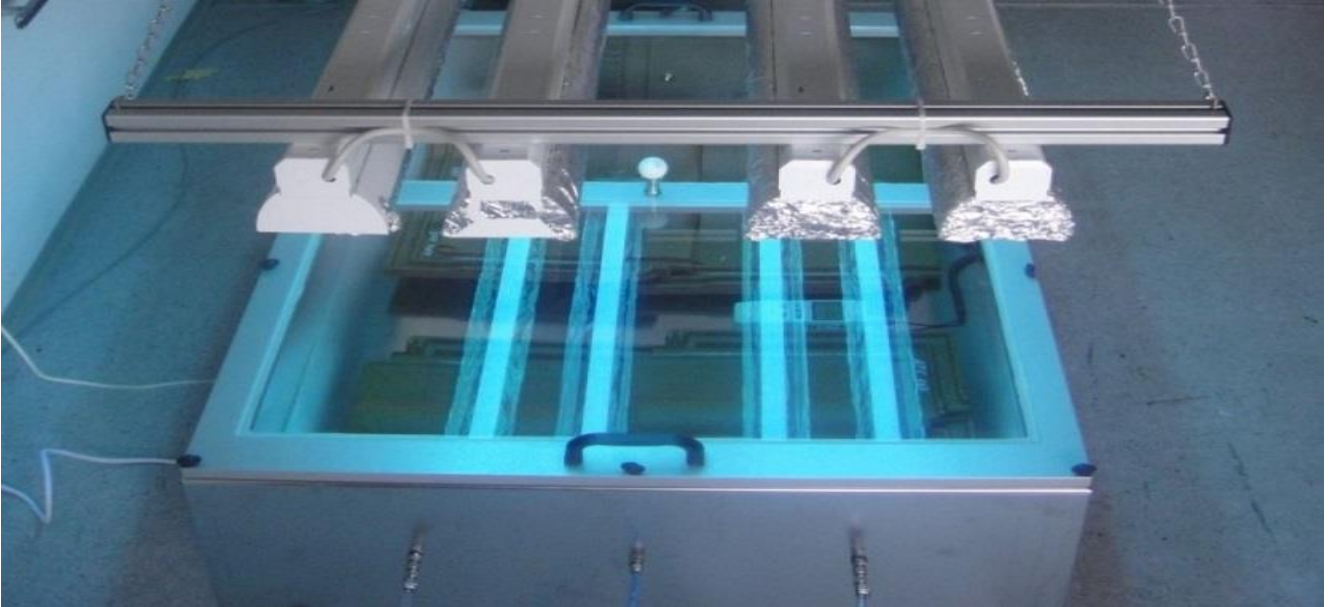




UMWELTKATALYSE: PHOTOKATALYTISCHE TESTS AN BAUSTOFFEN ZUM STICKOXID-ABBAU



- ▶ WISSEN SCHAFFT FORTSCHRITT®
- ▶ **GWP WHITE PAPER PROL 002**
- ▶ **AUTOREN**
Dr. Julius Nickl
Dipl. Chemiker
Geschäftsführer
Senior-Experte für industrielle Prozesse und Produkte
julius.nickl@gwp.eu

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im GWP-Gas- & Katalyse-Labor wurde ein photokatalytischer Reaktor zur Umweltkatalyse an Baustoffen entwickelt. Darin können Dachziegel, Anstriche, Pflastersteine u. ä. und auf ihre katalytische Wirkung bezüglich Stickoxide, Kohlenmonoxide, Formaldehyd und Ozon hin überprüft werden.

An Dachziegeln und an Außenanstrichen konnten wir NO-Abbauraten von 0 bis 96 % an diversen Proben messen. Ähnliche Experimente sind bezüglich Ozon, Kohlenwasserstoffen und Schwefeldioxid in diesem Reaktor möglich.

