ergebnisse noch bis zum Faktor 2 schwanken können und der Chloridanteil in der Rußschicht sich höchstens in der zweiten Stelle nach dem Komma im Ergebnis bemerkbar macht und wenn außerdem die ungleichmäßige Verteilung der Rauchgase und der geschätzte Zementanteil in Betracht gezogen wird, beantwortet sich diese Frage von selbst.

Je nach Lage der entnommenen Probe - bei gleicher Entfernung zum Brandherd - ist eine große Streuung in den Ergebnissen zu erwarten. Bei der Wahl der Probenahmestelle:

- in Fußbodennähe
- im Bereich einer Seitenwand
- in der Decke
- in der strömungsabgewandten Seite von Unterzügen

lassen sich beliebige Ergebnisse an ein und derselben Brandstelle erzielen. Deshalb ist es notwendig, über den gesamten betroffenen Bereich ein Raster von Probenahmestellen zu legen, um dadurch ein Raster sowohl im räumlichen Ausmaß als auch ein Tiefenprofil des Chloridgehaltes zu erhalten. Nur mit Hilfe solcher tendenzieller Untersuchungen lassen sich präzise Aussagen über eine durchzuführende Sanierung treffen. Stichproben-Untersuchungen scheiden aus vorgenannten Gründen aus.

Bei sorgfältiger Probenahme sollte so tief gebohrt werden, bis sich der Chloridgehalt im Beton nicht mehr tendenziell ändert, d. h. der Nullwert des Betons bezüglich seines Chloridgehaltes erreicht wird. Dies ist aus Zeit- und Kostengründen in vielen Fällen unnötig, wenn aus den Resultaten der ersten beiden Lagen sich bereits abzeichnet, dass der Grenzwert des Chloridgehaltes im Beton, im Bereich der Bewehrung ohnehin nicht erreicht wird.

Üblich sind Bohrtiefen 0 bis 5 mm, 5 bis 10 und 10 bis 20 mm. Feinere Abstimmungen, wie z. B. Ruß- und/oder Farbschicht, 0 bis 2 mm, 2 bis 5 mm, sind wegen der zu erwartenden Fehler unnötig und verursachen nur Kosten. Wird die aufliegende Rußschicht zusammen mit dem Bohrmehl aus 0 bis 5mm erfaßt, wird stets der für die Beurteilung ungünstigere Wert herangezogen, was auf jeden Fall für alle Beteiligten die sicherste Aussage ergibt. Sollten sich die Chloridgehalte im Bereich der Bewehrung an bestimmten Stellen um den Grenzwert herum streuen, so sind sicherheitshalber aus diesen Bereichen noch zusätzliche Proben zu entnehmen. Da nur die Bewehrung des Stahlbetons korrosiv angegriffen wird und die eigentliche Betonsubstanz unbeschädigt bleibt, kann nur der im Bereich der Bewehrung zu erwartende durchschnittliche Chloridgehalt zur Beurteilung von Stahlbetonbauten herangezogen werden. Nur wenn der Durchschnittsgehalt an Chlorid in diesem Bereich 0,4 Massen-% (bezogen auf den Zementanteil) überschritten wird, sind Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Da der Zementanteil in den meisten Fällen unbekannt ist und deshalb geschätzt wird, ist für eine sichere Beurteilung von einem Zuschlagstoffverhältnis zwischen 1:5 und 1:7 auszugehen. Die absoluten Gehalte in den darüberliegenden Schichten im Beton dürfen für die Beurteilung nicht maßgebend sein. Wie die bereits 15jährige Praxis mit diesem Grenzwert zeigt, ist dies ein zuverlässiger Maßstab zur Beurteilung, der eher noch zur sicheren Seite tendiert. Dieser Grenzwert wird in der gesamten Betonbeurteilung wie z. B. auch bei Brücken und Parkhäusern infolge Streusalzeinwirkung verwendet. Unterhalb dieses Grenzwertes besteht kein Risiko für den Bauteil, der eingeführte Begriff „Restrisiko“ ist deshalb irreführend.

