

DIN EN 16980-1

ICS 13.040.20; 87.040; 87.060.20; 91.100.10

Ersatz für
DIN CEN/TS 16980-1
(DIN SPEC 4875-1):2017-03

**Photokatalyse –
Prüfverfahren mit kontinuierlichem Durchfluss –
Teil 1: Bestimmung des Abbaus von Stickstoffmonoxid (NO) aus der Luft
durch photokatalytische Werkstoffe;
Deutsche Fassung EN 16980-1:2021**

Photocatalysis –
Continuous flow test methods –
Part 1: Determination of the degradation of nitric oxide (NO) in the air by photocatalytic
materials;
German version EN 16980-1:2021

Photocatalyse –
Méthodes d'essai en flux continu –
Partie 1: Détermination de la dégradation du monoxyde d'azote (NO) dans l'air par des
matériaux photocatalytiques;
Version allemande EN 16980-1:2021

Gesamtumfang 31 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16980-1:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 386 „Photokatalyse“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-02-93 AA „Photokatalyse“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Dieses Dokument enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „inch [“]“, die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (EinhZeitG) nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheit dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheit anwenden.

Umrechnung:

Nicht zugelassene Einheit	Zugelassene Einheit	Umrechnung
in (inch)	mm	1 inch = 25,4 mm

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 16980-1 (DIN SPEC 4875-1):2017-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überführung des CEN/TS in eine europäische Norm;
- b) in 3.2 Aktualisierung der Abkürzungen und Symbole;
- c) in 6.3 Änderung von Bild 2 zur Anordnung der Lichtquellen und des Messsystems;
- d) 7.1 zur Festlegung der möglichen Vorkonditionierung der Proben ergänzt;
- e) in 8.1 Gleichung (1) aktualisiert;
- f) in Abschnitt 12 notwendige Angaben im Prüfbericht ergänzt;
- g) in Anhang A Bild A.1 zur „Typische Entwicklung der NO-, NO₂- und NO_x-Konzentrationen während einer photokatalytischen Prüfung bei der Nenndrehzahl des Ventilators“ aktualisiert;
- h) in Anhang B Bild B.2 zur „Typische Entwicklung der NO-, NO₂- und NO_x-Konzentrationen während einer photokatalytischen Prüfung bei Verwendung verschiedener Ventilatordrehzahlen“ aktualisiert;
- i) Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN CEN/TS 16980-1 (DIN SPEC 4875-1): 2017-03

Deutsche Fassung

Photokatalyse —
Prüfverfahren mit kontinuierlichem Durchfluss —
Teil 1: Bestimmung des Abbaus von Stickstoffmonoxid (NO)
aus der Luft durch photokatalytische Werkstoffe

Photocatalysis —
Continuous flow test methods —
Part 1: Determination of the degradation of nitric oxide
(NO) in the air by photocatalytic materials

Photocatalyse —
Méthodes d'essai en flux continu —
Partie 1: Détermination de la dégradation du monoxyde
d'azote (NO) dans l'air par des matériaux
photocatalytiques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Mai 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Abkürzungen und Symbole	6
4 Kurzbeschreibung	8
5 Interferenzen	8
6 Prüfeinrichtung	8
6.1 Allgemeines	8
6.2 System zur Gasgemischbereitung	9
6.3 Beleuchtung und Messsystem	10
6.3.1 Allgemeines	10
6.3.2 Beleuchtungssystem L	10
6.3.3 Reaktionskammer R_E	11
6.3.4 NO/NO ₂ -Analysator	14
7 Probenvorbereitung	15
7.1 Vorkehrungen	15
7.2 Probenmerkmale	15
7.3 Konditionierung	15
8 Messung der Konzentrationen	15
8.1 Allgemeines	15
8.2 Messung der Anfangskonzentration von Stickstoffoxiden vor Eintritt in den photochemischen Reaktor	16
8.3 Umsatz ohne Probe	16
8.4 Umsatz im Dunkeln und mit Probe	17
8.5 Umsatz unter Beleuchtung mit Probe	17
9 Berechnung der photokatalytischen Abbaugeschwindigkeit	18
9.1 Beobachtete photokatalytische Abbaugeschwindigkeit	18
9.2 Intrinsische Geschwindigkeit des photokatalytischen Umsatzes	19
10 Optionaler Teil für die Verwendung verschiedener Ventilator Drehzahlen	19
10.1 Allgemeines	19
10.2 Umsatz unter Beleuchtung mit Probe bei verschiedenen Ventilator Drehzahlen	19
10.3 Berechnung der photokatalytischen Abbaugeschwindigkeit bei verschiedenen Ventilator Drehzahlen	20
10.3.1 Beobachtete Geschwindigkeit des photokatalytischen Abbaus bei verschiedenen Ventilator Drehzahlen	20
10.3.2 Intrinsische Geschwindigkeit des photokatalytischen Umsatzes	21
11 Annehmbare Bereiche der wesentlichen Prüfparameter	22
12 Prüfbericht	22

