

# SAUBERE LUFT DURCH PFLASTERSTEINE

## CLEAN AIR BY AIRCLEAN®

### Ausgangssituation und Ziel

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt ist es notwendig, die Stickoxid-Konzentrationen in der Außenluft zu reduzieren. Eine wesentliche Quelle der Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) ist der Autoverkehr. Die 22.BImSchV (Neufassung 4. Juni 2007) reagiert auf diese Situation durch Festlegung des Grenzwertes für das Jahresmittel auf  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Neben einer Reihe anderer Maßnahmen und Technologien wird heute auch der photokatalytische Effekt von Nanopartikeln aus Titandioxid ausgenutzt, um Stickoxide aus der Luft zu entfernen. Durch eine Reihe orientierender Untersuchungen in einigen Städten Italiens konnte gezeigt werden, dass die  $\text{NO}_x$ -Belastung der Luft durch die Verwendung von Pflastersteinen, die mit Titandioxid beschichtet waren, deutlich vermindert wurde.

Ziel der Untersuchungen war zu überprüfen, inwieweit diese Effekte auch in Deutschland - bei geringerer Lichtintensität und Sonnenscheindauer - gemessen werden können, sowie geeignete Produkte weiter zu optimieren.

### Projektbeschreibung

Die Aussagen wurden durch ein gestuftes Vorgehen erzielt:

#### 1. Produktoptimierung

Testung von Mustersteinen mit unterschiedlicher Oberfläche, Farbe, Vorsatzzusammensetzung, Herstellungsverfahren,  $\text{TiO}_2$ -Gehalt und Zementsorte. Die Durchführung erfolgte in Anlehnung an die Norm ISO 22197-1 (siehe Figure 1).

#### 2. Beleg der Wirksamkeit der optimierten Steine

Die Untersuchungen zur  $\text{NO}_x$ -Abbaukapazität wurden in speziell angelegten Straßenschluchten („Canyons“, siehe Figure 2) sowie auf dem Gothaer Platz in Erfurt, auf dem bereits das AirClean®-Pflaster verlegt ist, durchgeführt.

#### 3. Umweltrisikoprüfung des entstehenden Produkts Nitrat

### Ergebnisse

#### 1. Produktoptimierung

Folgende Einflussfaktoren wurden identifiziert und bei der Produktoptimierung berücksichtigt:

- gleichmäßige Verteilung des Photokatalysators
- Art der Oberflächenbehandlung
- Karbonisierungsvorgänge
- Zement als Bindemittel.

Bei den optimierten Steinen wurden Abbaukapazitäten von bis zu etwas mehr als 90 % (ausgedrückt als % $\text{NO}_x$ -Abbau) nachgewiesen. Das Produkt AirClean® ist für den geplanten Verwendungszweck sehr gut geeignet.

#### 2. Beleg der Wirksamkeit der optimierten Steine

Bei den Messungen der  $\text{NO}_x$ -Abbaukapazität in „Canyons“ wurden Reduzierungsraten von im Mittel 25-30 % festgestellt. Messungen der  $\text{NO}_x$ -Abbaukapazität am Gothaer Platz in Erfurt zeigten eine durchschnittliche Verminderung um 20% gegenüber der Messstation der ThLUG, einer Messstation in 300m Entfernung zum Gothaer Platz mit ansonsten vergleichbaren Bedingungen (Messungen in allen Versuchen bis zu 3 m über dem Pflaster).

