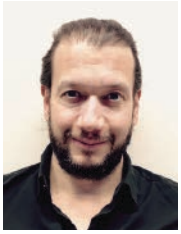
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

DR. ANJA BAUM, JAN SAUER, SERGEJ METZGER

Photokatalytisch aktive Lärmschutzwand zur Minderung der Stickoxidbelastung an Verkehrswegen

Dr. Anja Baum
Dipl.-Geophysikerin, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)



Jan Sauer
Dipl.-Biologe, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Sergej Metzger
Physiklaborant, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Innerhalb eines Pilotprojektes sollte das Stickoxid-Minderungspotential von photokatalytisch aktiven Oberflächen unter Realbedingungen an einer Lärmschutzwand untersucht werden, auf deren Oberfläche eine Titandioxid (TiO_2)-Suspension appliziert wurde.
Vor dem Einsatz der photokatalytischen Materialien mussten zunächst mehrere Voruntersuchungen durchgeführt werden. Hierzu zählten z. B. Modellrechnungen und Schalluntersuchungen, um auszuschließen, dass die für die Lärmschutzwand gewählte TiO_2-Suspension die akustischen Eigenschaften des offenporigen Wandmaterials beeinflusst.
Darüber hinaus fanden verschiedene projektbegleitende Untersuchungen statt, wie z. B. Bodenanalysen, Bewitterungen von Prüfkörpern oder eine Nitratbilanzierung des Abflusswassers an der Lärmschutzwand.

1. Einleitung

Luftschadstoffmessungen im gesamten Bundesgebiet haben gezeigt, dass der seit 01.01.2010 geltende NO_2-Jahresmittelgrenzwert der 39. BImSchV [1] insbesondere an verkehrsnahen Standorten zum Teil stark überschritten wird. Obwohl Stickoxide (NO_x) von Fahrzeugen durch innermotorische Maßnahmen sowie Abgasnachbehandlungen seit einigen Jahren deutlich reduziert wurden, nehmen die Stickstoffdioxidimmissionen nicht oder nicht in dem erwarteten Umfang ab. Kurz- und mittelfristig werden daher neben den direkt im Abgasstrang wirkenden Maßnahmen auch indirekte Maßnahmen erwogen. Hierzu zählt der Einsatz von Titandioxid TiO_2, das als Suspension auf Oberflächen aufgetragen oder direkt als Zusatzstoff z. B. während der Betonherstellung in den Zement beigegeben werden kann. Durch Lichteinwirkung (UV(A)-Strahlung) kann das TiO_2 aktiviert und Schadstoffe wie z. B. Stickoxide reduziert werden.

Titandioxid liegt in den Modifikationen Anatas, Rutil und Brookit vor, wobei Brookit wirtschaftlich unbedeutend ist. Anatas und Rutil unterscheiden sich in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften und finden industriell insbesondere als Weißpigment Anwendung. Auf ihren unterschiedlichen Eigenschaften beruht die Entscheidung für die Weiterverarbeitung und Anwendung der verschiedenen TiO_2-Modifikationen. Die höhere absolute Brechzahl des Rutils führt zu besserem Deck- und Aufhellvermögen gegenüber dem Anatas. Dieses wiederum hat die höheren photokatalytischen Eigenschaften.

Als Halbleiter kann Titandioxid quantenmechanisch über das Bändermodell beschrieben werden, bei dem das Valenzband vom Leitungsband durch eine energetische Bandlücke von 3,2 eV für die Anatas-Modifikation und 3,0 eV für die Rutil-Modifikation getrennt ist (s. Abbildung 1). Hierdurch werden die elektrischen und optischen Eigenschaften des Halbleiters bestimmt.

Elektronen im Valenzband können optisch durch einen Photon-Elektron-Stoß (also im hier beschriebenen Fall durch Absorption von UV- oder dunkelvioletter Strahlung) energetisch angeregt werden und so über die Bandlücke in das Leitungsband gehoben werden. Dadurch entstehen im Valenzband positiv geladene Löcher. Die Elektronen-Loch-Paare haben ein hohes Redoxpotential und werden daher industriell zur Beseitigung von Schadstoffen in der Luft oder in Abwässern sowie zur Herstellung von selbstreinigenden Oberflächen genutzt. Bei vollständiger Reaktion bilden sich dabei aus Stickoxiden wasserlösliche Nitrate und aus organischen Schadstoffen Kohlendioxid und Wasser.

Da es sich bei Titandioxid um einen Photokatalysator handelt, der während der Reaktion nicht verbraucht wird, können die Oxidationsprozesse beliebig oft wiederholt werden. Unter Laborbedingungen konnte diesbezüglich ein hohes Minderungspotential gegenüber Stickoxiden nachgewiesen werden. Versuche in situ sind aufgrund ihrer Kostenintensität jedoch die Ausnahme, zudem kommen diese zu ganz unterschiedlichen Aussagen und Wirkungsgraden. Die hier beschriebenen Untersuchungen sollten unter Realbedingungen das Minderungspotential von Titandioxid auf einer Lärmschutzwand an einer Bundesautobahn quantifizieren.

2. Design und Standort der Studie

Das Untersuchungsgebiet liegt an der BAB A 1 zwischen den Anschlussstellen Osnabrück-Nord und Osnabrück-Hafen und umfasst eine Länge von ca. 2 km (s. Abbildung 2). Die 6-streifige Bundesautobahn ist in diesem Abschnitt auf beiden Seiten mit einer Lärmschutzwand (LSW) eingefasst, auf die im September 2011 auf einer Länge von 1 km beidseitig eine TiO_2-haltige Suspension im Airless-Verfahren aufgetragen wurde. Die beschichtete Fläche beträgt ca. 25.000 m^2. Ein 1 km langes Teilstück ohne Suspension diente im Zuge der Untersuchung als Referenzfläche. Die Bestimmung der Luftschadstoffkonzentrationen erfolgte an vier Standorten auf der verkehrszugewandten Seite der Lärmschutzwand, wobei zwei Messcontainer am beschichteten Abschnitt und zwei am unbeschichteten Abschnitt installiert wurden. Es kamen kontinuierliche Messgeräte zur Bestimmung der Konzentrationen von Ozon und Stickoxiden sowie diverse Geräte zur Aufnahme der meteorologischen Parameter Windrichtung, Windgeschwindigkeit, UV(A)-Strahlung, Global-

© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2024 - (immissionsschutzdigital.de) - 26.04.2024 - 15:50 - (ds)