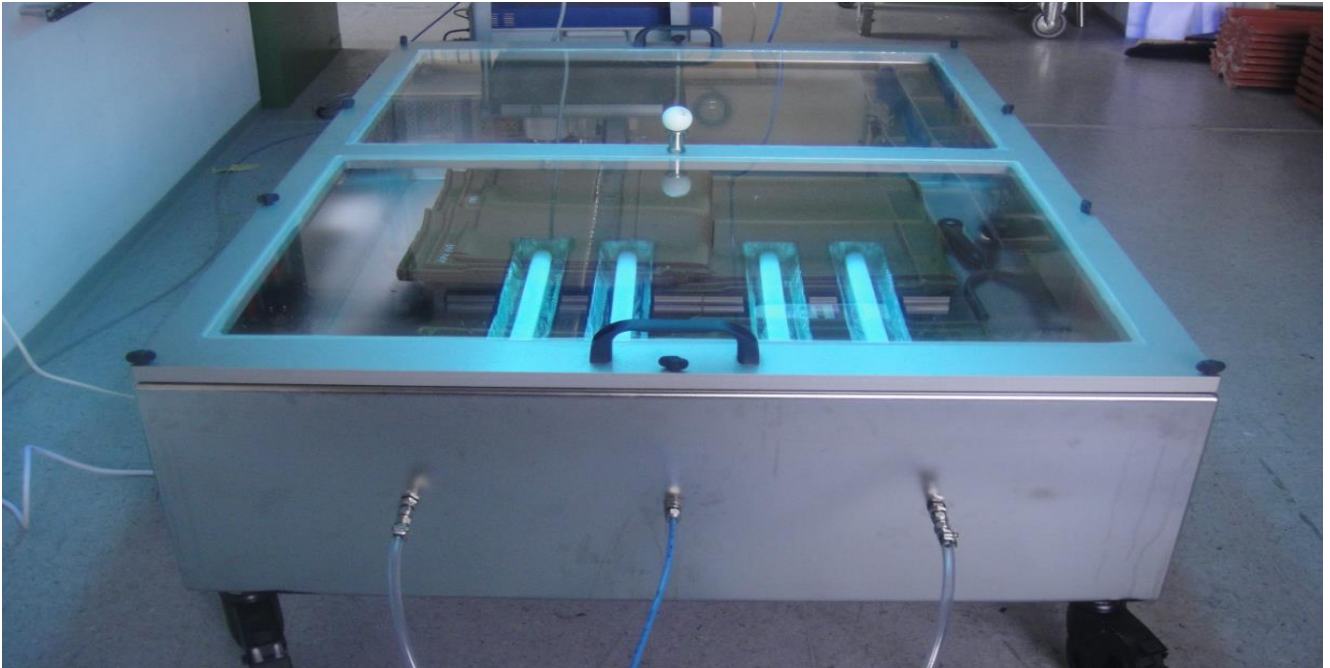


Abbildung 1: Photokatalytischer Reaktor und Teststand

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	1
2	Aufgabenstellung	2
3	Untersuchungen	3
3.1	Versuchsaufbau.....	3
3.2	Berechnung NO-Abbau	5
3.3	Berechnung Photoneneffizienz	5
4	Ergebnisse.....	5
5	Anhang.....	6
	Literaturverzeichnis.....	6
6	Bildanhang.....	7
	Abbildungen	10
	Versionskontrolle.....	10

2 AUFGABENSTELLUNG

Mit nano-scaligen TiO₂-Sorten stehen heute Beschichtungen und Additive zur Verfügung, die schon bei Raumtemperatur katalytisch aktiv sind.

Untersucht wird die photokatalytische Aktivität von großflächigen Gebilden wie für den NO-Abbau durch UV-Bestrahlung. Zugrunde gelegt wird dabei die Spezifikation ISO 22197-1.

Auftragsgemäß wurde für die Durchführung dieser Untersuchungen ein passender Versuchsaufbau konzipiert und gebaut.

Tabelle 1: Beispiel von Proben

GWP-Proben Nr.	Kunden-Proben Nr.	Beschreibung	Bemerkung
1	ohne	Rigipsplatte, mit handelsüblicher Farbe	ca. 80 x 120 cm
2	ohne	Rigipsplatte, Farbe mit katalytisch aktiven Additiven	ca. 80 x 120 cm
3	ohne	Tondachziegel, handelsüblich	ca. 30 x 40 cm
4	ohne	Tondachziegel, mit katalytisch aktiver Beschichtung	ca. 30 x 40 cm

Folgende Arbeitsvorschriften wurden für die Untersuchungen herangezogen:

- ▶ AV122 G Airbag Gasanalyse (GWP interne Methode, akkreditiert nach DIN ISO EN 17025)
- ▶ ISO 22197-1 Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Test method for air-purification performance of semiconducting photocatalytic materials

3 UNTERSUCHUNGEN

Die Untersuchungen wurden zwischen dem 01.01.2011 und 15.03.2011 durchgeführt. Eine Zusammenfassung der durchgeführten Versuche ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: typische Reaktor-Parameter der durchgeführten Versuche am Beispiel einiger angewandter Bedingungen

Versuch #	NO-Eingang [ppm]	GHSV [h-1]	rF [%]	Temperatur [°C]	UV-Strahlung [mWcm-2]
1	5	0,500	40	23	1,00
2	2	0,700	50	23	0,50
3	1	2,000	80	21	1,00
4	1	5,000	80	21	2,00

3.1 Versuchsaufbau

Ein photokatalytischer Reaktor mit passender UV-Lampe (GWP #543) wurde angelehnt an die ISO 22197-1 gebaut, vergleiche Inventar GWP #543, photokatalytischer Versuchsaufbaureaktor, Serien-Nr.: 1. Für die Reaktorgröße wurde die folgende innere Abmessung gewählt: 1,40 m Länge, 1,00 m Breite und 0,30 m Höhe. Das entspricht einem Volumen von 0,42 m³. Acht Dachpfannen wurden gleichzeitig im Reaktor wie in einem realen Dachmodell eingebaut. Ein Gasstrom von 5 lmin⁻¹ mit einer NO-Konzentration von z.B. 1 bzw. 2 ppm NO (Resluft) und einer relativen Feuchte von 50 % wurde in den Reaktor geleitet. Um ein Gleichgewicht zu erreichen, wurden die Proben über Nacht diesem Gasstrom ausgesetzt. Danach wurde die NO-Konzentration gemäß ISO 22197-1 für eine Stunde dokumentiert und der katalytische Versuch wurde gestartet (Einschalten der UV-Lampe). Die Proben wurden für 5 Stunden mit einer UV-Strahlung von 1 mW cm⁻² bestrahlt. Die Intensität der UV-Strahlung wurde mittels eines UV-Messgeräts Typ PCE-UV34 (GWP #545) gemessen. Nach dieser Zeit wurde die UV-Lampe ausgeschaltet und die NO-Konzentration für eine weitere Stunde dokumentiert. Die NO-Konzentrationen wurden mittels Chemiluminescence Detection CLD (ECO Physics, Mod. CLD 700EL; GWP #181) ermittelt.

