



Stand: 4. Januar 2022

Nitrat als Abbauprodukt des (photokatalytischen) Stickoxidabbaus – saubere Luft geht nicht auf Kosten der Wasserqualität

Stickoxide werden immer wieder im Rahmen von Diskussionen um die Luftqualität thematisiert. Als Reizgas greifen sie die Atemwege an, fungieren jedoch auch als Vorläufersubstanzen für Feinstaubbildung und werden daher gerne als allgemeiner Indikator für den Schadstoffmix in unserer Luft herangezogen. Basierend auf einer Empfehlung der WHO¹ aus dem Jahr 2005 legte die EU daher einen Jahresgrenzwert² von 40 µg/m³ fest, der seit 1. Januar 2010 eingehalten werden muss. Der neuste WHO-Bericht³ senkt seine Empfehlung nochmals deutlich auf 10 µg/m³, da neue Studien gezeigt haben, dass die alten Werte keinen Gesundheitsschutz bieten. Beratungen zur Anpassung der EU-Grenzwerte laufen.

Messungen haben gezeigt, dass insbesondere Städte mit hohen Verkehrsdichten den aktuell noch geltenden Grenzwert von 40 µg/m³ auch nach 2010 teils erheblich überstiegen haben. Im Zuge von Klagen wurden Verbesserungspläne erstellt und die Luftqualität in deutschen Städten verbesserte sich sukzessiv. Doch auch 10 Jahre nachdem dieser Grenzwert gilt, werden noch Überschreitungen festgestellt.⁴ Die Gesundheit der Bürger ist somit auch weiterhin gefährdet und eine weitere Absenkung der EU-Grenzwerte wird weitere Maßnahmen erforderlich machen.

Neben der Bekämpfung der Stickoxid-Ursachen kann die Luftqualität auch durch aktive Abbaumaßnahmen verbessert werden. Photokatalytisch aktive Bauprodukte können hier ihren Beitrag leisten. Das schädliche Stickoxid wird dabei unter Sonneneinstrahlung zu Nitraten umgewandelt. Diese werden als Dünger eingesetzt, können in hohen Konzentrationen jedoch Gewässer belasten. Verlagert sich somit das Problem lediglich? „Nein!“ beantwortet der Fachverband für angewandte Photokatalyse e. V. diese Frage und klärt auf, welche Maßnahmen dies verhindern.

Das Wichtigste auf einen Blick

- Ursachen und der natürliche Abbau von Stickoxiden: Stickoxide – NO_x abgekürzt – fallen vor allem bei Verbrennungsprozessen an. Sind sie erst einmal in der Luft, werden sie langsam zu Nitraten abgebaut.
- Photokatalytischer Abbau von Stickoxiden: Photokatalytisch aktive Materialien können den Abbau von Stickoxiden zu Nitraten massiv beschleunigen, wodurch die Luftqualität verbessert wird.
- Keine Überschreitung der Nitratgrenzwerte durch die Photokatalyse: Beispielrechnungen zeigen, dass durch die gebildete Nitratmenge keine Überschreitung der Nitratgrenzwerte zu befürchten ist.
- Nitrate werden in der Abwasseraufarbeitung effektiv aus dem Wasser entfernt und Grenzwerte streng kontrolliert. Hohe Nitratbelastungen gehen vor allem auf übermäßigen Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft zurück.

¹ [Air Quality Guideline](#) der World Health Organisation (WHO) aus dem Jahr 2005.

² Richtlinie 2008/50/EG zur Luftqualität, aufrufbar über [EUR-Lex](#), umgesetzt in der 39. BImSchV.

³ [Air Quality Guideline](#) der World Health Organisation (WHO) aus dem Jahr 2021.

⁴ [Luftqualität 2020](#), Bericht des Umweltbundesamtes.

Ursachen von Stickoxiden in unserer Luft und der natürliche Abbauprozess

Der Begriff Stickoxide – auch NO_x abgekürzt – fasst verschiedene chemische Gase aus Stickstoff (chemisches Symbol: N) und Sauerstoff (chemisches Symbol: O) zusammen. In Bezug auf die Luftqualität wird meist Stickstoffdioxid NO₂ als Bezugsparameter gewählt. In sehr, sehr geringen Konzentrationen ist es ein natürlicher Bestandteil unserer Atmosphäre. Es entsteht beispielsweise bei Gewittern oder bei Verwitterungsprozessen. Anthropomorphe Quellen beinhalten einige spezielle Industrieprozesse. Der deutlich überwiegende Anteil fällt jedoch bei Verbrennungsprozessen vor allem fossiler Brennstoffe an. Dadurch ist auch zu erklären, dass in Städten und insbesondere an dicht befahrenen Straßen tendenziell höhere NO₂-Konzentrationen gemessen werden als im ländlichen Raum.

