

Leitfaden Nr. 2-14

Betrieb von Abwasseranlagen; Die Stickstoffbilanz im kommunalen Abwasser

Stand: 1/2003

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, fischgiftig oder nährstoffwirkend sein.

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 bei der Schlammbehandlung (Eindicker, maschinelle Entwässerung) – 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.

Im kommunalen Abwasser kommt der Stickstoff (N) größtenteils aus den menschlichen Ausscheidungen und da wiederum aus dem Urin überwiegend in Form von Harnstoff. Ein Einwohner scheidet täglich rund 11 g N aus. Bei kommunalem Abwasser liegt im Rohabwasser die Stickstoffkonzentration TKN = org. N + NH₄-N zwischen 50 und 60 mg/l. Der Anteil an NH₄-N liegt dabei höher als der Anteil an org. N. Liegen keine gezielten Abwasseruntersuchungen vor, kann von einer mittleren Stickstoffkonzentration von 55 mg/l ausgegangen werden (ATV-DVWK Arbeitsblatt A-131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“).

Zulauf zur Kläranlage

Bei der Annahme eines täglichen Schmutzwasseranfalls von 150 l und 50 l Fremdwasser je Einwohner ergibt sich eine rechnerische Konzentration von

$$11\,000\text{ mg TKN} / (E \times d) : 200\text{ l} / (E \times d) = 55\text{ mg/l}$$

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 (org. N) beginnen schon im Kanal zu Ammoniumstickstoff (NH₄-N) zu zerfallen. Diese Umwandlung nennt man Ammonifikation. Je länger der Fließweg zur Kläranlage ist, um so weiter ist dieser Vorgang bereits fortgeschritten.

Nach der mechanischen Reinigung

Der Prozess der Ammonifikation setzt sich in der mechanischen Stufe fort, so dass noch mehr organischer Stickstoff in NH₄-N umgewandelt wird. Der in der Vorklärung abgesetzte Schlamm enthält eine Masse von rund 1 g N/(E x d). Dies entspricht einem Stickstoffgehalt von etwa 5 mg/l, der damit aus dem Abwasser entfernt ist.

Diese Zahlen gelten nicht für Abwasserteiche; durch Rücklösungen in Folge der Fäulnisprozesse liegen hier andere Verhältnisse vor.

Nach der biologischen Reinigung (nur Kohlenstoffabbau)

Jetzt liegt fast der gesamte Stickstoff als $\text{NH}_4\text{-N}$ vor, er ist stark sauerstoffzehrend. In der biologischen Stufe wird organische Substanz in Bakterienmasse umgewandelt und als Überschussschlamm abgezogen. Für die Bildung dieser Biomasse wird Stickstoff benötigt. Der Stickstoff der dabei entfernt wird, liegt etwa bei 2 g N/E, was 10 mg/l N im Abwasser entspricht.

Nach der Nitrifikation

Im Belebungsbecken wird mit Hilfe von reichlich Sauerstoff $\text{NH}_4\text{-N}$ über Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) zu Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) oxidiert. Auch bei schwachbelasteten Tropfkörpern oder Rotationstauchkörpern geschieht dies in „ähnlicher“ Weise. Diesen Vorgang heißt Nitrifikation oder Stickstoffoxidation. Bei ausreichendem Schlammalter bzw. niedriger BSB_5 -Schlammbelastung und günstigen Randbedingungen ist der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt im Ablauf kleiner als 3 mg/l, meist sogar kleiner als 1 mg/l. Das Nitrat wirkt als Nährstoff im Gewässer. An der N-Bilanz im Schlamm ändert sich nur wenig, wenn die Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken über 1 mg/l liegt.

Nach der Denitrifikation

In nicht belüfteten (anoxischen) Becken oder Zonen bekommen die Bakterien keinen Sauerstoff mehr; sie sind daher gezwungen, das Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) aufzunehmen, zu spalten und den Sauerstoff zu veratmen. Den Stickstoff geben sie als Gas (N_2) ins Wasser ab, von wo er 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 i.d.R. kleiner als 1 mg/l ist.

Der TKN (Kjeldahl-Stickstoff)

ist die Summe aus dem organischen gebundenen Stickstoff und dem Ammoniumstickstoff (org. N + $\text{NH}_4\text{-N}$). Er ist für die Stickstofffracht im Rohabwasser oder nach der mechanischen Reinigung von Interesse. Im Ablauf liegt die Konzentration an org. N so niedrig, dass bei hohem CSB-Abbau seine Messung nicht mehr wichtig ist. Die Werte liegen zwischen 1 bis 2 mg/l.

Der Gesamtstickstoff im Ablauf (N_{ges})

Nach dem Abwasserabgabengesetz (AbwAG) ist beim Einleiten von Abwasser in ein Gewässer für den Stickstoff Abgabe zu zahlen. Der Stickstoff (N_{ges}) ist nach der Abwasserverordnung und dem AbwAG als Summe des $\text{NH}_4\text{-N}$, des $\text{NO}_3\text{-N}$ und des $\text{NO}_2\text{-N}$ definiert – also ohne den organischen N. Bei einer wirkungsvollen Stickstoffelimination ist der N_{ges} kleiner als 12 mg/l.

Der Gesamtstickstoff (GesN)

Zur Unterscheidung zum N_{ges} im Ablauf wird die Summe aus organisch gebundenen Stickstoff und anorganischem Stickstoff mit GesN bezeichnet. Die Messung ist vor allem im Zulauf wichtig, da hier der organische N (org. N) noch 20 mg/l und mehr betragen kann.