Anhang A (informativ) Typische Entwicklung der NO-, NO₂- und NO_x-Konzentrationen während einer photokatalytischen Prüfung bei der Nenndrehzahl des Ventilators 25

Anhang B (informativ) Typische Entwicklung der NO-, NO₂- und NO_x-Konzentrationen während einer photokatalytischen Prüfung bei Verwendung verschiedener Ventilator-drehzahlen.....26

Anhang C (informativ) Beispiel für eine Prüfung zur Steuerung der Begrenzung des Stoffübergangs.....27

Anhang D (informativ) Typische Ohmsche Reaktion des Ventilators 28

Literaturhinweise.....29

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16980-1:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 386 „Photokatalyse“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt CEN/TS 16980-1:2016.

Im Vergleich zu CEN/TS 16980-1:2016 enthält EN 16980-1:2021 die folgenden wesentlichen technischen Änderungen:

- 3.2:
 - Hinzufügung von: „beleuchtete Oberfläche der Probe in m²“;
 - Streichung von: „CIN Konzentration am Reaktoreingang“ und „F_{v,i} Ventilatorstrom am i-ten Potential“;
 - Änderung der Abkürzungen: „F Flow“ zu „Q Flow“, „V0“ zu „U₀“, „Vmin“ zu „U_{min}“, „MM“ zu „M“;
- 6.3 (vor 6.2) Änderung von Bild 2;
- 7.1, aktualisierter Satz: „Die Proben müssen gegebenenfalls nach den Hinweisen des Lieferanten vorkonditioniert werden.“;
- 8.1, aktualisierte Gleichung: $C(\mu\text{g m}^{-3}) = 10^3 \frac{C(\text{ppmv}) \times M \times P}{R \times T} = \text{ppmv} \times k$
- 12 (vor 11):
 - Hinzufügung von: „
 - a) angewendete Internationale Norm (einschließlich des Jahres ihrer Veröffentlichung)“;
 - „b) alle Abweichungen von dem Verfahren“;
 - „c) das Datum der Prüfung“;
- Anhang A: Änderung des Bildes „Typische Entwicklung der NO-, NO₂- und NO_x-Konzentrationen während einer photokatalytischen Prüfung bei der Nenndrehzahl des Ventilators“
- Anhang B: Änderung des Bildes „Typische Entwicklung der NO-, NO₂- und NO_x-Konzentrationen während einer photokatalytischen Prüfung bei Verwendung verschiedener Ventilatordrehzahlen“.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Verfahren zur Bewertung der Leistung von photokatalytischen anorganischen Werkstoffen fest, die in Zementmörtel und/oder Kalken oder aus Keramik bestehenden Grundsubstanzen, Farben oder Werkstoffen, die als dünne Filme oder Beschichtungen auf einer Vielzahl von Trägerwerkstoffen für die photokatalytische Minderung von Stickstoffmonoxid in der Gasphase vorkommen, enthalten sind. Dieses Verfahren ist weder für die Bewertung von Proben, die mit einem Fluss senkrecht zur Oberfläche verwendet werden, noch für Proben, wie Polymer- und Papierfilter, Wabenstrukturen und dergleichen, bei denen der Fluss die Oberfläche durchdringt, anzuwenden.

Die Leistung für die zu prüfende photokatalytische Probe wird durch die Messung der Abbaugeschwindigkeit von Stickstoffmonoxid (NO) mithilfe des hier festgelegten Verfahrens bewertet. Die photokatalytische Minderungsgeschwindigkeit wird aus dem beobachteten Wert berechnet, indem die Auswirkungen des Stoffübergangs abgezogen werden. Die intrinsische photokatalytische Minderungsgeschwindigkeit ist eine intrinsische Eigenschaft des untersuchten Werkstoffs und macht es möglich, die photokatalytischen Aktivitäten verschiedener Produkte in einem absoluten Maßstab, bestimmt im physikalischen und technischen Sinn, zu unterscheiden.

