

# Überprüfung der photokatalytischen Wirksamkeit von speziellen Dispersionsfarben der Sto AG

**Michael Maban, Referat 14 – Geräte und Produktsicherheit, Qualitätswesen**



## Allgemeines (1):

- Die Fa. Sto AG hat verschiedene Dispersionsfarben entwickelt, deren photokatalytische Wirkung eine Reduktion von Stickoxiden in der Atmosphäre ermöglicht.
- Als Photokatalysator wird  $\text{TiO}_2$  verwendet, das aus Agglomeraten besteht, die aus Anatas-Kristalliten in der Größenordnung von ca. 10 nm aufgebaut sind.

## Allgemeines (2):

- Die Agglomerate können auch durch Mahlprozesse nur bedingt aufgebrochen werden, so dass die resultierende Partikelgröße wiederum im Mikrometerbereich (ca. 1-5 $\mu$ m) liegt.
- Die photokatalytische Aktivität resultiert maßgeblich aus der Morphologie dieser kleinsten Anatas-Kristallite.

## Laborversuch Stickoxide (1):

- Die LUBW wurde von der Firma Sto AG beauftragt, unterschiedliche Dispersionsfarben auf ihre photokatalytische Wirksamkeit bei der Reduktion von Stickoxiden in der Umgebungsluft zu untersuchen.
- Um die Wirksamkeit der Dispersionsfarben festzustellen, wurde zunächst ein Laborversuch in einer Prüfkammer (Volumen: 365 l) durchgeführt.
- Zur Simulation des Sonnenlichts wurden in der Prüfkammer spezielle Leuchtstoffröhren mit einem Wellenlängenspektrum von 300 – 390 nm angebracht.

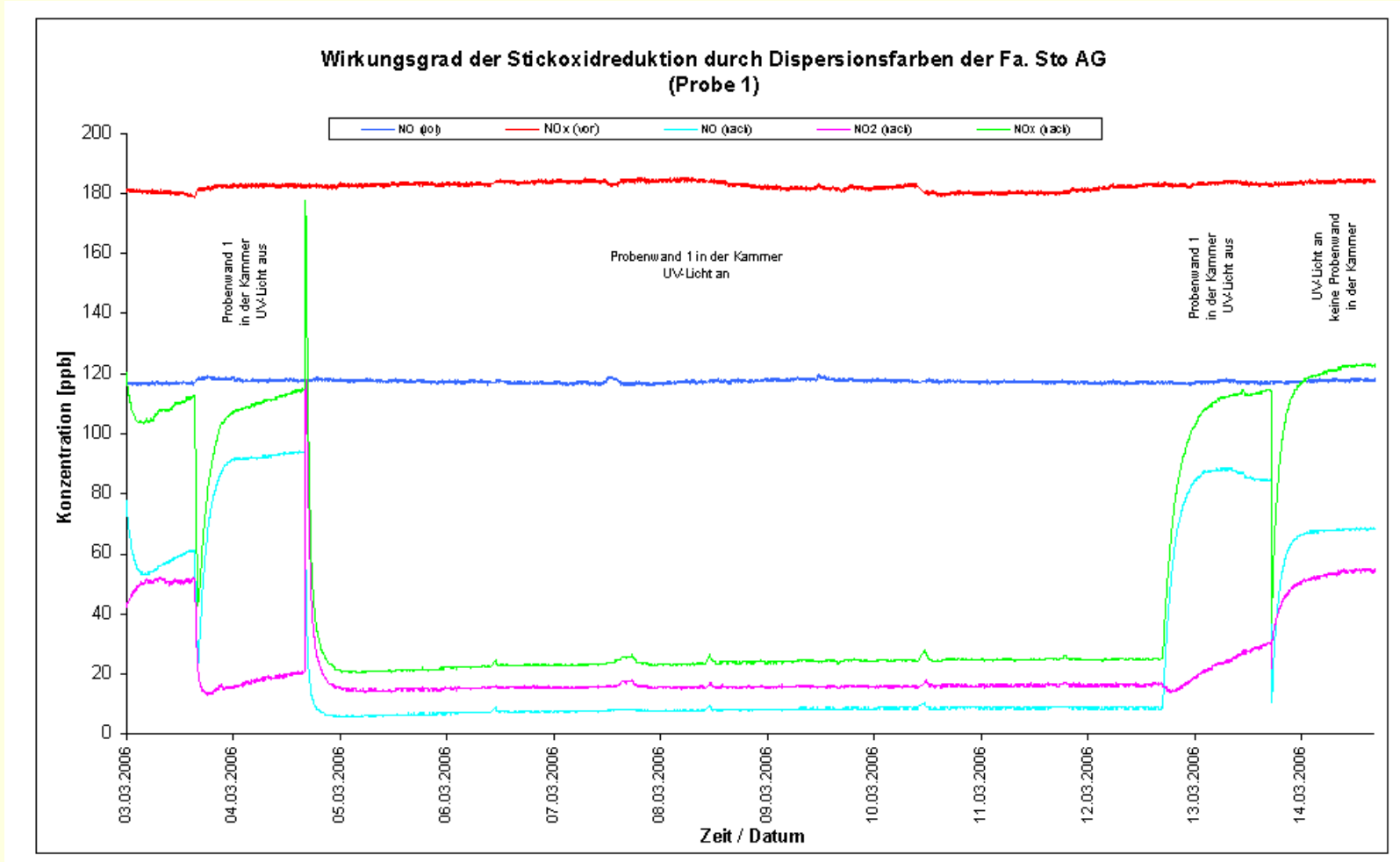
## Laborversuch Stickoxide (2):

