

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE



Bestimmung der korrosiven Wirkung
komplexer Umgebungsbedingungen
auf Werkstoffe

Exposition von Glassensoren

Assessment of Effects on Materials
due to Corrosive Ambient Conditions

Exposure of Glass Sensors

Analyse des effets corrosifs de conditions
environnementales complexes sur les matériaux

Exposition de capteurs de verre

VDI 3955

Blatt 2/Part 2/Feuille 2



deutsch/engl./französisch
German/English/French
allemand/anglais/français

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this Guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this Guideline shall be taken as authoritative.

Le projet de cette directive a été susceptible d'opposition publique après notification dans le Bundesanzeiger (Bulletin Fédéral).

Nous ne pouvons pas garantir la fidélité de la traduction française. Le texte allemand de cette directive sera obligatoire.

Inhalt	Seite	Contents	Page	Sommaire	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary Note	3	Avant-propos	3
1 Anwendungsbereich	2	1 Application	3	1 Domaine d'application	3
2 Grundlage des Verfahrens	4	2 Method	5	2 Méthode	5
3 Durchführung der Messung	8	3 Preparation and Exposure	9	3 Mesures	9
3.1 Herstellung der Glassensoren	8	3.1 Preparation of the Glass Sensors	9	3.1 Réalisation des capteurs de verre	9
3.2 Exposition	10	3.2 Exposure	11	3.2 Exposition	11
3.2.1 Exposition an Oberflächen	10	3.2.1 Attachment to Surfaces for Exposure	11	3.2.1 Fixation sur la surface d'exposition	11
3.2.2 Expositionsmeßstand (freistehend)	12	3.2.2 Exposure on an Open-Air Carrousel (Detached)	13	3.2.2 Exposition sur carrousel (implanté en plein air)	13
3.2.3 Besondere Anwendungen	12	3.2.3 Special Applications	13	3.2.3 Applications particulières	13
4 Der Umgang mit Glassensoren	16	4 Glass Sensors	17	4 Utilisation des capteurs de verre	17
4.1 Handhabung	16	4.1 Handling	17	4.1 Manipulation	17
4.2 Beschriftung/Dokumentation	16	4.2 Labelling and Documentation	17	4.2 Marquage/Documentation	17
4.3 Lagerung	16	4.3 Storage	17	4.3 Stockage	17
4.4 Versand/Transport	16	4.4 Mailing and Transport	17	4.4 Expédition/Transport	17
5 Die Analyse von Glassensoren	16	5 Analysis of Glass Sensors	17	5 Analyse des capteurs de verre	17
5.1 Infrarotspektroskopie	16	5.1 Infrared Spectroscopy	17	5.1 Spectroscopie infrarouge	17
5.2 Lichtmikroskopie	18	5.2 Light Microscopy	19	5.2 Microscopie optique	19
5.3 Ergänzende Analysen	20	5.3 Complementary Analyses	21	5.3 Analyses complémentaires	21
6 Verfahrenskenngrößen	20	6 Parameters	21	6 Paramètres	21
6.1 Meßgeräte	20	6.1 Measurement Equipment	21	6.1 Equipements de mesure	21
6.2 Genauigkeit	22	6.2 Accuracy	23	6.2 Précision	23
6.3 Abmessungen	22	6.3 Dimensions	23	6.3 Dimensions	23
6.4 Expositionszeit	22	6.4 Duration of Exposure	23	6.4 Durée d'exposition	23
Schrifttum	24	References	24	Bibliographie	24

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN

Fachbereich Wirkungen von Staub und Gasen
Arbeitsgruppe Wirkung von Luftverunreinigungen auf
nichtmetallische, anorganische Werkstoffe

VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1

Frühere Ausgabe: 10/92 Entwurf, deutsch
Former edition: 10/92 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from: Beuth Verlag GmbH, Berlin - Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1993

Lizenzierte Kopie von elektronischem Datenträger

Vervielfältigung - auch für innerbetriebliche Zwecke - nicht gestattet / Reproduction - even for internal use - not permitted

Vorbemerkung

Die Wechselwirkungen von Werkstoffen mit ihrer Umwelt bestimmen in vielen Fällen die Dauer der Funktionsfähigkeit bzw. des ursprünglichen optischen Erscheinungsbildes oder die Notwendigkeit von Ersatz- bzw. Sanierungsmaßnahmen. Die Einflußparameter reichen von lokalen klimatischen Gegebenheiten über natürliche oder anthropogene Schadstoffeinflüsse bis zu mechanischen oder biologischen Beanspruchungen. Hierbei sind zusätzlich zu den Schadenswirkungen aufgrund einzelner Belastungsgrößen insbesondere auch Synergieeffekte sehr komplexer Art möglich.