Sind die gasförmigen Stickoxide erst einmal in der Luft, können sie verschiedene Reaktionen eingehen. Durch die Reaktion mit Sauerstoff, Wasser oder anderen Schadstoffen in der Luft können andere Stickoxide oder Salpetersäure gebildet werden. Sowohl Stickoxide als auch Salpetersäure bilden bei der Reaktion mit Metallverbindungen wiederum feste Nitrats. Diese Reaktionen finden jedoch nur an Oberflächen statt und sind daher sehr langsam.

Wie funktioniert der photokatalytische Abbau von Stickoxiden?

Nitrats sind somit das natürliche Abbauprodukt von Stickoxiden, ohne Unterstützung dauert der Abbau jedoch sehr lange. Um diesen Prozess zu beschleunigen und die Stickoxide schneller aus der Luft zu entfernen, können Katalysatoren verwendet werden. Sie senken die Energiebarriere der Reaktion, verändern die grundsätzlich ablaufende Chemie jedoch nicht. Dadurch werden sie auch nicht verbraucht, sondern bleiben unverändert über die gesamte Nutzungsdauer hinweg erhalten.

Photokatalytische Prozesse nutzen (Sonnen-)Licht zur Aktivierung des Katalysators. Der am häufigsten verwendete Katalysator ist Titandioxid (TiO₂). Dieses wird speziell für diese Anwendungen produziert und in die Materialoberfläche fest eingebunden. Es zeichnet sich durch besonders hohe Effizienz bei gleichzeitiger hoher Lebensdauer aus.

Fällt Licht auf den Katalysator wird dieser aktiviert und Stickoxide können abgebaut werden. Das dabei gebildete Nitrat schlägt sich an der Materialoberfläche als Feststoff nieder und wird somit dauerhaft aus der Luft entfernt. Mit dem nächsten Regen wird das Nitrat durch seine hohe Löslichkeit in Wasser abgespült und gelangt in die städtische Kanalisation.

Keine Überschreitung der Nitratgrenzwerte durch den photokatalytischen Abbau von Stickoxiden

Im menschlichen Körper können Nitrats in krebserregende Nitrosamine umgewandelt werden. Daher gelten sehr strenge Grenzwerte insbesondere für Trinkwasser, die strikt einzuhalten sind und ständig kontrolliert werden. In Deutschland gilt ein Grenzwert von 50 mg/L.⁵ Dieser Wert wird auch zur Beurteilung von Oberflächengewässern wie Seen oder Flüssen angelegt.⁶ Wird dieser nicht eingehalten, müssen Maßnahmen ergriffen werden.

⁵ Trinkwasserverordnung TrinkwV, aufrufbar beim [Bundenministerium der Justiz und für Verbraucherschutz](#).

⁶ Verordnung zum Schutz von Oberflächengewässern OGewV, aufrufbar beim [Bundenministerium der Justiz und für Verbraucherschutz](#).

Anhand des Beispiels der Stadt München soll dargestellt werden, wie viel Nitrat durch den photokatalytischen Abbau von Stickoxiden tatsächlich ins Abwasser gelangen könnte.

Sonnenstunden⁷: 1971 h/Jahr

Typische Abbaurate photokatalytischer Produkte: 2,5 mg/m²•h

Aus den Realdaten der Sonnenstunden mit typischen Abbauraten aktuell auf dem Markt befindlicher, photokatalytisch aktiver Produkte ergibt sich eine Menge an abgebautem NO von 4,9 g/m². Dies entspricht einer gebildeten Nitratmenge von 10,2 g/m².

Niederschlag⁷: 950 L/m²

Wird diese Menge durch den Regen in die städtische Kanalisation eingebracht, ergibt sich pro Quadratmeter Oberfläche, die mit einem solchen photokatalytisch aktivem Material ausgestattet wurde, eine über das Jahr gemittelte Nitratkonzentration von 10,7 mg/L.

Die mittleren Nitratgehalte im Grundwasser in München liegen bereits seit dem Jahr 2016 konstant unter 25 mg/L.⁸ Dies galt im Jahr 2019 für Zweidrittel der Messstellen in Deutschland.⁹ Für die Isar als Beispiel eines Oberflächengewässers der Region wurde ein mittlerer Nitratgehalt von 15 mg/L gemessen.¹⁰ Selbst wenn die gesamte Stadtfläche mit photokatalytisch aktiven Materialien ausgestattet werden und keinerlei Aufarbeitung des Abwassers erfolgen würde, wäre der gesetzliche Grenzwert von 50 mg/L Nitrat somit deutlich unterschritten.

Reduzierung der Nitratbelastung: Abwasseraufarbeitung

Abwässer werden in Deutschland zusätzlich aufgearbeitet. In Kläranlagen werden dabei die Nitrate gezielt zu in der Atmosphäre vorhandenem Stickstoff reduziert. Der entsprechende Schritt nennt sich Denitrifikation. Vor dem Weiterleiten des geklärten Wassers in einen natürlichen Wasserlauf werden zudem unter anderem die Nitratwerte überwacht und geprüft. Dabei gelten, wie auch für Trinkwasser, strenge Grenzwerte: Lediglich 13 mg/L Gesamtstickstoff¹¹ dürfen nach der Aufbereitung des kommunalen Abwassers noch enthalten sein. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass keine Belastungen der Oberflächengewässer oder des Grundwassers entstehen. Dies bestätigen auch Experten der Abwasserwirtschaft.

