

## Leitfaden Nr. 2-14

Friedenstraße 40  
81671 München  
Tel.: 089/233-6259-0  
Fax.: 089/233-6259-5  
E-Mail: info@dwa-bayern.de

### **Betrieb von Abwasseranlagen; Die Stickstoffbilanz im kommunalen Abwasser**

**Stand: 2/2011**

#### **Allgemeines**

Der Stickstoff kommt im Abwasser in verschiedenen Verbindungen vor. Entsprechend unterschiedlich sind die Eigenschaften dieser Stickstoffverbindungen. Bei Einleitung in ein Gewässer können sie sauerstoffzehrend oder fischgiftig sein oder als Nährstoffe wirken.

Es ist deshalb wichtig, wie sich die Stickstoffverbindungen im kommunalen Abwasser zusammensetzen und wie sie sich bei den jeweiligen Verfahrensschritten der Abwasserreinigung verändern. Bei der Bilanz werden zusätzliche Belastungen – z. B. aus dem Schlammwasser der Schlammbehandlung – nicht berücksichtigt. Auch eine größere Verdünnung durch Fremdwasser, die zu einer Verminderung der Stickstoffkonzentration führen kann, bleibt bei dieser Bilanzierung außer Betracht. Diese Einflüsse können bei jeder Anlage anders sein und würden die Einfachheit der Darstellung nur erschweren.

Der Stickstoff (N) im kommunalen Abwasser kommt größtenteils aus den menschlichen Ausscheidungen. Hierbei geht es im Wesentlichen um den Stickstoff im Harnstoff des Urins. Ein Mensch scheidet täglich rund 11 g N aus. Im kommunalen Rohabwasser liegt der TKN (Kjeldahl-Stickstoff), d.h. die Summe aus organischem Stickstoff (org. N) und Ammonium-Stickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), zwischen 60 und 80 mg/l. Der Anteil an org. N ist dabei wesentlich niedriger als der Anteil an  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

#### **Zulauf zur Kläranlage**

Unter der Annahme eines täglichen Schmutzwasseranfalls von 150 l je Einwohner (inkl. Fremdwasser) ergibt sich eine rechnerische Konzentration von

$$11.000 \text{ mg TKN} / (\text{E-d}) / 150 \text{ l} / (\text{E-d}) = 73 \text{ mg/l}$$

In der Praxis liegen die Stickstoffkonzentrationen teilweise niedriger. Dies ist meist auf einen hohen Fremdwasseranfall oder einen großen Anteil an gewerblichem Abwasser zurückzuführen. Harnstoff und anderer organisch gebundener Stickstoff wird schon im Kanal durch mikrobielle Prozesse als Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) freigesetzt (Ammonifikation). Aus im Wasser gelöstem  $\text{NH}_3$  entstehen  $\text{NH}_4$ -Ionen. Je länger der Fließweg zur Kläranlage oder die Aufenthaltszeit des Abwassers in Pumpensämpfen oder Druckleitungen ist, umso weiter ist dieser Vorgang bereits fortgeschritten.

#### **Nach der mechanischen Reinigung**

Der Prozess der Ammonifikation setzt sich in der mechanischen Stufe fort sodass noch mehr organischer Stickstoff in  $\text{NH}_4\text{-N}$  umgewandelt wird. Der in der Vorklärung abgesetzte Schlamm enthält eine Masse von etwa 1 g N/(E-d). Dies entspricht einem Stickstoffgehalt von rund 7 mg/l, der damit aus dem Abwasser entfernt ist. Diese Zahlen gelten nicht für Abwasserteiche, da es dort durch Fäulnisprozesse zu Rücklösungen kommen kann.

## Nach der biologischen Reinigung (nur Kohlenstoffabbau)

Jetzt liegt fast der gesamte Stickstoff als stark sauerstoffzehrender  $\text{NH}_4\text{-N}$  vor. In der biologischen Stufe wird organische Substanz in Bakterienmasse umgewandelt und als Überschussschlamm abgezogen. Für die Bildung dieser Biomasse durch die Bakterien wird Stickstoff benötigt. Der Stickstoff, der durch den Überschussschlamm entfernt wird, liegt etwa bei 2 g N/(E-d). Dies entspricht rund 13 mg/l N im Abwasser.

## Nach der Nitrifikation

Im Belebungsbecken wird durch die niedrige Schlammbelastung und mit Hilfe von Sauerstoff  $\text{NH}_4\text{-N}$  über Nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) oxidiert. Dieser Vorgang heißt Nitrifikation oder Stickstoffoxidation. Auch bei schwachbelasteten Tropfkörpern oder Rotationstauchkörpern geschieht dies in ähnlicher Weise. Der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt im Ablauf ist dann kleiner als 3 mg/l, meist sogar kleiner als 1 mg/l. Das erzeugte Nitrat wirkt als Nährstoff im Gewässer, Nitrit wirkt bei höheren pH-Werten fischgiftig. Durch die Nitrifikation wird die N-Konzentration im Abwasser nicht weiter reduziert.

## Nach der Denitrifikation

In nicht belüfteten (anoxischen) Becken oder Zonen sind die Bakterien gezwungen, den benötigten Sauerstoff aus dem Nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) aufzunehmen. Der übrig bleibende Stickstoff ist ein Gas ( $\text{N}_2$ ), das in die Luft entweicht. Diesen Vorgang nennt man Denitrifikation. Es sollten mindestens 20 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$  einschließlich  $\text{NO}_2\text{-N}$  denitrifiziert werden können, wobei der Nitritgehalt in der Regel kleiner als 1 mg/l ist.

## TKN (Kjeldahl-Stickstoff)

Der TKN ist die Summe aus dem organisch gebundenen Stickstoff (org. N) und dem Ammoniumstickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). Er ist für die Ermittlung der Stickstofffracht im Rohabwasser oder nach der mechanischen Reinigung von Interesse. Im Ablauf liegt die Konzentration an org. N in der Regel so niedrig (1 bis 2 mg/l), dass seine Messung nicht mehr erforderlich ist.

## Gesamtstickstoff im Ablauf ( $\text{N}_{\text{ges}}$ )

Gemäß dem Abwasserabgabengesetz (AbwAG) ist beim Einleiten von Abwasser in ein Gewässer für den Stickstoff eine Abgabe zu bezahlen. Der Stickstoff ( $\text{N}_{\text{ges}}$ ) ist nach der Abwasserverordnung (AbwV) und dem AbwAG als Summe von  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  und  $\text{NO}_2\text{-N}$  definiert – also ohne den organischen Stickstoff. Bei einer weitgehenden Stickstoffelimination ist die Konzentration an  $\text{N}_{\text{ges}}$  kleiner als 12 mg/l.

## Gesamtstickstoff (GesN)

Im Unterschied zum  $\text{N}_{\text{ges}}$  im Ablauf, der nur aus dem anorganischen Stickstoff besteht, wird die Summe aus organisch gebundenem Stickstoff und anorganischem Stickstoff mit GesN bezeichnet. Die Analyse ist vor allem im Zulauf wichtig, da hier der organische Stickstoff noch mehr als 20 mg/l betragen kann. Auch für die Errechnung des Stickstoff-Abbaugrades einer Kläranlage müssen im Zu- und Ablauf die Konzentrationen an GesN bestimmt werden.

## Stickstoffbilanz im Abwasser