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

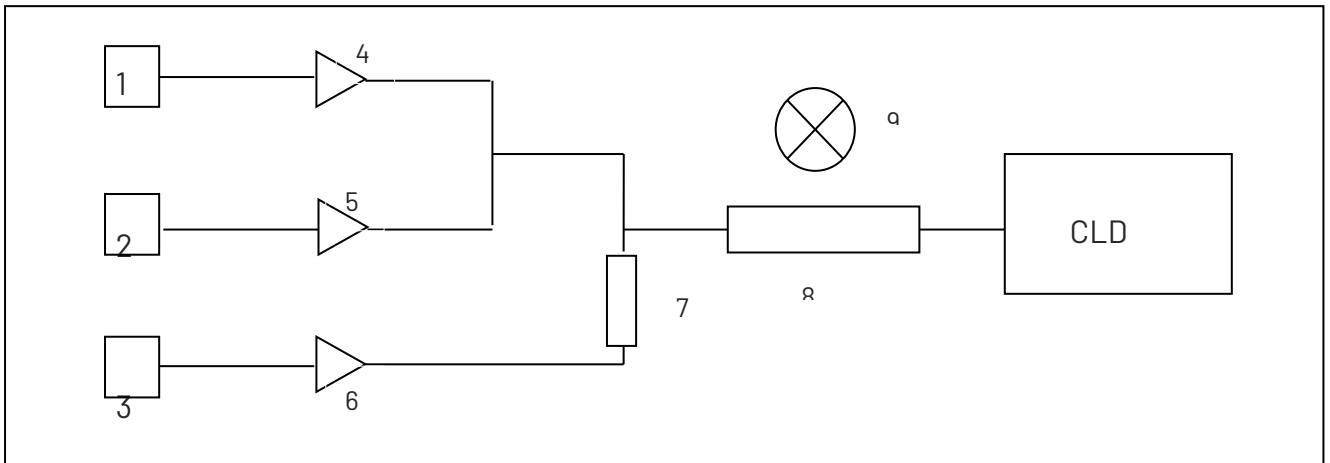


Abbildung 2: Versuchsaufbau (1: 400 ppm NO in Stickstoff; 2 und 3: Pressluft; 4,5 und 6: MFCs; 7: Befeuchter; 8: Reaktor; 9: UV-Lampe)

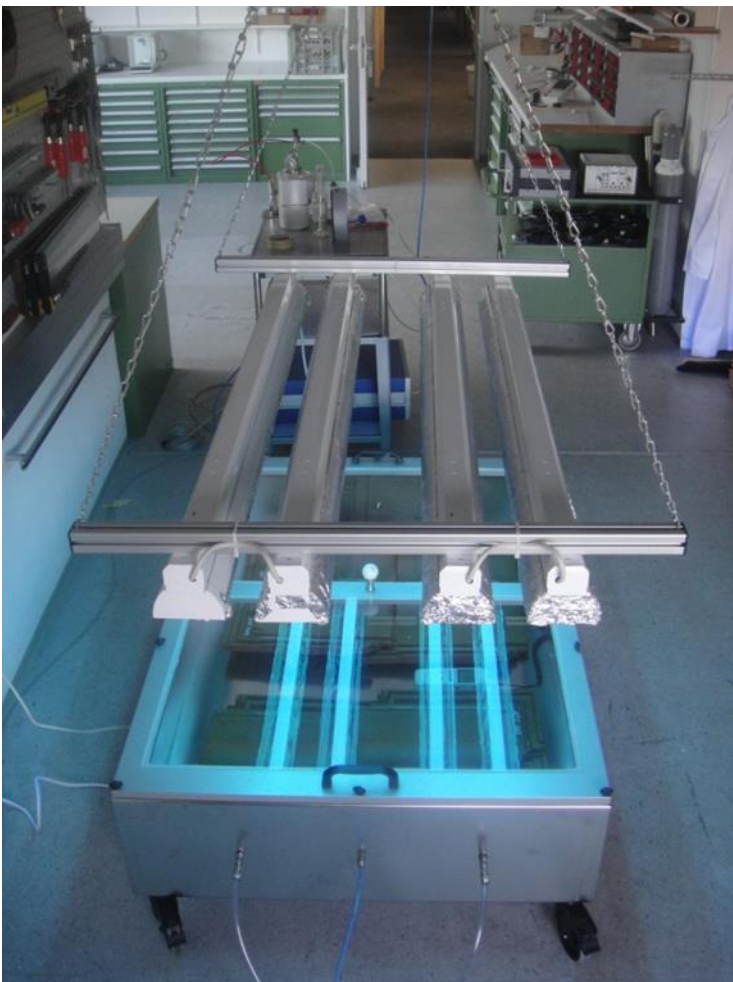


Abbildung 3: der photokatalytische Reaktor und die UV-Lampen-Batterie in unserem Gas- und Katalyselabor

3.2 Berechnung NO-Abbau

Der NO-Abbau wurde mittels folgender Formel berechnet:

$$X = \frac{[NO]_{in} - [NO]_{out}}{[NO]_{in}} * 100$$

mit:

[NO]in: NO-Konzentration vor Reaktor, in ppm

[NO]out: NO-Konzentration nach Reaktor, in ppm

3.3 Berechnung Photoneneffizienz

Die Energie-Effizienz wurde mittels folgender Formel berechnet (basiert auf dem von Ihnen per Email geschickten Berechnungsmodell):

$$\xi = 23,83 * \frac{[NO]_{in} * n * X}{A * P}$$

mit:

ξ : Photoneneffizienz, in %

[NO]in: NO-Konzentration vor Reaktor, in ppm

n: Gasfluss, in Lmin⁻¹

X: NO-Abbau in %

A: Proben-Fläche, in cm²

P: Bestrahlungsleistung, in mWcm⁻²

4 ERGEBNISSE

Auftragsgemäß wurde ein photokatalytischer Aufbau gemäß ISO 22197-1 für den NO-Abbau über beschichteten Dachpfannen gebaut. Bei Blindversuchen (leerer Reaktor) mit und ohne UV-Strahlung ließ sich kein NO-Abbau im Reaktor nachweisen. Die weiteren Versuche haben ergeben, dass je nach Probe der NO-Abbau zwischen 0,5 und 98,0 % liegt. Dieser NO-Abbau entspricht einer Photoneneffizienz der UV-Strahlung zwischen 0,001 und 0,019 %.