Die Erfassung der Einflußgrößen allein, z.B. Klima- und Immissionsmessungen, ergibt daher nur in eingeschränktem Maß geeignete Informationen für die Schadenswirkungen an Werkstoffen. Andererseits sind die Vorgänge an den interessierenden Objekten selbst in der Regel schwer zu erfassen (siehe Richtlinie VDI 3798 Bl. 1). Dargestellt wird daher in der vorliegenden Richtlinie die Glassensor-Methode zur direkten Erkennung und Erfassung der Wirkung komplexer Umgebungsbedingungen auf Werkstoffe mit besonderer Relevanz für nichtmetallische anorganische Werkstoffe.

Damit sollten vor allem Grundlagen geschaffen werden, um Wirkungsuntersuchungen auch an Realgütern durchführen zu können, wie sie nach § 47 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) gefordert werden. Die Glassensor-Methode kann auch als Prüfverfahren für die Bewertung von Umwelteinwirkungen angewendet werden, wenn hierfür bei der Umsetzung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), insbesondere nach § 6, Abs. 4, Nr. 2, Bedarf besteht.

1 Anwendungsbereich

Die Methode kann überall dort Anwendung finden, wo eine vergleichend-bewertende Abschätzung komplexer Umgebungsbelastungen im Hinblick auf Werkstoffkorrosion gefragt ist. Das Spektrum möglicher Einsatzbereiche soll durch folgende Beispiele erläutert werden:

- Wirkungskataster für die Korrosivität der Atmosphäre
 - in einer Region
 - im engsten Umfeld eines Kunstobjektes
 - an Meßobjekten im Sinne der §§ 45 und 47 des BImSchG
- Erfassen von Wirkungen an Objekten und Objektteilen (z.B. Gebäudefassade; Teilziel: Ortung besonders stark gefährdeter Bereiche)

Preliminary Note

The interactions between materials and the environment determine in many cases the length of their functionality or original visual appearance or the time for replacement and repair. The parameters, which are of influence range from local climatic conditions, natural or anthropogenic pollutants, to mechanical or biological actions. In addition to the damages resulting from a single cause, very complex synergistic effects are possible.

Determination of the individual influences, such as the measurement of meteorological parameters and ambient pollutants, yields rather limited information on the damage of materials. On the other hand, processes taking place on the affected objects are difficult to measure (see Guideline VDI 3798 Part 1). Therefore, this Guideline presents the glass sensor method for direct detection and recording of the effect of complex environmental conditions on materials, particularly on non-metallic inorganic materials.

The method provides the basis for investigating the effects on real objects as required by Paragraph 47 of the Federal Air Pollution, Noise, and Vibration Control Law (Bundes-Immissionsschutzgesetz). The glass sensor method can also be used for evaluations of environmental effects which may become necessary after implementation of the Law on Testing of Environmental Compatibility (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz), particularly when Paragraph 6, Section 4, Number 2 is put to use.

1 Application

The method may be applied in all those cases in which a comparative assessment of the role of complex environmental pollution in material corrosion is needed. The range of feasible applications shall be illustrated by following examples:

- Inventory of corrosive atmospheres
 - in a region
 - in the immediate environment of art objects
 - on objects requiring measurements according to Paragraphs 45 and 47 of the Federal Air Pollution, Noise, and Vibration Control Law
- Determination of effects on objects and parts of objects (e.g. front of a building; one of the goals: location of highly endangered parts)

Avant-propos

L'interaction des matériaux avec leur environnement détermine dans bon nombre de cas leur durabilité fonctionnelle, la longévité de leur aspect d'origine et la fréquence de leur remplacement ou restauration. Les paramètres en jeu vont des conditions climatiques locales aux sollicitations mécaniques ou biologiques en passant par l'influence de polluants naturels ou anthropogènes. Aux dégradations dues à des facteurs isolés viennent en outre s'ajouter des effets de synergie très complexes.