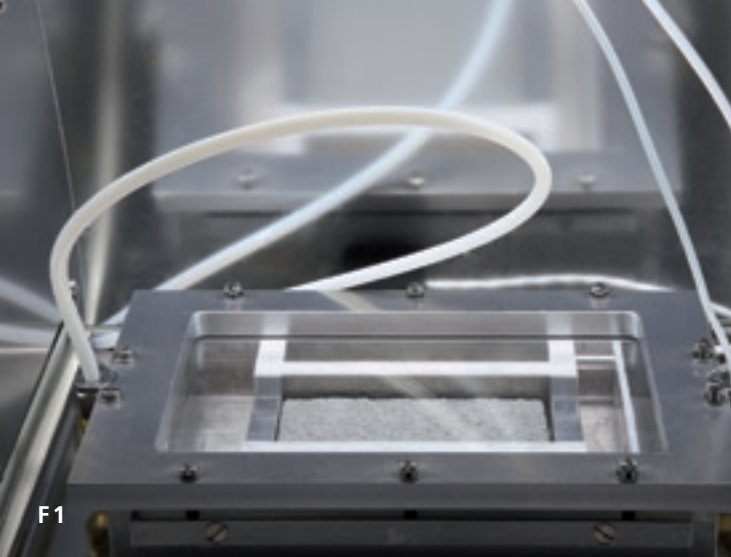
#### 3. Umweltrisikoprüfung

Eine prospektive Umweltrisikoprüfung wurde für Nitrat durchgeführt - einem Endprodukt aus dem photokatalytischen Abbau der Stickoxide. Unter Annahme von jeweils unrealistischen, schlechtesten Bedingungen hinsichtlich der Einträge in Oberflächen- und Grundwasser konnte abgeschätzt werden, dass die durch die photokatalytische Wirkung der Pflastersteine gebildeten und in die Umwelt eingetragenen Nitratmengen deutlich unterhalb der zurzeit gültigen Grenzwerte liegen.

Die photokatalytisch aktiven Pflastersteine leisten also hinsichtlich des  $\text{NO}_x$ -Abbaus einen aktiven Beitrag zum Umweltschutz; ein Umweltrisiko durch das Abbauprodukt Nitrat besteht nicht.

#### Auftraggeber / Sponsor

Das Projekt wurde aus Mitteln der Bundesstiftung Umwelt und der F.C. Nüdling Betonelemente GmbH + Co. KG finanziert.



F1



F2

## Background and aims

Nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ) are a significant threat to human health and the environment. The levels of  $\text{NO}_x$  in the air must be reduced, but these compounds are produced continuously by anthropogenic sources such as automobile traffic. National and EU guidelines have been established to set limits on the allowable mean annual concentration of  $\text{NO}_x$  ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22. BImSchV as of June 2007) but additional measures and technological approaches are required to ensure these limits are achieved. One such approach is to exploit the photocatalytic capacity of nanoscale titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) to transform  $\text{NO}_x$  to nitrate. Preliminary investigations in Italian cities have shown that concrete spiked with nanoscale  $\text{TiO}_2$  can significantly reduce  $\text{NO}_x$  levels.

Our study aimed to demonstrate the potential of this approach in Germany (where the days are shorter and the light less intense) and in the case of positive results, to improve on the efficiency of the process.

## Project description

The project had three objectives:

### 1. Product optimization

We tested concrete products differing in surface texture, color, cement content, manufacturing technique and  $\text{TiO}_2$ -concentration. Testing was similar to ISO 22197-1 (Figure 1).

### 2. Proof of efficiency for optimized products

Outdoor investigations were carried out to determine the ability of new products to convert  $\text{NO}_x$  into nitrates. These studies were performed using "canyons" (Figure 2) and on Gothaer Platz in Erfurt, where the AirClean®-pavement is already present.

### 3. Prospective environmental risk assessment of the resulting product nitrate

## Results

### 1. Product optimization

We found that the following factors increased the efficiency of  $\text{NO}_x$ -depletion:

- even distribution of the photocatalyst,
- surface treatment,
- formation of carbonate,
- the presence of cement as a binder.

The optimized products were able to convert approximately 90 % of  $\text{NO}_x$  (expressed as %  $\text{NO}$  depletion). The AirClean® product was therefore deemed appropriate.

### 2. Proof of efficiency for optimized products

The mean  $\text{NO}_x$ -depletion in "canyons" was 25-30 %, whereas the measurements taken at Gothaer Platz in Erfurt showed a reduction of 20 % compared to the nearby ThLUG monitoring station. All measurements were taken up to 3 m above ground.

### 3. Environmental risk assessment

An environmental risk assessment for the final photocatalytic depletion product (nitrate) was performed using a multi-worst-case approach. This indicated that nitrate concentrations were far below the current limit values for surface and groundwater. The photocatalytic pavement AirClean® contributes significantly to sustainable environmental protection and the degradation products appear to pose no risk.

## Contact / Ansprechpartnerin

Dr. Monika Herrchen

Tel: +49 2972 302-215

monika.herrchen@ime.fraunhofer.de

Figure 1: Test unit for ISO 22197-1, Fraunhofer IME

Figure 2: Test-canyon with AirClean® (left side, Ehrenberg, F.C. Nüdling)