Die Konzentrations-Profile gegen Zeit sind im Bildanhang dargestellt. Der NO-Abbau sowie die Photoneneffizienz-Berechnungen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Beispiele für Ergebnisse der durchgeführten Versuche (NOx-Durchschnittswerte)

Versuch #	Probe #	Kunde #	NO Eingang [ppm]	UV-Strahlung [mWcm ⁻²]	NO-Abbau [%]	ξ [%]
1	1	-	2	1,06	1,3	0,0005
2	2	-	1	1,02	90,1	0,0152
3	3	-	1	1,00	28,9	0,0059
4	4	-	1	0,97	89,8	0,0179
5	ERLUS APV 519	unbeschichtet	3,2	0,98	ca. 0	ca. 0
6	ERLUS APV 501	aktiv	8,2	1,00	50,2	0,1441

► Dr. Julius Nickl
Berichtserstatter und
Interne Prüfung

5 ANHANG

Literaturverzeichnis

Bog, T. (1996). Metalloxidische Katalysatoren für die selektive katalytische Reduktion von Stickoxiden mit Kohlenwasserstoffen (HC-SCR-DeNO_x), UNI München

Fachverband angewandte Photokatalyse. www.vdmi.de

Köser, H. (Hrsg.)(1992). SCR-deNO_x-Katalysatoren Qualitätssicherung, Beurteilung und neue Entwicklungen

Normen zur Luftreinigung und Normen in Vorbereitung:

- ▶ ISO 22197-1:2007; Feinkeramik (Hochleistungskeramik) – Prüfverfahren; für die Luftreinigungsleistung von halbleitenden photokatalytischen Materialien – Teil 1: Entfernung von Stickstoffmonoxid
- ▶ ISO 22197-2:2011; Acetaldehyd
- ▶ ISO 22197-3:2011; Toluol
- ▶ ISO/CD 22197-4; Formaldehyd
- ▶ ISO/CD 22197-5; Methylmercaptan
- ▶ ISO/WD 22197-6; Abbau von Formaldehyd unter Beleuchtungssituation für Innenräume durch Testkammermethode

Normen zur Wasserreinigung:

- ▶ ISO 10676:2010; Feinkeramik (Hochleistungskeramik) – Prüfverfahren; für die Wasserreinigungsleistung von halbleitenden photokatalytischen Materialien durch Messung der Bildung von aktivem Sauerstoff

Normen zu Lichtquellen in Vorbereitung:

- ▶ ISO/FDIS 10677; Feinkeramik (Hochleistungskeramik) – UV Lichtquelle zur Testung von halbleitenden photokatalytischen Materialien
- ▶ ISO/CD14605; Feinkeramik (Hochleistungskeramik) – Vis-Lichtquelle zur Testung von halbleitenden photokatalytischen Materialien

