

Arseenbacterie

Het Searlesmeer in Californië is een basisch en extreem zout meer. Het meer bevat bovendien hoge concentraties arseenverbindingen die voor de meeste levende organismen zeer giftig zijn. Veel arseenverbindingen verstoren onder andere de energiehuishouding van cellen en reageren met eiwitten.

Giftige arseenverbindingen bevatten de groep $\sim\text{As}=\text{O}$. Eén $\sim\text{As}=\text{O}$ groep reageert met twee SH groepen in een eiwit. Hierbij vormt het As atoom atoombindingen met twee S atomen en wordt nog één andere stof gevormd. Het eiwit verliest hierdoor zijn functie.

- 4p 23 Geef de vergelijking in structuurformules van de reactie van de groep $\sim\text{As}=\text{O}$ met het eiwitfragment $\sim\text{Cys} - \text{Ala} - \text{Cys} \sim$.
- 1p 24 Geef een verklaring waarom het eiwit zijn functie verliest.

In het Searlesmeer leven bacteriën die zich hebben aangepast aan het leven in een omgeving waarin veel arseenverbindingen aanwezig zijn. Een bacterie in deze zoutrijke omgeving heeft veel energie nodig om zijn waterhuishouding in stand te houden. Deense onderzoekers hebben een bacterie gevonden in het Searlesmeer die de in het meer aanwezige arsenaten gebruikt voor zijn energievoorziening. Met arsenaten worden de ionen aangeduid die ontstaan als H_3AsO_4 één of meer H^+ ionen afsplitst. De pH in het Searlesmeer bedraagt 9,80. Bij deze pH is vrijwel uitsluitend monowaterstofarsenaat HAsO_4^{2-} aanwezig. Van de andere arsenaten is de concentratie arsenaat AsO_4^{3-} het hoogst.

- 3p 25 Bereken de verhouding waarin AsO_4^{3-} en HAsO_4^{2-} voorkomen bij $\text{pH} = 9,80$ ($T = 298 \text{ K}$). Maak gebruik van Binas-tabel 49. Geef je antwoord weer als $[\text{AsO}_4^{3-}] : [\text{HAsO}_4^{2-}] = \dots : \dots$

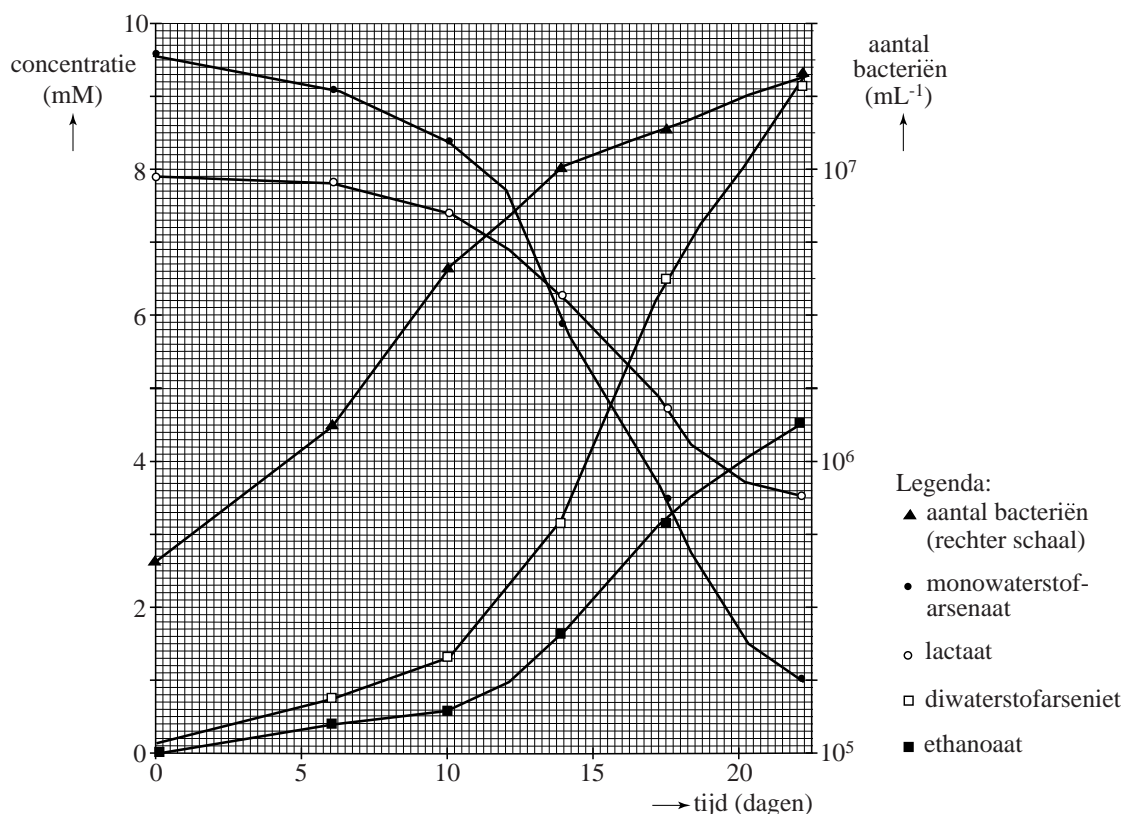
De onderzoekers formuleerden de hypothese dat de bacterie met behulp van monowaterstofarsenaat energie kan halen uit organische verbindingen. Ze hebben hiertoe onderzocht of de bacteriën in staat zijn monowaterstofarsenaat om te zetten tot diwaterstofarseniet (H_2AsO_3^-) met lactaat ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$) als organische verbinding. Ze vermoedden dat hierbij de volgende reactie verloopt:



- 3p 26 Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van monowaterstofarsenaat tot diwaterstofarseniet. In de vergelijking van deze halfreactie komen ook OH^- en H_2O voor.

In een laboratorium werden de zoutconcentraties van het Searlesmeer zo exact mogelijk nagebootst. Hiervoor werd een oplossing gemaakt die onder andere 3,1 M NaCl, 0,25 M Na₂CO₃ en 0,060 M NaHCO₃ bevatte. De pH van de oplossing werd hierna met zoutzuur op 9,80 gebracht. Aan deze oplossing werden de bacteriën, de arseenverbindingen en lactaat (C₃H₅O₃⁻) toegevoegd. De onderzoekers bepaalden op verschillende tijdstippen de concentraties van het lactaat, ethanoaat, arsenaat en arseniet. Ook werd het aantal bacteriën per mL van deze oplossing bepaald. De resultaten zijn weergegeven in figuur 1. Op de linker y-as staat de concentratie van de onderzochte deeltjes uitgezet; op de rechter y-as het aantal bacteriën per mL oplossing.

figuur 1



Uit figuur 1 is af te leiden dat de reactiesnelheid waarmee monowaterstofarsenaat en lactaat worden omgezet tot ethanoaat en diwaterstofarseniet, gedurende de eerste 10 dagen laag was. Na verloop van tijd nam de snelheid toe en tegen het eind van het experiment nam de snelheid weer af. De temperatuur werd bij dit experiment constant gehouden.

- 2p 27 Geef een mogelijke verklaring voor het verloop van de reactiesnelheid. Noteer je antwoord als volgt:
- De reactiesnelheid nam toe omdat
 - Aan het eind nam de reactiesnelheid af omdat