

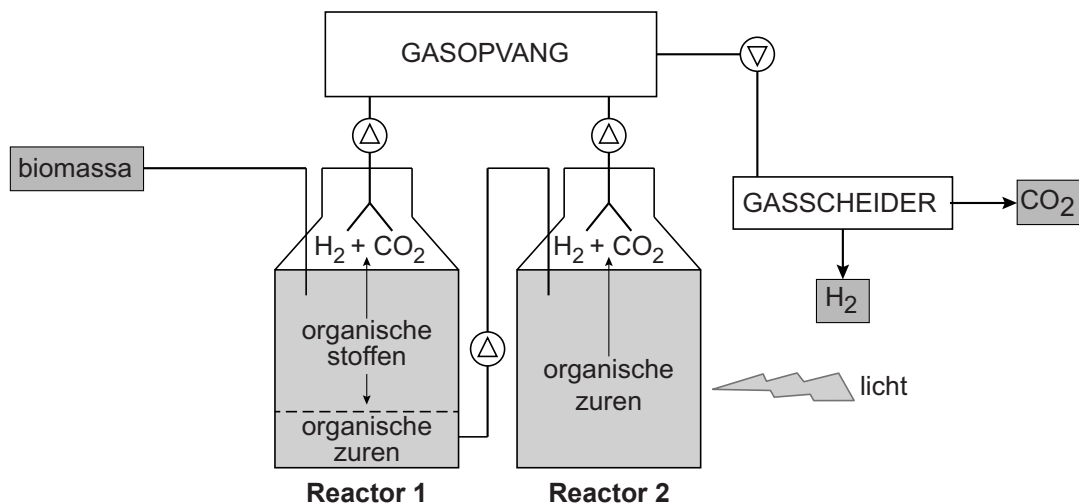
## Biologische productie van waterstofgas

Vanwege de opwarming van de aarde wordt naarstig gezocht naar alternatieven voor fossiele brandstoffen. Waterstofgas ( $H_2$ ) is zo'n alternatief, want bij de verbranding van  $H_2$  komt uitsluitend water vrij. De industriële productie van dit gas is echter nog verre van  $CO_2$ -neutraal.

Door de inzet van  $H_2$ -producerende bacteriën is het in de toekomst misschien wel mogelijk om op een milieuvriendelijke wijze waterstofgas te produceren. Een opstelling hiervoor met twee reactoren wordt getest door procestechnologen.

In de eerste reactor zetten bacteriën organische stoffen (bijvoorbeeld uit aardappelschillen) om in organische zuren,  $H_2$  en  $CO_2$ . In een tweede reactor worden de organische zuren onder invloed van licht door andere bacteriën omgezet in nog meer  $H_2$  en  $CO_2$ . Een schematische weergave van deze opstelling is te zien in afbeelding 1.

**afbeelding 1**

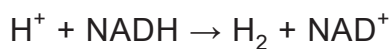


Doel van het testprogramma is het optimaliseren van het proces, onder andere door een geschikte vorm van biomassa te vinden. Zo is er geëxperimenteerd met aardappelschillen, een restproduct van de industriële verwerking van aardappelen tot frites.

Dit restproduct bevat verschillende typen polysachariden.

- 1p 27 Noteer de namen van twee typen polysachariden in dit restproduct.

Een ander onderdeel van het testprogramma is het selecteren van geschikte micro-organismen. Voor reactor 1 lijkt de anaerobe thermofiele *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* een geschikte kandidaat. Deze bacterie bevat het enzym hydrogenase dat in reactor 1 de onderstaande reactie versnelt:



- 1p 28 Wat is het belang van de vorming van  $\text{NAD}^+$  voor *C. saccharolyticus*?

Bacteriën kunnen chemo-autotroof, chemo-heterotroof, foto-autotroof of foto-heterotroof zijn.

Door de aanwezigheid van organische zuren in reactor 2 wordt er in de daar aanwezige purperbacteriën geen  $\text{CO}_2$  verbruikt.

- 2p 29 Welke leefwijze hebben de purperbacteriën in reactor 2?

- A chemo-autotroof
- B chemo-heterotroof
- C foto-autotroof
- D foto-heterotroof

In beide reactoren van de proefopstelling (afbeelding 1) komt  $\text{CO}_2$  vrij.

- 1p 30 Verklaar dat de processen die in reactor 1 en 2 plaatsvinden  $\text{CO}_2$ -neutraal genoemd kunnen worden.

---

#### Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.