„Die biologische Stickstoffentfernung aus Abwässern ist effizient in der Umwandlung von Nitrat zu atmosphärischem Stickstoff und kann auch dezentral implementiert werden.“

Dr.-Ing. Maike Beier, Leiterin der
Siedlungswasserwirtschaft am Institut für
Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH),
Leibniz Universität Hannover

Insofern ist die lokal kontrollierbare Bildung von Nitrat dem großflächig ablaufenden, natürlichen Abbauprozess von Stickoxiden sogar vorzuziehen, da auf diese Weise sichergestellt werden kann, dass das Nitrat der Abwasseraufbereitung zugeführt wird.

⁷ 5-Jahres-Mittelwert 2016-2020, Daten der Stadt München, aufrufbar auf [WetterKontor](#).

⁸ Daten der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), aufrufbar auf der [Seite des UBA](#).

⁹ Daten des Umweltbundesamt und Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI).

¹⁰ Nitrat Bericht 2020, veröffentlicht von BMEL und BMU, zum Download verfügbar auf der [Seite des BMU](#).

¹¹ Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer AbwV, aufrufbar beim [Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz](#). 13 mg/L Gesamtstickstoff entsprechen einem Nitratgehalt von 58 mg/L. Es gelten abweichende Grenzwerte für Abwässer aus anderen Quellen.

Woher stammen dann hohe Nitratbelastungen in Gewässern?

Nitrate werden weltweit als Düngemittel eingesetzt. In der EU bilden sie mit rund 46 %¹² den größten Anteil der Stickstoffdünger. Dadurch leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Ernährung der Weltbevölkerung.

Im Jahr 2018 wurden in Deutschland pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche 211 kg Stickstoff eingebracht.¹³ Davon werden 5 kg/ha der natürlichen Deposition von Stickoxiden zugeschrieben. Einer Abschätzung des Bundesministeriums für Landwirtschaft und Ernährung (BMEL) nach, wurden jedoch lediglich 120 kg/ha wieder abgeführt. Der Überschuss von 91 kg/ha ist demnach im Boden versickert.¹⁴

Pläne zur Verringerung des Stickstoff-Überschusses bzw. zum Senken der Nitratbelastung in Gewässern wurden im Rahmen der Nitratrichtlinie¹⁵ bereits 1991 beschlossen sowie durch die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung¹⁶ im August 2021 nochmals bestärkt.

Fazit

Photokatalytisch aktive Bauprodukte können einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität und damit zur Gesundheit und Lebensqualität insbesondere in Städten leisten. Die bei dem Prozess gebildeten Nitrate werden durch Niederschlag im städtischen Bereich in die Kanalisation eingebracht und versickern nicht unkontrolliert. Selbst ohne eine Aufreinigung reicht die durch die Photokatalyse gebildete Nitratmenge nicht aus, damit die geltenden Grenzwerte für Trinkwasser bzw. Richtwerte für Oberflächengewässer überschritten werden.

Ursachen für erhöhte Nitratgehalte in Gewässern liegen vor allem in der landwirtschaftlichen Nutzung von Agrarflächen. Durch die Aufarbeitung von Abwässern wird in Deutschland sichergestellt, dass die geltenden Grenzwerte für Nitrate unabhängig von ihrer Herkunft eingehalten werden.

¹² Fertilizers Europe / IFA.

¹³ Nitratbericht 2020, Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft, aufrufbar unter folgendem [Link](#).

¹⁴ Läge der eingesetzte Überschuss ausschließlich als Nitrat vor, entspräche dies einer Menge von 40,3 g/m². Zum Vergleich, durch den Abbau von Stickoxiden werden lediglich 10,2 g/m² gebildet.

¹⁵ Richtlinie 91/676/EWG, aufrufbar über [EUR-Lex](#), in Deutschland umgesetzt in der Düngeverordnung.

¹⁶ Abschlussbericht der Zukunftskommission Landwirtschaft, aufrufbar unter folgendem [Link](#).



Ansprechpartner:

Fachverband angewandte Photokatalyse im
Verband der Mineralfarbenindustrie e. V.
Mainzer Landstr. 55
60329 Frankfurt
www.angewandte-photokatalyse.de
www.vdmi.de

Dr. Heike Liewald / Dr. Giuliana Beck
liewald@vdmi.vci.de / beck@vdmi.vci.de

Registernummer des EU-Transparenzregisters: 388728111714-79

Im Fachverband angewandte Photokatalyse (FAP) sind Unternehmen aus der Pigment-, Coating- und Baustoffindustrie eng vernetzt. Der Verband repräsentiert mit seinen Mitgliedern sowohl die Hersteller von Photokatalysatoren als auch die Anwender aus der Industrie und dient als Plattform, um das Thema Photokatalyse differenzierter zu diskutieren. Der FAP ist eine Fachabteilung des Verbandes der Mineralfarbenindustrie e. V. (VdMi).