- Von der Fa. Sto AG wurden für die zu untersuchenden Dispersionsfarben jeweils zwei „Prüfwände“ aus Aluminiumblech mit den Abmessungen von 50\*50 cm zur Verfügung gestellt.
- Diese waren einseitig mit der Dispersionsfarbe beschichtet.
- Zur Begasung der Prüfwände wurde ein Prüfgasgemisch aus NO und NO<sub>2</sub> in die Kammer kontinuierlich über die gesamte Versuchsdauer von 42 Tagen eingeleitet.
- Die Konzentration des eingeleiteten Prüfgasgemisches wurde mit zwei Immissionsmessgeräten vor Eintritt in die Kammer und nach erfolgter Reduktion beim Austritt aus der Kammer gemessen.

## Laborversuch Stickoxide (3):



## Laborversuch Stickoxide (4):



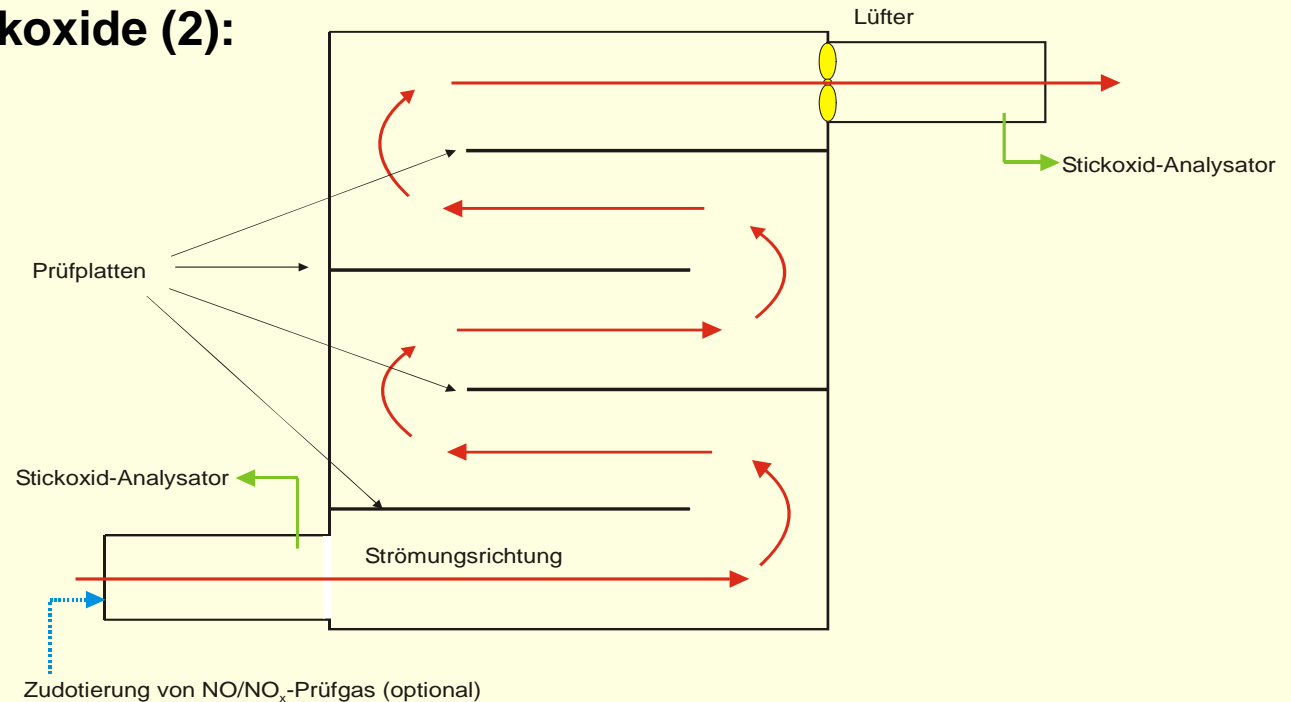
## Feldversuch Stickoxide (1):