Sanierungsmaßnahmen sind ebenfalls dann abzuschließen, wenn der Durchschnittswert des Massengehaltes im Bereich der Bewehrung von 0,4% unterschritten wird. Sanierungen bis zum Gesundheitswert in der obersten Schicht des Betons kosten nur unnötiges Geld. Diese Art der Beurteilung muss auch von freien Sachverständigen verlangt werden können, zumal es sich heute um den Stand der Technik handelt.

2. Probenahme an Einrichtungen (Maschinen und Vorräte)

2.1 Wischproben mit Watte oder Filterpapier

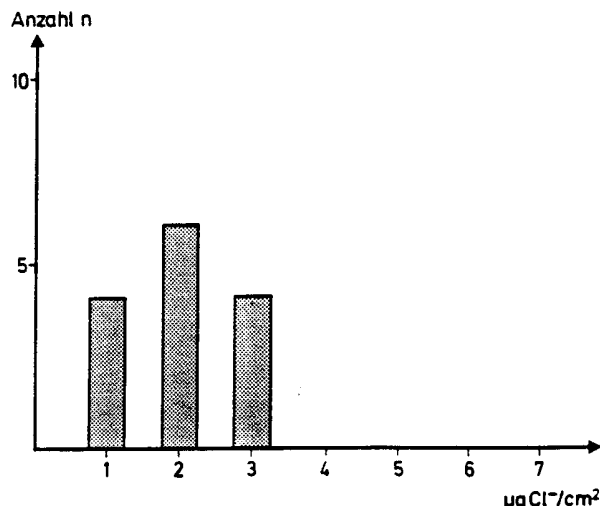
Zur Bestimmung von Chloridkonzentrationen auf Oberflächen, die im Gegensatz zu Beton keine Diffusion ermöglichen, werden so genannte Wischproben entnommen. Dazu wird eine bestimmte Fläche mindestens einmal mit einem feuchten Wattebausch (DAB6 bzw. Kosmetik-Pads) abgewischt und dieselbe Fläche anschließend mit einem trockenen Wattebausch (bzw. mit der 2. Hälfte des Kosmetik-Pads) trocken gewischt. Um den Fehler möglichst klein zu halten, sollte versucht werden, etwa 100 cm² einer Oberfläche abzuwischen. Für ebene Flächen empfiehlt sich die Verwendung einer Schablone mit 10 x 10 cm Kantenlänge. Anstelle der Watte wird teilweise auch mit Filterpapier gearbeitet. Da der Cl⁻-Gehalt im Filterpapier z.T. doppelt so groß ist wie in Watte, wird davon abgeraten. So genannte Ätzproben, d. h., das Abwischen mit verdünnten Säuren sind nach unserer Einschätzung nicht zu empfehlen, da hier auch wasserunlöslich gebundenes Chlorid mitbestimmt wird und so Cl⁻-Gehalte vorgetäuscht werden, die am Korrosionsprozess nicht mehr teilnehmen können.

Watte, das verwendete destillierte Wasser sowie Chloridanteile von Handschweiß ergeben für die Chloridmassenbedeckung einen Grundwert (Blindwert) von kleiner/gleich 1 µg/cm². Mit dem mindestens einmal feuchten und einmal trockenen Abwischen werden auch hohe Chloridgehalte quantitativ erfasst. Wenn dieselbe Fläche ein zweites Mal abgewischt wird, sind Chloridbedeckungen im Bereich um 1 µg/cm² festzustellen. Die mit Hilfe dieser Methode erhaltenen Werte weisen eine relative Meßunsicherheit, hauptsächlich bedingt durch das Abwischen, von ±20% auf. Dieser vergleichsweise hohe Fehler ist jedoch tolerierbar, da es für die Beurteilung unerheblich ist, ob auf einer bestimmten Fläche 40 oder 50 µg Cl⁻/cm² vorliegen.

