

Ammonium im Fluss

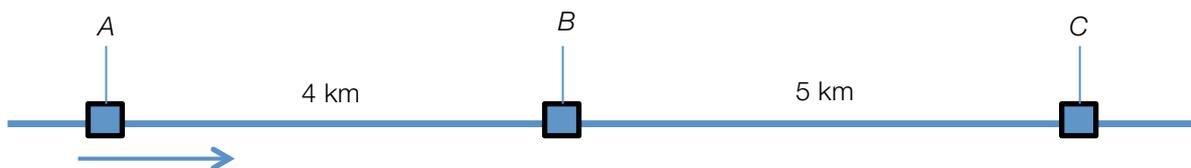
Aufgabennummer: B_105

Technologieeinsatz: möglich erforderlich

Die Selbstreinigungskraft eines fließenden Gewässers hängt von dessen Sauerstoffgehalt ab. Bleibt der Sauerstoffgehalt konstant, erfolgt der Abbau von Ammonium exponentiell.

- a) Bei konstanter Fließgeschwindigkeit baut ein bestimmter Fluss nach jeweils 2 Kilometern (km) 50 % des Ammoniums ab. Am Punkt A beträgt der Ammoniumgehalt 1 Milligramm pro Liter (mg/L). Durch Einleitung von Abwasser erhöht sich der Ammoniumgehalt am Punkt B um 0,4 mg/L und am Punkt C um 0,5 mg/L.

Die nachstehende Grafik zeigt schematisch den Verlauf dieses Flusses.



- Übertragen Sie den Ammoniumgehalt in Milligramm pro Liter (mg/L) während der ersten 6 Kilometer in ein Koordinatensystem. Wählen Sie Punkt A als Startpunkt.

Bei konstanter Fließgeschwindigkeit lässt sich der Abbau von Ammonium durch folgende Funktion N beschreiben:

$$N(s) = N_0 \cdot e^{-0,3466 \cdot s}$$

s ... Fließstrecke in km

$N(s)$... Ammoniumgehalt nach der Fließstrecke s in mg/L

N_0 ... Anfangsgehalt an Ammonium in mg/L

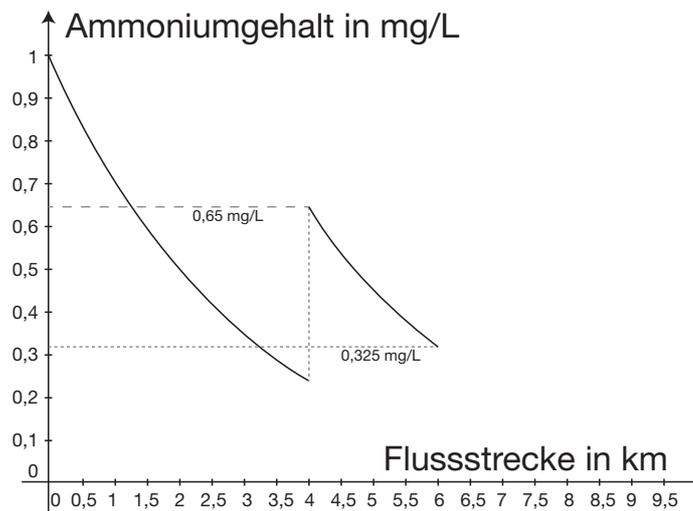
- Berechnen Sie, wie hoch der Ammoniumgehalt in mg/L unmittelbar nach dem Punkt C ist.
- b) Durch den Einbau von Wehrstufen soll der Sauerstoffeintrag in den Fluss und damit dessen Selbstreinigungskraft erhöht werden. Der Fluss sollte danach imstande sein, schon nach 1 km die Hälfte des eingetragenen Ammoniums abzubauen.
- Stellen Sie eine Formel auf, die – abhängig von der Flussstrecke und dem Anfangsgehalt – den Ammoniumgehalt in mg/L beschreibt.
- c) An einer bestimmten Stelle des Flusses beträgt der Durchfluss $1\,390 \text{ m}^3/\text{s}$. Der mittlere Ammoniumgehalt beträgt $0,13 \text{ mg/L}$.
- Berechnen Sie die Menge an Ammonium (in Tonnen), die pro Tag an dieser Stelle durchfließt.

Hinweis zur Aufgabe:

Lösungen müssen der Problemstellung entsprechen und klar erkennbar sein. Ergebnisse sind mit passenden Maßeinheiten anzugeben. Diagramme sind zu beschriften und zu skalieren.

Möglicher Lösungsweg

- a) Die Skizze kann auch durch Kenntnis der *Halbwertsstrecke* konstruiert werden.



Eintrag von A

$$N_A(9) = 1 \cdot e^{-0,3466 \cdot 9} \approx 0,044 \text{ mg/L}$$

Eintrag von B

$$N_B(5) = 0,4 \cdot e^{-0,3466 \cdot 5} \approx 0,071 \text{ mg/L}$$

Eintrag von C

$$N_C = 0,5 \text{ mg/L}$$

Gesamtgehalt an Ammonium $\approx 0,044 + 0,071 + 0,5 = 0,615 \text{ mg/L}$

Es sind auch andere Lösungswege möglich (z. B. Berechnung von Abschnitt zu Abschnitt).

b) $N(1) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot 1}$

$$0,5 = e^{-\lambda}$$

$$\ln(0,5) = -\lambda$$

$$\lambda \approx 0,6931$$

$$N(s) = N_0 \cdot e^{-0,6931 \cdot s}$$

c) $1390 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1390 \cdot \frac{1000}{86400} \frac{\text{L}}{\text{Tag}} = 1,20096 \cdot 10^{11} \frac{\text{L}}{\text{Tag}}$

Transportiertes Ammonium:

$$= 1,20096 \cdot 10^{11} \frac{\text{L}}{\text{Tag}} \cdot 0,13 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 1,561248 \cdot 10^{10} \frac{\text{mg}}{\text{Tag}} = 1,561248 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-9} \frac{\text{t}}{\text{Tag}} \approx 15,61 \frac{\text{t}}{\text{Tag}}$$

Pro Tag transportiert der Fluss an dieser Stelle rund 15,61 Tonnen Ammonium.

Klassifikation

Teil A Teil B

Wesentlicher Bereich der Inhaltsdimension:

- a) 3 Funktionale Zusammenhänge
- b) 3 Funktionale Zusammenhänge
- c) 1 Zahlen und Maße

Nebeninhaltsdimension:

- a) —
- b) —
- c) —

Wesentlicher Bereich der Handlungsdimension:

- a) A Modellieren und Transferieren
- b) A Modellieren und Transferieren
- c) B Operieren und Technologieeinsatz

Nebenhandlungsdimension:

- a) B Operieren und Technologieeinsatz
- b) B Operieren und Technologieeinsatz
- c) —

Schwierigkeitsgrad:

- a) leicht
- b) leicht
- c) leicht

Punkteanzahl:

- a) 4
- b) 2
- c) 2

Thema: Umwelt

Quellen: —