Rom, W. (Hrsg.)(2005). Handbuch der Nanoanalytik Steiermark

6 BILDANHANG

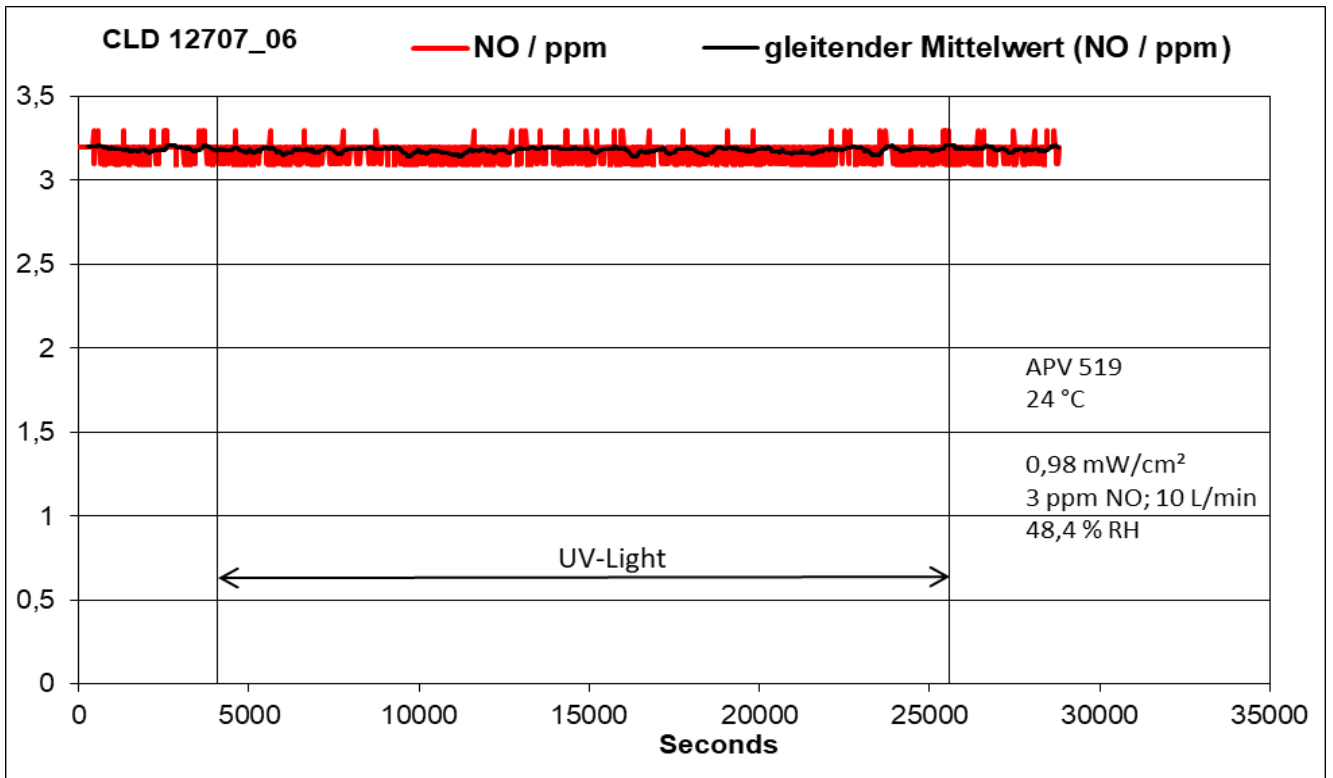


Abbildung 4: Messdaten unbeschichteter Ziegel

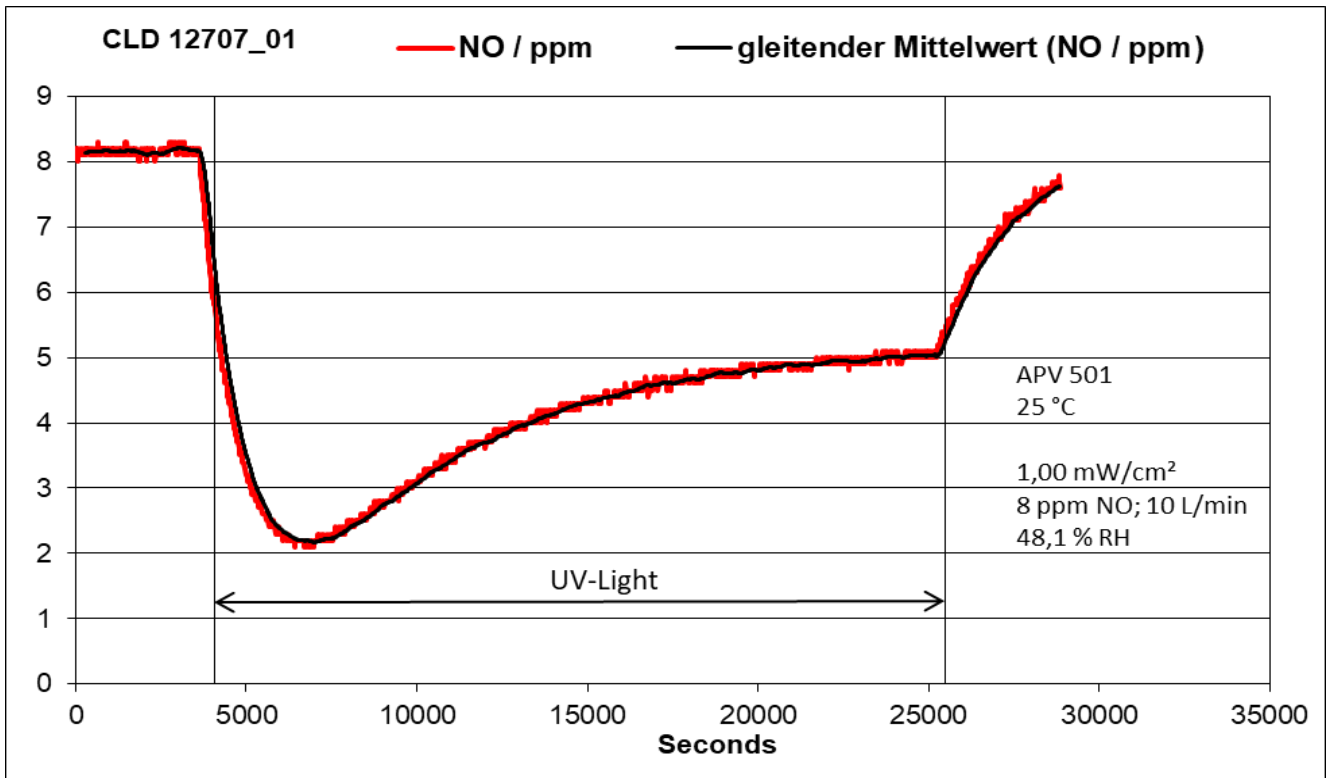


Abbildung 5: Absorption und Gleichgewichtsumsatz eines beschichteten Ziegels, APV501, ERLUS AG