2.2 Probenahme an Geräten

Bei elektrischen und elektronischen Anlagen ist es oftmals schwierig, 100 cm² ebene Flächen abzuwischen. Hier empfehlen sich waagerechte Stege der Einschübe oder waagerechte Gehäuseteile als Probeentnahmeort. An senkrechten Flächen ist meistens eine geringere Beaufschlagung zu erwarten als bei waagerechten Flächen. Kondensationen finden in kühleren Bereichen verstärkt statt, d. h., Gehäuseteile sind meist mehr beaufschlagt als die Steckkarten selbst. Ebenso muß auf die Strömungsrichtung der Rauchgase durch Schalt-

schränke geachtet werden. Im Windschatten liegende Flächen zeigen oftmals überhaupt keine Beaufschlagung und sind deshalb als Probeentnahmeort ungeeignet.



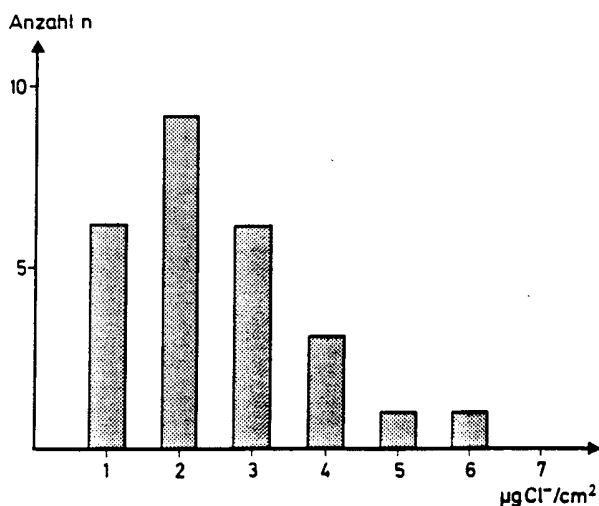
Tafel 1.1. Chloridbedeckung einer fabrikneuen Zentraleinheit (lackierte Oberflächen).

Ebenso zeigen metallische Oberflächen in der Regel höhere Chloridgehalte als Kunststoffflächen. Dass Proben von elektrischen Anlagen sowohl außen am Gehäuse als auch innen abgenommen werden müssen, ist für eine exakte Beurteilung selbstverständlich und sei der Vollständigkeit wegen erwähnt.

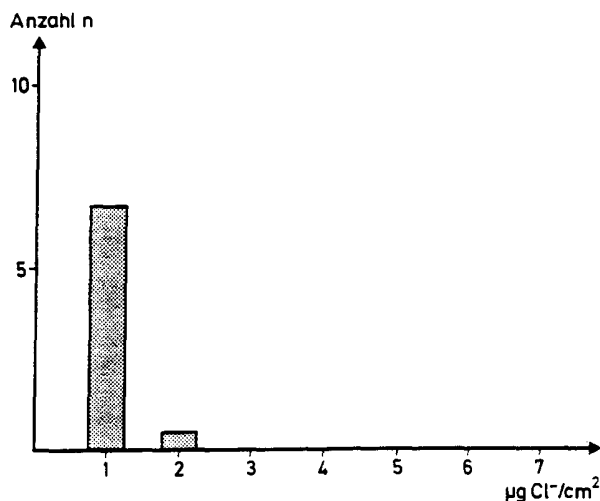
Für eine sorgfältige Probenahme über einem Brandbereich ist ebenfalls ein Raster zu legen, dessen Größe von dem beaufschlagten Brandabschnitt abhängt. Dabei sind Maschinen und Einrichtungsgegenstände teilweise zu demontieren, um ein Eindringen der Brandgase in das Innere feststellen zu können. Dies findet hauptsächlich dann statt, wenn sich während des Brandes ein leichter Überdruck im Raume aufbauen konnte. Dies ist vor allem bei Schwelbränden der Fall.

Weiterhin ist zu beachten, dass vom Brandherd aus gesehen, zunächst geringe Beaufschlagung, dann maximale und weiter entfernt wieder abnehmende Beaufschlagungen festzustellen sind. Öffnungen in den Wänden, wie Kabeldurchführungen und Lüftungskanäle, sind zu berücksichtigen.