- Im Vorfeld der Feldversuche wurden zwei Beprobungskästen aus Edelstahl angefertigt (Abmessung: B x H x T = 85cm x 115cm x 19cm). Das Innenvolumen eines Beprobungskastens betrug somit ca. 185 Liter.
- Die Oberseite der Beprobungskästen besteht aus einer UV-Licht durchlässigen Borosilicatglas-scheibe (Schott Borofloat 33) mit einer Dicke von 5 mm.
- In jedem Beprobungskasten wurden jeweils vier beidseitig beschichtete Prüfwanplatten mit den Abmessungen 62 cm x 25 cm eingebracht.
- Es ergab sich somit eine photokatalytisch wirksame Gesamtoberfläche von 1,24 m<sup>2</sup>.
- Die Beprobungskästen wurden auf dem Dach einer Messstation auf dem Versuchsgelände der LUBW unter einem Winkel von 45° zur Horizontalen aufgestellt.
- Die Prüfplatten wurden so eingebaut, dass die aktiven Flächen senkrecht standen.



## Feldversuch Stickoxide (2):



- Die Belüftung der Beprobungskasten erfolgte jeweils mittels eines regelbaren Ventilators. Der Volumenstrom konnte dabei zwischen 7 und 100 l/min variiert werden.
- Die Umgebungsluft wurde links unten durch einen Rohrstutzen in den Kasten eingeleitet und rechts an der Oberseite ebenfalls durch einen Rohrstutzen ausgeleitet.
- Die Stickoxidkonzentrationen wurden vor Eintritt in die Beprobungskästen mit einem Messgerät und am Austritt aus den beiden Beprobungskästen nach erfolgter Reduktion mit jeweils einem weiteren Messgerät ermittelt.

## Feldversuch Stickoxide (3):

- Der gesamte Messzeitraum (ca. 7 Monate) wurde in verschiedene Messperioden unterteilt, die in der Regel zwischen 3 bis 10 Tagen dauerten.
- Zu Beginn und am Ende dieser Messperioden wurden die verwendeten Stickoxid-Analysatoren mit Prüfgasen überprüft und kalibriert.
- An bestimmten Versuchstagen wurde der Durchfluss variiert um beispielhaft die Abhängigkeit der Abbaurate vom Durchfluss zu untersuchen.
- Um deutlich messbare Stickoxidkonzentrationen zu erhalten wurde bei bestimmten Messperioden ein Gemisch aus NO- und NO<sub>x</sub>-Prüfgas zudosiert.
- Neben den Stickoxidkonzentrationen [ppb] und der Durchflussrate [l/min] wurde die Temperatur [°C] (im Kasten u. außerhalb) die Feuchte [% rF] und die Globalstrahlung [W/m<sup>2</sup>] (Messstation Karlsruhe-Nordweststadt) gemessen.