Für die in diesem Dokument beschriebenen Messungen und Berechnungen, wird die Konzentration von Stickoxiden (NO_x) als die stöchiometrische Summe von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) definiert.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

CEN/TS 16599, *Photokatalyse — Bestrahlungsbedingungen zum Prüfen photokatalytischer Eigenschaften von halbleitenden Werkstoffen und die Messung dieser Bedingungen*

EN ISO 9169, *Luftbeschaffenheit — Definition und Ermittlung von Verfahrenskenngrößen einer automatischen Messeinrichtung (ISO 9169)*

ISO 7996:1985, *Ambient air — Determination of the mass concentration of nitrogen oxides — Chemiluminescence method*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe und Abkürzungen.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1.1

Konzentration der Stickoxide

NO_x

stöchiometrische Summe von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Stickstoff oder Luft mit Reinheitsgrad 999 sollte die Reinheit des Gases mindestens 99,9 % betragen.

3.1.2

Photokatalysator

Katalysator, geeignet bei Absorption von Licht chemische Umwandlungen der Reaktionspartner zu bewirken

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Anregungszustand des Photokatalysators interagiert wiederholt mit den Reaktionspartnern, bildet Zwischenprodukte und regeneriert sich nach jedem Zyklus solcher Wechselwirkungen selbst.

3.1.3

photokatalytischer Werkstoff

Werkstoff, in dem oder auf dem der Photokatalysator durch Beschichten, Imprägnieren, Mischen usw. zugefügt wurde

3.2 Abkürzungen und Symbole

A	beleuchtete Oberfläche der Probe in m^2
C	Konzentration
CSTR	kontinuierlich durchströmter Rührkesselreaktor (en: Continuous Stirred-Tank Reactor)
C^{IN}	Konzentration von NO und NO_2 am Reaktoreingang
$C^{\text{OUT,DARK}}$	Konzentration von NO und NO_2 am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen in der Dunkelheit (ohne Beleuchtung)
$C^{\text{OUT,LIGHT}}$	Konzentration von NO und NO_2 am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen mit Beleuchtung (Lampe an) ohne Probe
$C_{\text{NO}}^{\text{IN}}$	Konzentration von NO am Reaktoreingang
$C_{\text{NO}_2}^{\text{IN}}$	Konzentration von NO_2 am Reaktoreingang
$C_{\text{NO}}^{\text{OUT,DARK}}$	Konzentration von NO am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen in der Dunkelheit (ohne Beleuchtung) ohne Probe
$C_{\text{NO}_2}^{\text{OUT,DARK}}$	Konzentration von NO_2 am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen in der Dunkelheit (ohne Beleuchtung) ohne Probe
$C_{\text{NO,S}}^{\text{OUT,DARK}}$	Konzentration von NO am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen in der Dunkelheit (ohne Beleuchtung) mit Probe
$C_{\text{NO}_2,S}^{\text{OUT,DARK}}$	Konzentration von NO_2 am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen in der Dunkelheit (ohne Beleuchtung) mit Probe

$C_{\text{NO}}^{\text{OUT,LIGHT}}$	Konzentration von NO am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen mit Beleuchtung (Lampe an) ohne Probe
$C_{\text{NO},0}^{\text{OUT,LIGHT}}$	Konzentration von NO am Reaktorausgang unter Beleuchtung der Probe, gemessen bei Drehzahl des Ventilators bei Nennspannung U_0
$C_{\text{NO}_2}^{\text{OUT,LIGHT}}$	Konzentration von NO ₂ am Reaktorausgang unter stabilen Bedingungen mit Beleuchtung (Lampe an) ohne Probe
$C_{\text{NO}_2,0}^{\text{OUT,LIGHT}}$	Konzentration von NO ₂ am Reaktorausgang unter Beleuchtung der Probe, gemessen bei Drehzahl des Ventilators bei Nennspannung U_0
k_{R}^0	intrinsische photokatalytische NO-Minderungsgeschwindigkeit
I	Bestrahlungsstärke (en: irradiance)
LED	Leuchtdioden (en: light emitting diodes)
M	molekulare Masse (en: molecular mass)
n_{calc}	berechneter Nennwert
P	Druck in der Atmosphäre (en: pressure in atmosphere)
PTFE	Polytetrafluorethylen
Q	Durchfluss (en: Flow)
$Q_{\text{V},0}$	die Nennströmung am Ventilator, die vom Hersteller bei der angelegten Nennspannung U_0 bei einer angelegten Spannung i ($i = 0..n$) festgelegt wurde
R	ideale Gaskonstante
RH	relative Feuchte des Gases bei 25 °C im Inneren des Reaktors (en: gas relative humidity at 25 °C inside the reactor)
$U_{\text{V},i}$	Strömung am Ventilator bei einer angelegten Spannung i ($i = 0..n$)
$\eta_{\text{NO}}^{\text{dark}}$	Umsatz von NO in der Dunkelheit
$\eta_{\text{NO}_2}^{\text{dark}}$	Umsatz zu NO ₂ in der Dunkelheit
$\eta_{\text{NO,lamp}}^{\text{PHOTO}}$	Umsatz von NO unter Beleuchtung ohne Probe
$\eta_{\text{NO},i}^{\text{total}}$	Umsatz von NO, gemessen bei jeder Strömung am Ventilator $Q_{\text{V},i}$
$\eta_{\text{NO}_2,i}^{\text{total}}$	Umsatz von NO ₂ , gemessen bei jeder Strömung am Ventilator $Q_{\text{V},i}$
$v_{\text{NO},i}^{\text{photo}}$	NO-Minderungsgeschwindigkeit bei jeder Strömung am Ventilator $Q_{\text{V},i}$
$v_{\text{NO}_2,i}^{\text{photo}}$	photokatalytische NO ₂ -Bildungsgeschwindigkeit bei jeder Strömung am Ventilator $Q_{\text{V},i}$