Insbesondere durch Lüftungskanäle können Rauchgase in Räume gelangen, die vom Brandherd weit entfernt sind. Es ist deshalb notwendig, hauptsächlich bei vollklimatisierten Gebäuden die Wege der Lüftungskanäle zu verfolgen und die Probenahme entsprechend auszudehnen.



Tafel 1.2. Chloridbedeckung einer fabrikneuen Zentraleinheit metallische Oberflächen



Tafel 2. Chloridbedeckung von fabrikneuen Plattenlaufwerken.

2.3 Räumliche Eingrenzungen und Nachkontrollen

Neben dem eigentlichen Sinn der Probenahme nach Bränden an Maschinen und Einrichtungen, nämlich der Feststellung einer Beaufschlagung überhaupt, steht heute die Eingrenzung des räumlichen Ausmaßes der Beaufschlagung und deshalb die räumliche Abgrenzung der Sanierungsarbeiten eher im Vordergrund, da die gegenwärtig durchgeführten Sanierungsmaßnahmen weitgehend unabhängig von der Höhe der Chloridbeaufschlagung sind.

Eine wesentlich größere Bedeutung der Bestimmung des Oberflächenchloridgehaltes sehen wir nach der Reinigung, um deren Effizienz zu kontrollieren.

Diese Kontrolle ist sowohl für den Betreiber der Anlage als auch für den Versicherer sowie für das Reinigungsunternehmen und den Sachverständigen von Bedeutung und wird leider immer noch zuwenig durchgeführt. Selbst wenn im schriftlichen Bericht diese Nachkontrolle empfohlen wird, kommt selten eine Rückmeldung an den Sachverständigen, um diese Arbeiten auszuführen. Eine Nachkontrolle der Reinigungsmaßnahmen muss in jedem Falle von einem

Unabhängigen durchgeführt werden. Untersuchungen, die Sanierungsfirmen selbst ausführen, sind nur im Sinne einer eigenen Qualitätskontrolle zu verstehen, können aber in keinem Falle eine Abnahme darstellen.

Solange sie kein entsprechend chemisch ausgebildetes Personal haben, erscheint die Ausrüstung von Sanierungsfirmen für diese Arbeiten mit chloridsensitiven Elektroden als fragwürdig. Eintageskurse reichen dafür mit Sicherheit nicht aus.

Oberflächenwerkstoff	Oberflächenausrichtung	Cl ⁻ -Beaufschlagung in µg/cm ²
Kunststoff	w	2,2
Kunststoff	w	1,0
Kunststoff	s	0,9
Lack	s	1,3
Lack	s	3,3
Lack	s	1,7
Alu	s	2,2
Alu	w	1,7

Tafel 3. Chloridbedeckung von fabrikneuen Druckern (w – waagrecht; s - senkrecht)

Oberflächenwerkstoff	Oberflächenausrichtung	Cl ⁻ -Beaufschlagung in µg/cm ²
Lack	w	5,2
Lack	w	3,2
Lack	s	2,6
Lack	w	1,2

Tafel 4.1. Zentraleinheit mit Lack- oder Kunststoffoberflächen und ihre Chloridbedeckung (w - waagrecht; s - senkrecht).

3. Methoden zur quantitativen Bestimmung des Cl-gehaltes

3.1 Titration mit Silbernitrat

Die quantitative Analytik von Chloriden in wässriger Lösung kennt zahlreiche Methoden. Die häufigste und auch älteste Art der Chloridbestimmung beruht auf der Titration mit Silbernitrat. Der Endpunkt kann im einfachsten Falle durch die Zugabe von Kaliumdichromat beobachtet werden (Titration nach Mohr [1]). Dabei erfolgt ein schwacher Farbumschlag von gelb zu orange.

Die Nachweisgrenze bei dieser Methode liegt bei 300 bis 500µg Cl. Wischflächen mit 100 cm² ergeben eine noch hinreichende Genauigkeit ab etwa 0,5 µg Cl/cm². Da in vielen Fällen jedoch 100 cm² als Wischfläche nicht zur Verfügung stehen, ist diese Art der Endpunktsbestimmung starken Einschränkungen unterworfen, so dass die exakte Erfassung kleiner Cl-Mengen, insbesondere nach der Reinigung, mit dieser Methode nicht möglich ist.