## Feldversuch Stickoxide (4):

- Aus den ermittelten Stickoxidkonzentrationen wurden die absoluten Abbauraten nach folgender Berechnungsformel ermittelt:

$$A_a = ((c_{Umg} - c_{BK}) * f_1 * V * f_2) / F$$

mit:

$A_a$  absolute Abbaurate für NO bzw. NO<sub>2</sub> in [ $\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2$ ]

$c_{Umg}$  NO- bzw. NO<sub>2</sub>-Konz. am Eingang des jeweiligen Beprobungskastens in [ppb]

$c_{BK}$  NO- bzw. NO<sub>2</sub>-Konz. am Ausgang des jeweiligen Beprobungskastens in [ppb].

$f_1$  Umrechnungsfaktor von [ppb] in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] (für NO:  $f_1 = 1,25$ ; für NO<sub>2</sub>:  $f_1 = 1,91$ )

$f_2$  Umrechnungsfaktor von [l/min] in [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] ( $f_2 = 0,06$ )

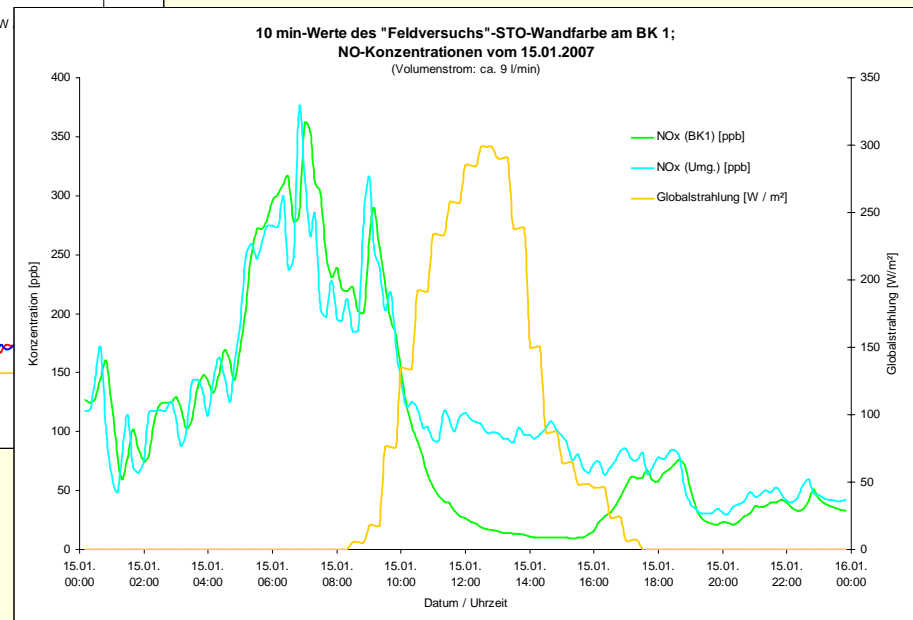
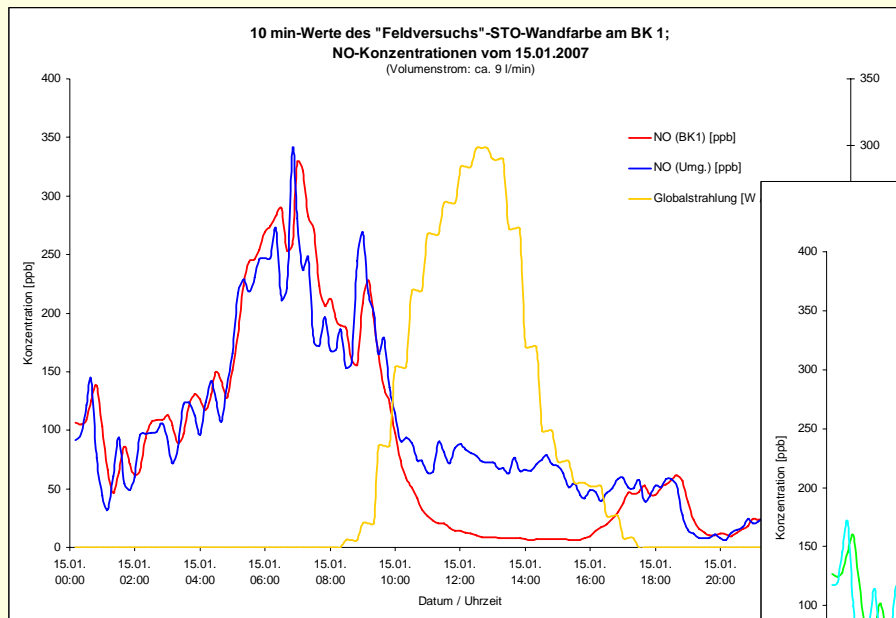
$V$  Durchfluss in [l/min]