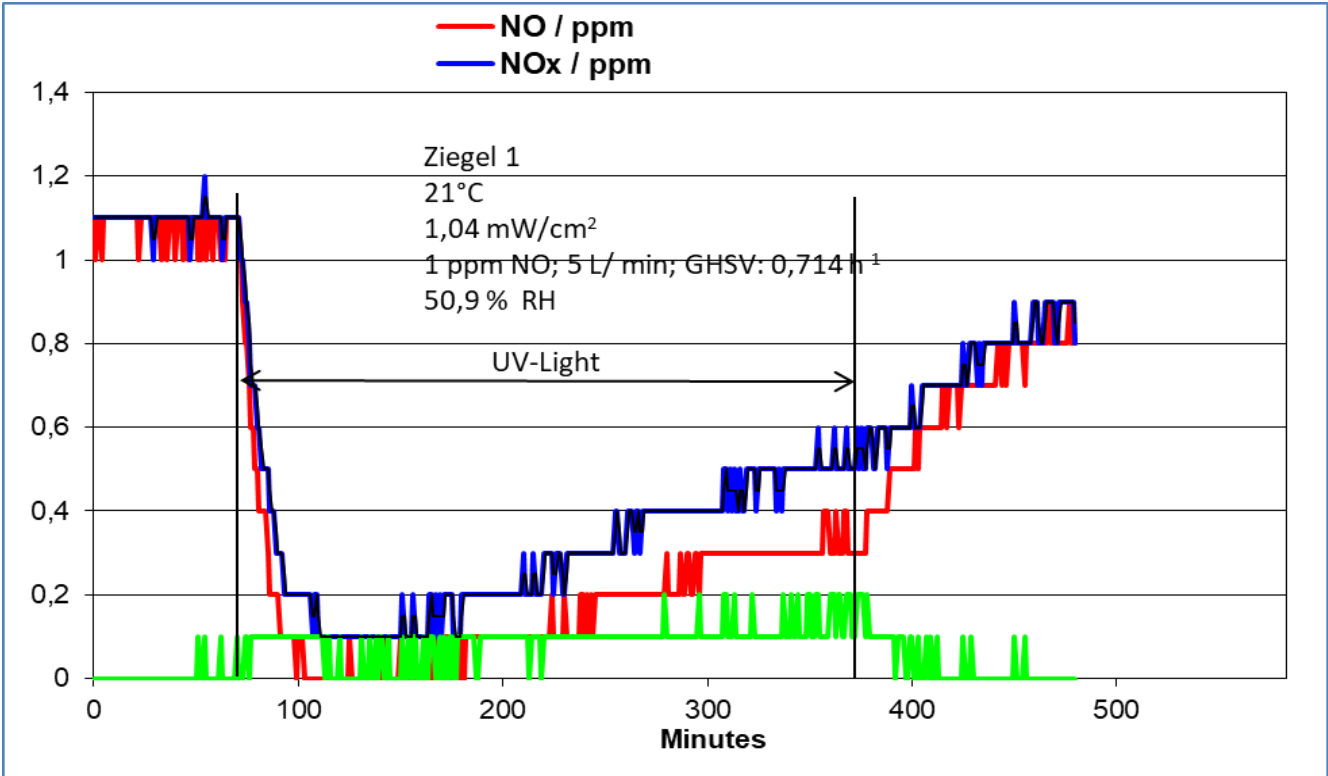


Abbildung 7: NOx-Umsatz Ziegel 1 bei niedrigen Konzantrationen (Beispieldaten)

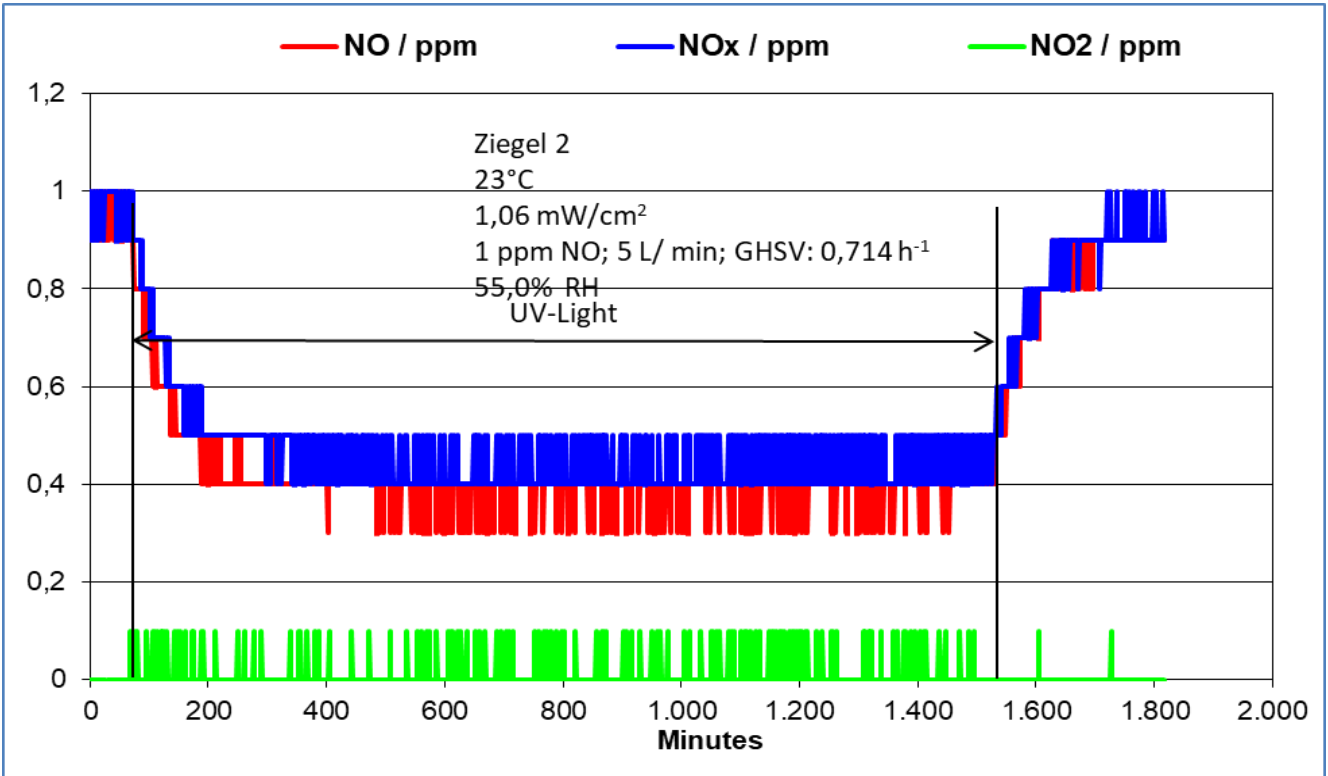


Abbildung 6: NOx-Umsatz-Kinetik Ziegel 2 (Beispieldaten)