Le simple recensement des grandeurs d'influence, mesures météorologiques ou mesures d'émissions p.ex., ne fournissent donc que des informations limitées sur la dégradation des matériaux. D'autre part, les phénomènes qui ont lieu sur les objets étudiés sont en général eux-mêmes difficiles à mesurer (voir directive VDI 3798 Feuille 1). La présente directive expose par conséquent la méthode des capteurs de verre, conçue pour la détection directe et l'analyse de l'effet de conditions environnementales complexes sur les matériaux et plus particulièrement sur les matériaux inorganiques non métalliques.

L'objectif étant de fournir les éléments de base requis par l'analyse des effets sur les biens réels, telle qu'elle est exigée par l'art. 47 de la loi fédérale sur la protection contre les émissions polluantes et les nuisances (Bundes-Immissionsschutzgesetz). La méthode des capteurs de verre peut également servir à l'évaluation des effets sur l'environnement en application de la loi d'étude d'impact (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz), notamment de l'art. 6, alinéa 4, n° 2.

1 Domaine d'application

Cette méthode est applicable à tous les cas nécessitant une évaluation comparative de l'effet d'une pollution environnementale complexe sur la corrosion des matériaux. L'étendue du domaine d'application est illustrée par les exemples suivants:

- Relevé des effets corrosifs de l'atmosphère
 - dans une région
 - à proximité immédiate d'un objet d'art
 - sur l'objet étudié conformément aux art. 45 et 47 de la loi fédérale sur la protection contre les émissions polluantes et les nuisances
- Recensement des effets sur les objets et parties d'objets (façade de bâtiment p.ex.; objectif partiel: localisation de zones particulièrement menacées)

- Wirkungsvergleich von Korrosionsprüfapparaturen und Prüfparametern
- Verteilungskartierung der Korrosionswirkungen innerhalb von Prüfräumen
- Wirkungskataster in Innenräumen und Kleinbereichen (z.B. Belastung in Räumen und Behältnissen im Museum)
- Abschätzung der Effizienz von konstruktiven Schutzmaßnahmen (z.B. Wirkungsgrad von Außenschutzverglasungen an Kirchenfenstern)

2 Grundlage des Verfahrens

Die Methode beruht auf der kurzzeitigen Erfassung der Korrosion geeigneter Modellmaterialien. Verwendet werden verschiedene sensitive Spezialgläser [1 bis 3], deren Oberflächen sich unter dem korrosiven Einfluß der Umgebungsbedingungen chemisch und strukturell verändern.

Charakteristisch für die Korrosion dieser Spezialgläser (Kalk-Kaliumsilicatgläser) ist die Ausbildung einer Doppelschicht an der Oberfläche [4]. Beim primären Ionenaustausch von Kationen des Glases gegen Protonen und Wassermoleküle aus dem angreifenden Medium werden zusätzlich zu den Alkalien auch Calciumionen ausgelaugt. Dadurch bildet sich eine Gelschicht, die aufgrund ihrer Struktur ein anderes physikalisches Verhalten als das Grundglas aufweist. Durch zyklische Trocknungs- und Feuchtebelastungen werden Schwinde- und Quellvorgänge verursacht, ebenso wie durch das unterschiedliche thermische Ausdehnungsverhalten von Gel- und Grundglas bei Temperaturschwankungen Spannungen im Oberflächenbereich der Sensorgläser induziert werden. Beide Mechanismen führen zu einer Destabilisierung der Oberfläche, die schließlich Mikrorisse aufweist, über welche die einwirkenden Luftinhaltsstoffe tiefere Bereiche der Sensoroberfläche erreichen. Diese korrosive Entwicklung wird indirekt über pH-Wert-Änderungen auch durch saure Gase oder Mikroorganismen beeinflusst, so daß zusätzlich zu den klimatischen Faktoren auch ein weites Spektrum sonstiger Umwelteinwirkungen zur Strukturveränderung beiträgt [2]. Dies gilt auch für Synergieeffekte unter Einbeziehung oxidativer Luftinhaltsstoffe (z.B. NO_x , Ozon), Immissionen staubförmiger Schadstoffe (z.B. Ruß) sowie mechanischer Einflüsse (z.B. Vibrationen).

Neben diesen primären Mechanismen spielen Sekundärvorgänge auf der Glasoberfläche eine weitere Rolle bei der Wechselwirkung Sensorglas/Umwelt. Die freigesetzten Alkali- und Calciumionen reagieren hier mit säurebildenden Inhaltsstoffen der Luft (CO_2 , SO_2) sowie der Luftfeuchte und bilden Salze.