$F$  photokatalytisch aktive Fläche ( $F = 1,24 \text{ m}^2$ )

## Feldversuch Stickoxide (6):

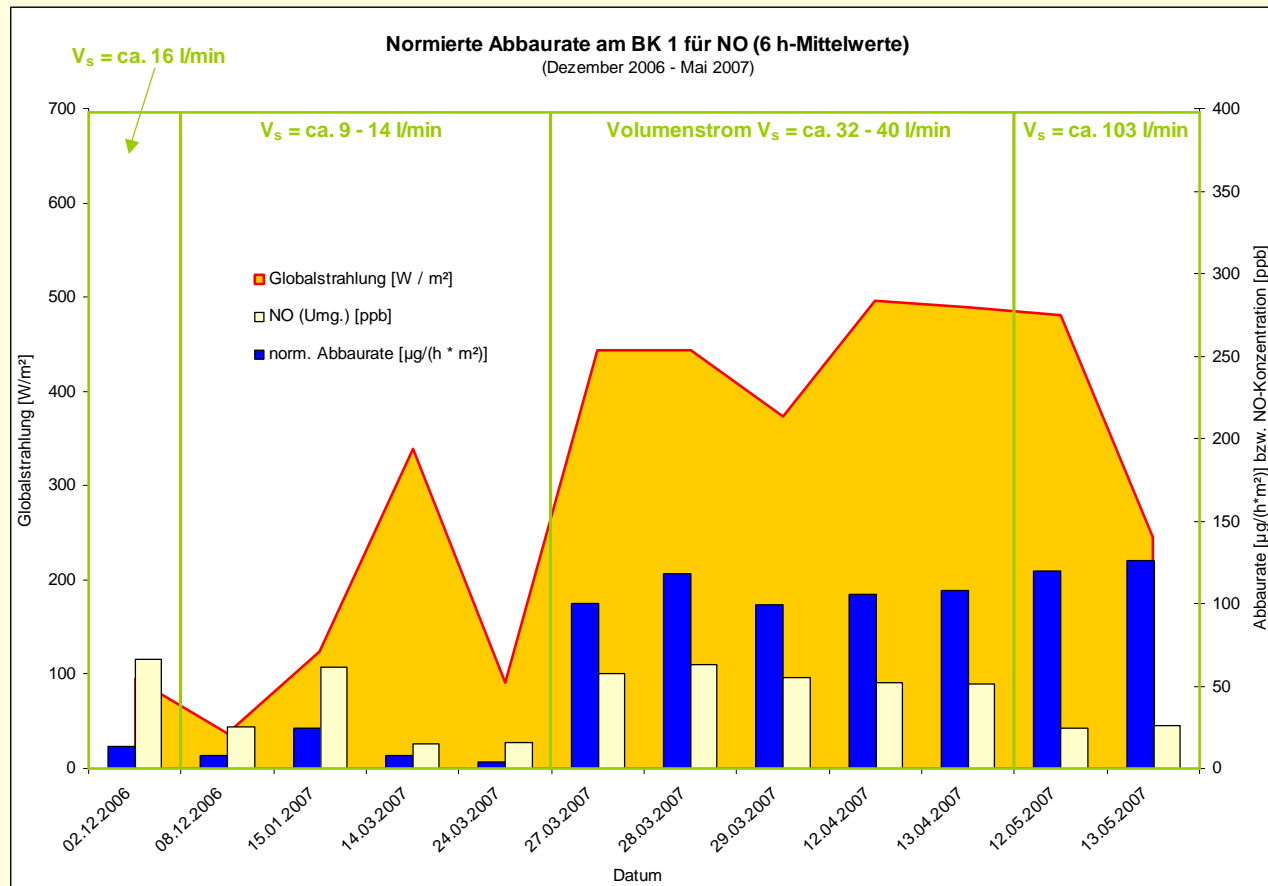
### Beispiele für den Tagesverlauf der NO - / NO<sub>x</sub> – Konzentrationen