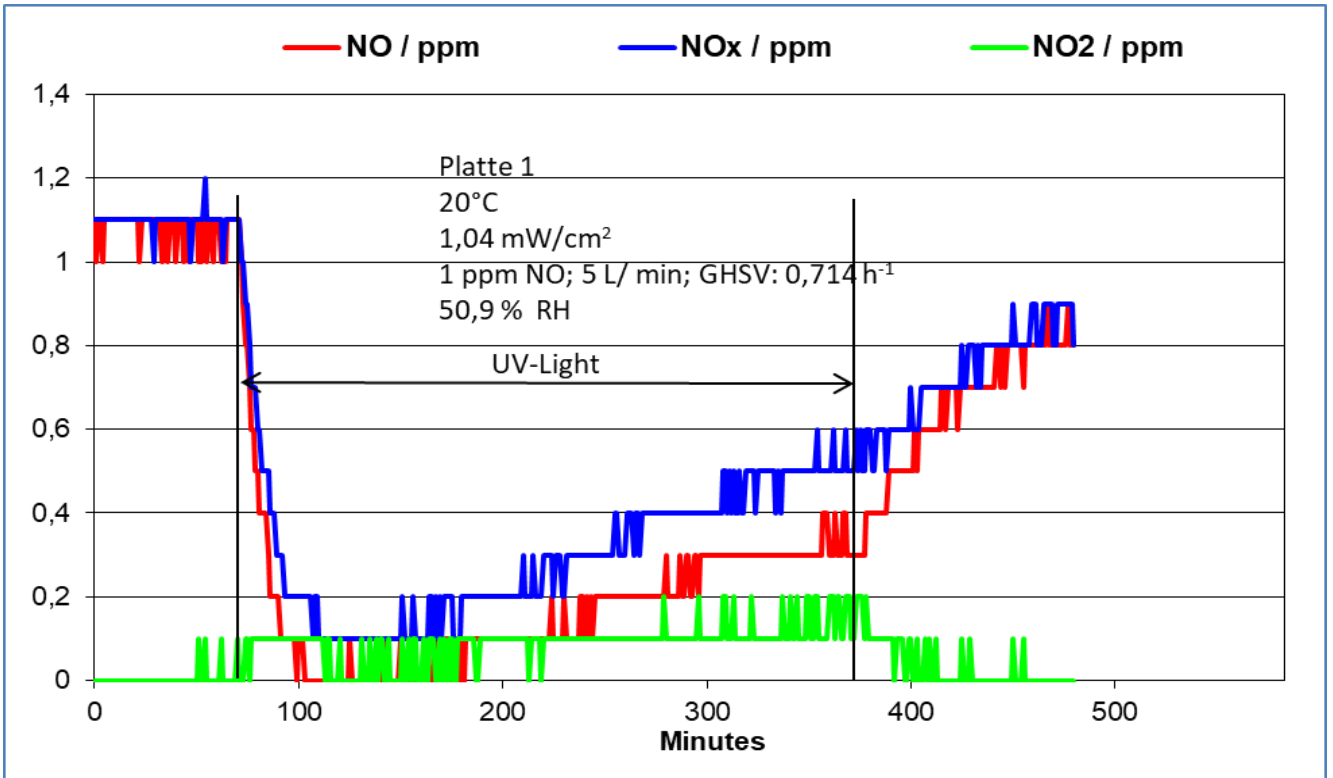


Abbildung 8: NOx-Umsatz-Kinetik Platte 1

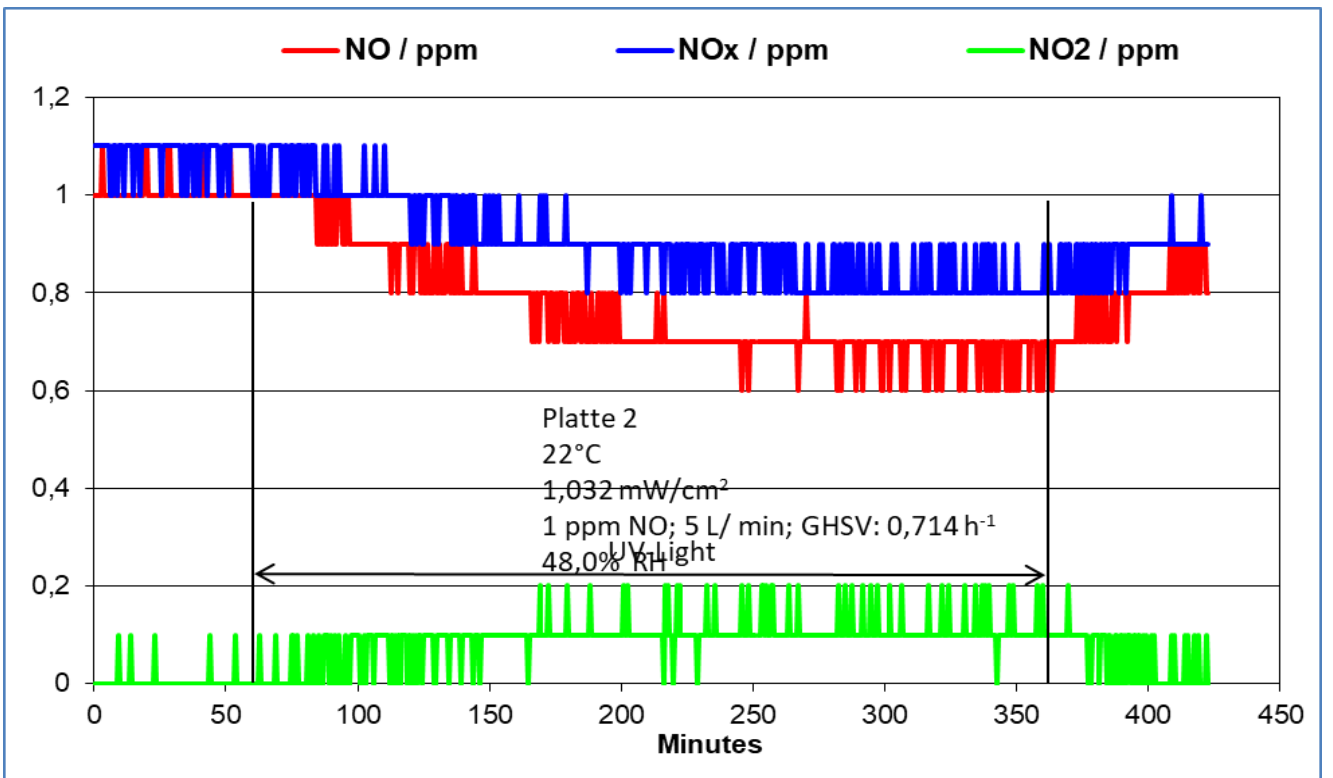


Abbildung 9: NOx-Umsatz-Kinetik Platte 2

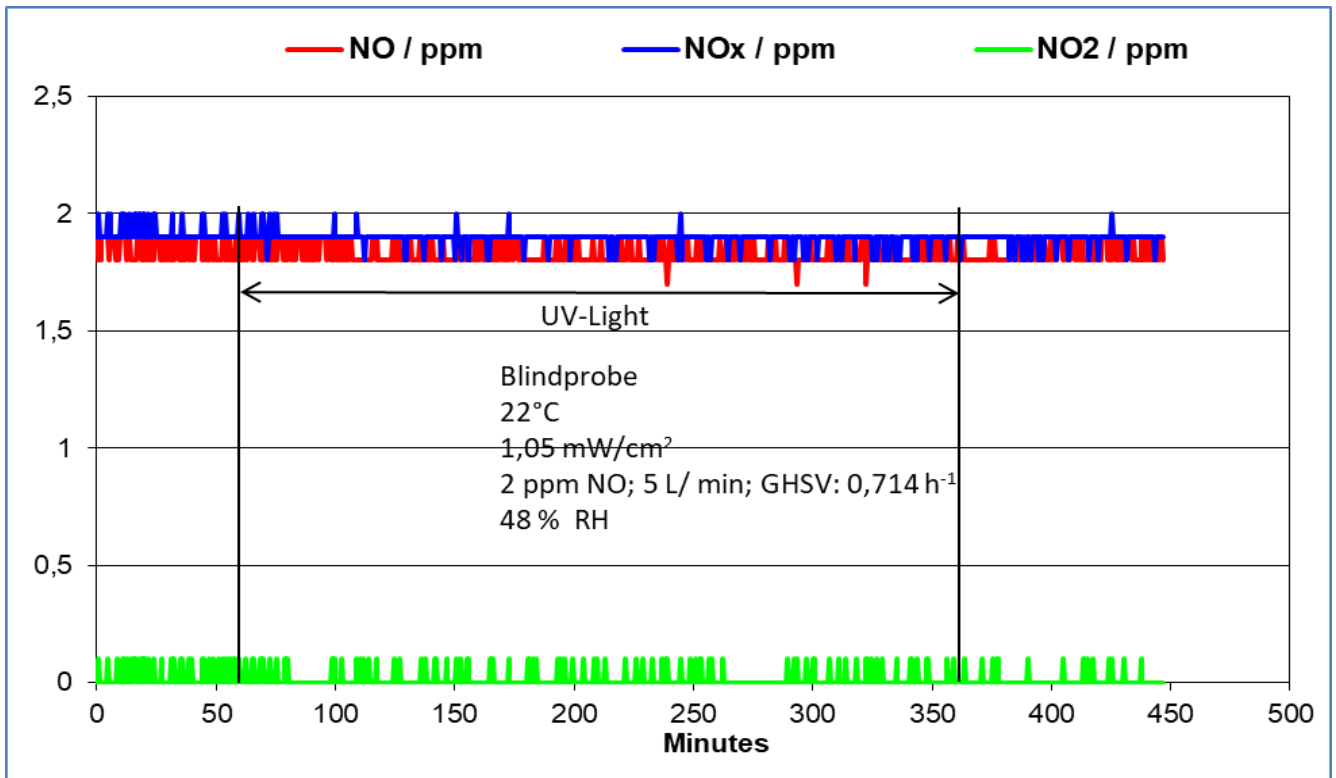


Abbildung 10: Blindversuch, leerer Reaktor

Abbildungen

Abbildung 1: Photokatalytischer Reaktor und Teststand 2

Abbildung 2: Versuchsaufbau (1: 400 ppm NO in Stickstoff; 2 und 3: Pressluft; 4,5 und 6: MFCs; 7: Befeuchter; 8: Reaktor; 9: UV-Lampe)..... 4

Abbildung 3: der photokatalytische Reaktor und die UV-Lampen-Batterie 4

Abbildung 4: Messdaten unbeschichteter Ziegel 7

Abbildung 5: Absorption und Gleichgewichtsumsatz eines beschichteten Ziegels 7

Abbildung 6: NOx-Umsatz-Kinetik Ziegel 2 (Beispieldaten)..... 8

Abbildung 7: NOx-Umsatz Ziegel 1 bei niedrigen Konzantrationen (Beispieldaten) 8

Abbildung 8: NOx-Umsatz-Kinetik Platte 2 9