3.2 Potentiometrische Titration mit der Ag/Kalomel-Elektrode

Eine deutlich höhere Genauigkeit mit derselben Analysenmethode kann durch den Einsatz der potentiometrischen Titration erreicht werden [2]. Die Analyse erfolgt hier unter der Verwendung von einer Silber/Kalomel-Elektrode, die am Umschlagpunkt einen deutlichen Potentialsprung zeigt. Die Erfassungsgrenze bei dieser Methode wird durch das Löslichkeitsprodukt von Silberchlorid bestimmt und liegt theoretisch bei 10^{-5} mol Cl^-/l . Dies entspricht etwa $0,1 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$ bei einer Wischfläche von 100 cm^2 . Die heute zur Verfügung stehenden Analysenautomaten gestatten es auch, mit dieser Methode vor Ort zu messen.



Tafel 4.2. Chloridbedeckung einer Zentraleinheit nach zwei Jahren Betrieb (metallische Oberflächen).

Oberflächenwerkstoff	Oberflächen-Ausrichtung	Cl^- -Beaufschlagung in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
Lack	w	4,2
Lack	s	3,0
Lack	s	1,1
Zink	w	2,4
chromatiert	w	3,5
Mittelwert z		2,63 μg;
Standardabweichung:		1,17 μg

w – waagrecht s – senkrecht

Tafel 5. Chloridbedeckung von fabrikneuen Plattenlaufwerken.

3.3 Ionensensitive Elektroden mit Einkristallmembran

Durch die Einführung von so genannten ionensensitiven Elektroden entstand eine weitere Analysenmöglichkeit [3]. Im Falle der chloridsensitiven Elektroden wird die Empfindlichkeit des Verfahrens ebenfalls durch das Löslichkeitsprodukt von Silberchlorid und der dadurch bedingten Chloridaktivität an der Einkristallmembrane bestimmt [4], [5], [6]. Die Nachweisgrenze entspricht damit dem bereits bei der potentiometrischen Titration angegebenen Wert. Der Vorteil dieser Methode liegt in der einfachen Handhabung und der schnellen Probenvorbereitung.

Die Auswertung der Analysenergebnisse kann über eine Kalibrierkurve erfolgen, die gleichzeitig eine schnelle und problemlose Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der gesamten Messanlagen gestattet. Dies gilt insbesondere bei der Untersuchung von Wischproben. Die Einflüsse des Bodensatzes bei der Untersuchung der Bohrproben von Gebäuden sind noch nicht hinreichend überprüft und können zu Fehlern in den Ergebnissen führen.

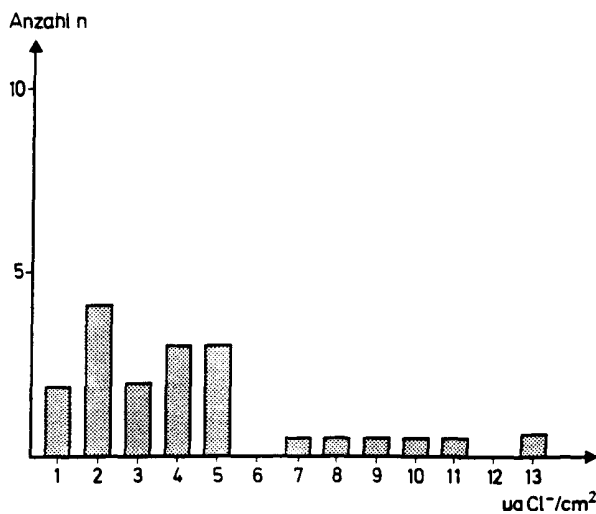
3.4 Titration mit Quecksilber(II)nitrat

Eine weitere, relativ einfach durchzuführende Bestimmung des Chloridgehaltes ist die merkurimetrische Titration mit Quecksilber(II)nitrat [7]. Die Quecksilber(II)-Ionen reagieren mit den Chloridionen zu praktisch undissoziiertem Quecksilber(II)-Chlorid. Die nach dem Endpunkt vorliegenden, überschüssigen Quecksilber(II)-Ionen bilden dann mit dem Indikator in salpetersaurer Lösung einen blauviolett gefärbten Komplex, der den Endpunkt der Titration anzeigt.