$v_{\text{NO}_x, i}^{\text{photo}}$	NO_x -Minderungsgeschwindigkeit entsprechend der NO-Minderungsgeschwindigkeit abzüglich der photokatalytischen Bildungsgeschwindigkeit des NO_2
$v_{\text{NO}}^{\text{photoCAT}}$	photokatalytische NO-Abbaugeschwindigkeit intrinsisch an der Oberfläche des Werkstoffs, nach dem Entfernen der Beschränkungen des Stoffübergangs
$v_{\text{NO}_x}^{\text{photoCAT}}$	photokatalytische NO_x -Abbaugeschwindigkeit intrinsisch an der Oberfläche des Werkstoffs, nach dem Entfernen der Beschränkungen des Stoffübergangs
UV-A	ultraviolett mit einer Wellenlänge (λ) zwischen 315 nm und 400 nm (IUPAC)
U_0	Nennbetriebsspannung des Ventilators (in Volt)
U_{min}	vom Hersteller eingestellte Mindestbetriebsspannung des Ventilators (in Volt)
S	Probe (en: sample)
T	Temperatur in Kelvin
t_{stab}	Zeit, um die Stabilität der NO-Konzentration zu erreichen
UV	ultraviolett
V_r	Nettovolumen des Reaktors

4 Kurzbeschreibung

Das Verfahren umfasst die Messung der photokatalytischen Minderung von Stickstoffmonoxid (NO) durch photokatalytische Werkstoffe wie in Abschnitt 1 festgelegt, unter Verwendung eines kontinuierlich durchströmten Rührkesselreaktors (en: Continuous Stirred-Tank Reactor, CSTR), der einen Durchfluss tangential zu der Probe aufweist. Informationen zur Theorie sind in der Fachliteratur (Minero et al. 2013) zu finden. Die Restkonzentrationen von NO und NO_x am CSTR-Ausgang werden von einem Chemilumineszenz-Analysator nach ISO 7996:1985 gemessen.

Die Prüfung der photokatalytischen Aktivität wird mittels Luft mit chromatographischer Qualität durchgeführt, die auch durch Mischung von reinen Gasen erhalten wird, der NO in einer solchen Menge hinzugefügt wird, dass ein hoher Grad von Luftverschmutzung simuliert wird. Die Konzentration von NO wird auf $(0,50 \pm 0,05)$ ppmv gesetzt.

5 Interferenzen

Die Interferenzen in der Messung werden in den technischen Spezifikationen des Chemilumineszenz-Analysators dokumentiert. Da es sich bei der Messung um alle möglichen Arten handelt, die durch Reduktion zu NO umgewandelt werden können, wird die NO_2 -Konzentration hier wie folgt definiert: $[\text{NO}_2] = [\text{NO}_x] - [\text{NO}]$. Für Interferenzen beim Chemilumineszenz-Nachweis siehe Winer et al. (1974).

6 Prüfeinrichtung

6.1 Allgemeines

Die Prüfeinrichtung muss aus den folgenden Hauptkomponenten bestehen.