Abbildung 9: NOx-Umsatz-Kinetik Platte 1 9

Abbildung 10: Blindversuch, leerer Reaktor10

VERSIONSKONTROLLE

Revision Datum	Autor	REV	Bemerkung
2016-07-18	JAN	01	Erstellung
2022-02-09	Be0	02	Überarbeitung neues Format



WISSEN SCHAFFT FORTSCHRITT®

- ▶ Qualität sichern
- ▶ Entwicklungen begleiten
- ▶ Schäden analysieren
- ▶ Wissen weitergeben

LABOR-SERVICES

- ▶ Analytik
- ▶ Werkstoffprüfung
- ▶ Metallografie
- ▶ Mikroskopie
- ▶ Airbag-Labor
- ▶ Zerstörungsfreie Prüfung
- ▶ Physikalische Prüfung
- ▶ Brandprüfungen
- ▶ Werkstatt
- ▶ ParticleCheck
- ▶ Kunststoff-Labor
- ▶ Umweltsimulation
- ▶ Sprengstofflabor

SCHADENSANALYSE & ENTWICKLUNGSBEGLEITUNG

- ▶ Airbag
- ▶ Automotive
- ▶ Kunststoffe
- ▶ Katalyse
- ▶ Batterien
- ▶ Bauwirtschaft
- ▶ Chemie
- ▶ Elektrotechnik
- ▶ Maschinenbau
- ▶ Luftfahrt
- ▶ Medizintechnik