Dieses Verfahren wurde unter Zugrundelegung des Aquamerck 11106 Testsets für die Wasseranalyse im AZT ausgearbeitet und ergibt sowohl bei Betonproben als auch bei Wischproben schnelle und zuverlässige Ergebnisse. Die dazu notwendigen Geräte finden leicht in einem kleinen Koffer Platz, so dass diese Methode sich insbesondere für die Untersuchung vor Ort eignet.

4. Grenzwert für die Beurteilung von Maschinen und Einrichtungen

Durch eigene Untersuchungen sowie durch Angaben aus der Literatur über atmosphärische Korrosion und durch die Messung von Chloridgehalten von fabrikneuen Anlagen bzw. Anlagen ohne Brandeinwirkung kamen Chloridbeaufschlagungen von $10 \mu\text{g Cl}^-/\text{cm}^2$ als Grenzwert für metallische Oberflächen gleich welcher Art zustande, wobei die üblichen klimatischen Verhältnisse, wie sie in Innenräumen herrschen, zugrunde gelegt worden sind. Steigt die relative Luftfeuchte auf Werte über 60 bis 70%, so tritt mit und ohne Chloridanteil Korrosion ein, die in diesem Fall z. B. durch den Schwefeldioxidanteil in der Atmosphäre noch verstärkt werden kann.



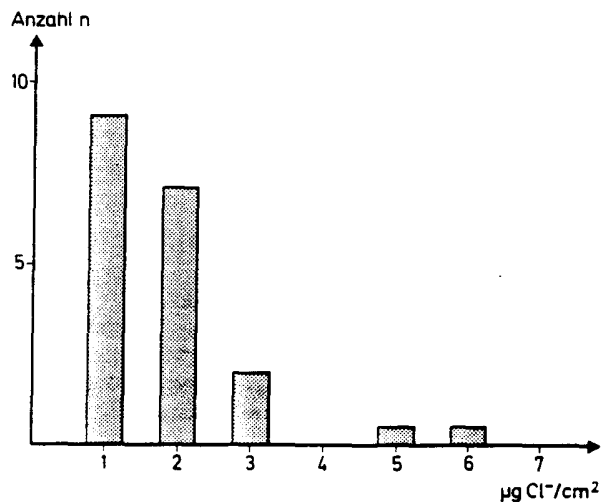
Tafel 6. Chloridbedeckung von EDV-Anlagen, München Innenstadt (gleicher Hersteller wie in Tafel 7).

Dies heißt jedoch auch, dass bei Chloridgehalten unterhalb dieses Grenzwertes bereits durch erhöhte Feuchtigkeit in den Rauchgasen oder durch verdunstendes Löschwasser Korrosionen eintreten können.

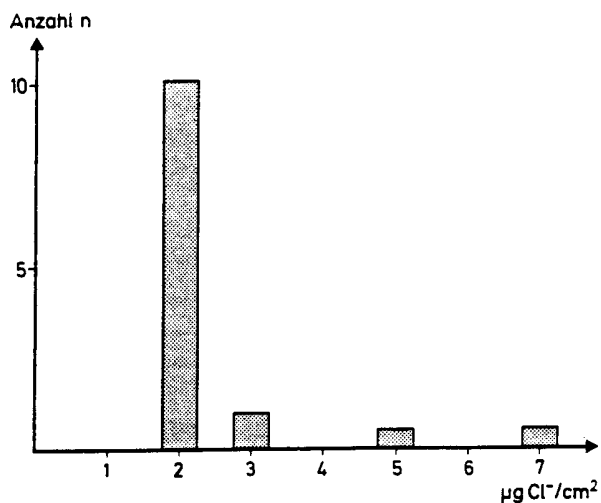
Eine fast zehnjährige Praxis bestätigt die Verwendbarkeit dieses Wertes. Es sind uns keine Fälle bekannt geworden, bei denen unter Zugrundelegung dieses Grenzwertes Anlagen beurteilt wurden, bei denen es später zu Korrosionen kam. Ein so genannter Spätfolgeschaden kann heute nach diesem Erfahrungszeitraum nicht mehr postuliert werden. Sanierungen sind deshalb dann als erfolgreich zu betrachten, wenn sie diesen Grenzwert deutlich unterschreiten und damit Chloridgehalte vorliegen, wie sie üblicherweise auf technischen Oberflächen zu finden sind.