Typischer Verlauf: Stickoxidabbau erst bei beginnender Sonneneinstrahlung



## Feldversuch Stickoxide (8):

Graphische Darstellung der Abbaurate über den Messzeitraum (6 h-Werte am BK1; Komp. NO)



## Fazit Feldversuch (1):

- Die Funktion der Wandfarbe – Abbau von Stickoxiden – lässt sich eindeutig im Feldversuch nachweisen
- Bei vorhandener Sonneneinstrahlung konnte eine Reduktion der Konzentrationen von NO und NO<sub>2</sub> im Feldversuch nachgewiesen werden – photokatalytischer Effekt.
- Im Bereich von Durchflussraten zwischen 10 und 100 l/min zeigen die Ergebnisse einen linearen Zusammenhang der Abbaurate.
- Die Funktion der Abbaurate zeigt sich sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Stickoxidkonzentrationen. Ein vollständiger Abbau bei niedrigen Konzentrationen konnte jedoch nicht festgestellt werden.
- Die Abbaurate ist eindeutig von der Intensität der Sonneneinstrahlung abhängig. In den Wintermonaten zeigte sich eine geringere Abbaurate, als in den Monaten April und Mai mit längerer und intensiverer Sonneneinstrahlung.

## Fazit Feldversuch (2):

- Während der Versuchsdauer (9 Monate) konnte keine Minderung der Funktion der Wandfarbe beobachtet werden. Aussagen über längere Zeiträume können anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht vorgenommen werden.
- Eine quantitative Aussage über die Minderung der vorhandenen Stickoxidkonzentrationen in der Atmosphäre kann anhand der vorhandenen Ergebnisse nicht vorgenommen werden.
- Viele Einflussparameter (z. B. Windstärke, Windrichtung, Verschmutzung der Oberflächen, etc.) sind mit den vorhandenen Ergebnissen nicht kalkulierbar.

## Weiterführende Untersuchungen (1):

- Beauftragung der Uni Wuppertal zur Erstellung einer Stoffbilanz
- Die bisher erzielten Ergebnisse der LUBW wurden bestätigt.
- Alle untersuchten Gasphasenspezies ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  und salpetrige Säure) werden an den Farben photochemisch abgebaut.
- Eine Bildung von Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) kann ausgeschlossen werden.
- Sobald ein  $\text{NO}_2$ -Molekül an der Wand ankommt, es von der Farbe abgebaut wird .
- Der begrenzende Faktor für die Abbaurate ist der Transport des Moleküls zur Wand.



## Weiterführende Untersuchungen (2):

- Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen war es möglich einen Mechanismus zum Abbau der Stickoxide zu postulieren und eine Stoffbilanz zu erstellen.
- Letztendlich werden die Stickoxide vollständig zu Salpetersäure bzw. Nitrat abgebaut.
- Auch in der Atmosphäre werden Stickoxide nahezu vollständig zu Salpetersäure bzw. Nitrat abgebaut
- Eine zusätzliche Nitrat-Belastung durch den Einsatz photokatalytischer Dispersionsfarben kann ausgeschlossen werden.
- Ausbreitungsrechnungen ergaben für ein betrachtetes Modellgebiet in Stuttgart im Bereich der Luftmessstation „Stuttgart Neckarstraße“ eine Minderung der Stickoxidkonzentrationen zwischen 1 % und 5 % im Bereich der Straße und bis zu 15 % im Bereich von windgeschützten Hinterhöfen.

A decorative graphic in the top left corner consisting of four vertical green bars of varying heights.

# Vielen Dank für Ihr Interesse!