Um diese, auf übliches Vorhandensein von chloridhaltigen Stäuben, bedingte Normalwerte zu bestätigen, wurden umfangreiche Untersuchungen an neuen und in Betrieb befindlichen Anlagen durchgeführt. Dies war insofern auch nötig, als große Hersteller von EDV-Anlagen diese Aussage zunächst ignorierten und den Wert Null forderten, der technisch jedoch nicht zu verwirklichen ist. Gleichzeitig wurden bei diesen Untersuchungen die potentiometrische Titration und die chloridsensitive Elektrode auf ihre Vergleichbarkeit hin untersucht. Die dabei erzielte Übereinstimmung war gut und wies einen relativen Fehler unter 5% auf. Beide Methoden sind deshalb, zumindest für Wischproben, als gleichwertig zu betrachten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen an neuen, vor der Auslieferung stehenden Zentraleinheiten eines Herstellers sind in Tafel 1 eingetragen. Tafel 1.1 bezieht sich auf lackierte Oberflächen und Tafel 1.2 auf metallisch blanke Flächen. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Proben aus den Plattenlaufwerken (Tafel 2). In Tafel 3 sind die Chloridgehalte der dazugehörigen Drucker wiedergegeben.



Tafel 7. Chloridbedeckung von EDV-Anlagen (München, Innenstadt).



Tafel 8. Chloridbedeckung in Leitständen von Kraftwerken.

Wie die Tafeln 1 und 2 zeigen, sind bezüglich der Lage der Probe senkrecht/waagrecht) sowie der Oberflächenbeschaffenheit (lackiert/metallisch) keine Unterschiede zu erkennen. Im Betrieb befindliche Zentraleinheiten der gleichen Baureihe (Tafeln 1.1 und 1.2) zeigen die in Tafel 4.1 und 4.2 dargestellten Werte. In Tafel 5 sind die entsprechenden Plattenlaufwerke dargestellt. Komplette Anlagen eines anderen Herstellers in der Münchener Innenstadt an zwei verschiedenen Standorten zeigen etwas höhere Werte (Tafeln 6 und 7). Chloridgehalte in elektrischen Anlagen aus mehreren in Betrieb befindlichen Kraftwerken sind abschließend in Tafel 8 zusammen gefasst.

Während bei neuen Anlagen die Grundbelastung eine relativ große Homogenität aufweist, treten bei den in Betrieb befindlichen Anlagen teilweise starke Schwankungen auf. Relativ hohe Belastungen auf Oberflächen lassen sich eindeutig auf exponierte Lagen der Probenflächen zurückführen. In einigen Fällen handelt es sich z. B. um Griffleisten, die zum Öffnen der Frontplatte

dienten. Eine weitere Ursache für punktuell höhere Chloridmesswerte sind durch die definierte Strömungsrichtung von Lüftern bedingt. Die ständige Luftumwälzung führt an Prallflächen zu Ablagerungen größerer Staubmengen, die dann gleichzeitig auch einen hohen Natriumwert zeigen und damit den ursächlichen Zusammenhang bestätigen. Im Gegensatz zu Untersuchungen an EDV-Anlagen nach Bränden unter PVC-Beteiligung lässt sich bei keinem der untersuchten Geräte eine verstärkte Ablagerung auf metallischen Oberflächen bzw. waagerechten Flächen beobachten.

Diese Untersuchungen zur Grundlegung mit chloridhaltigen Stäuben, die mit den häufig dazu bestimmten Natriumwerten korrelieren, belegen, dass Werte zwischen 1 und 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ häufig vorkommen und als natürlich bedingte Verschmutzung anzusehen sind. Es ist deshalb gerechtfertigt, mit einem Grenzwert bis maximal 10 μg zu arbeiten und damit die Notwendigkeit einer Sanierung abzuleiten und den Erfolg einer durchgeführten Sanierung zu messen.

5. Zusammenfassung

Es wurde versucht, zur Probenahme nach Bränden unter Beteiligung von halogenhaltigen Kunststoffen sowohl am Gebäude als auch an den Einrichtungen den Stand der Technik darzustellen. Wie die Erfahrung der Praxis sowie verschiedene Laborversuche und insbesondere die Darstellung der Grundbelegung mit chloridhaltigen Stäuben in neuen und in Betrieb befindlichen Anlagen gezeigt haben, sind die vor 10 bis 15 Jahren eingeführten Beurteilungskriterien für Gebäude mit 0,4 Massen-% Chlorid, bezogen auf den Zementanteil und 10 $\mu\text{g Cl}/\text{cm}^2$ für metallische Oberflächen, Grenzwerte, die sich in der Praxis eindeutig bestätigt haben.

Wird in Zukunft mit diesen Grenzwerten konsequent gearbeitet, so wird manche bisher durchgeführte Sanierungsmaßnahme unnötig bzw. lässt sich der Erfolg durchgeführter Sanierungsmaßnahmen exakt beurteilen. Damit ergibt sich für alle Beteiligten (den Betreiber, den Versicherer, das Reinigungsunternehmen und den Sachverständigen) eine gemeinsame Basis zur Beurteilung von Korrosionsfolgeschäden nach Bränden unter Beteiligung halogenhaltiger Kunststoffe sowie deren Sanierung. Aufgrund des heute hohen Standards können Totalschäden, bedingt durch Beaufschlagung mit Ruß, Staub und Säuren, aus technischer Sicht ausgeschlossen werden. Wirtschaftliche und kaufmännische Überlegungen können noch das Gegenteil bewirken.

Schrifttum

[1] Wi11ard, H. H.: Grundlagen der quantitativen Analyse. - Wien: Springer, 1950, S. 149.

[2] S c h u m a c h e r, E.; U m l a n c i, F.: Neue Titrations mit elektrochemischer Endpunktanzeige. In: Analytiker Taschenbuch Band 2 (Herausgeber: R. Bock u.a.). Berlin: Heidelberg, New York: Springer, 1981, S.197-209.

[3] C a m m a n n, K.: Das Arbeiten mit ionenselektiven Elektroden. - Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1973.

[4] Moody, G. J.; Rigdon, L. P.; Meisenheimsr, R. G.; Frazer, J. W.: Selectivity parametera of homogeneous solid-atate chlo ide ion-selective electrodes and the surface morphology of silver chioride-silver aulphide discs under simulated interterence conditlons. In: Analyst 106 (1981), p. 547-556.

[5] Moskvín, L. N.; Krasnoperov, V. M.; Vilkov, N. Ja.; Godon, N. P.; Omeijanová, S. P.; Fokina, R. G.: Potentlometrische Bestimmung der Mikrokonzentration von Chlorid-Ionen in wäßriger Lösung. In:

ZurrW Analitiöeskich Chimi 36 (1981), S.691-M

[6] Bourbon, P.; Alary, J.; Lepert, J.-C.; Esclaasan. J.-F.: Bestimmung von Chlorwasaerstoffedure und von festen Chiohden in der Umwelt. In: Analusie 7 (1979) No. 4, p. 186-189.

[7] Handbuch der Analytischen Chemie/Herausgeber: W. F r e e n i u a: G.. Jan der. 111. Teil Quantitative Bestimmungs- und Trennungsmethoden, Band VII aß Elemente der Siebenten Hauptgruppe 11 (Bearbeiter: A. O. G ü b e 1 i). - Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1967, S.122.

Bericht aus der Zeitschrift "Der Maschinenschaden 57" (1984) Heft 2
