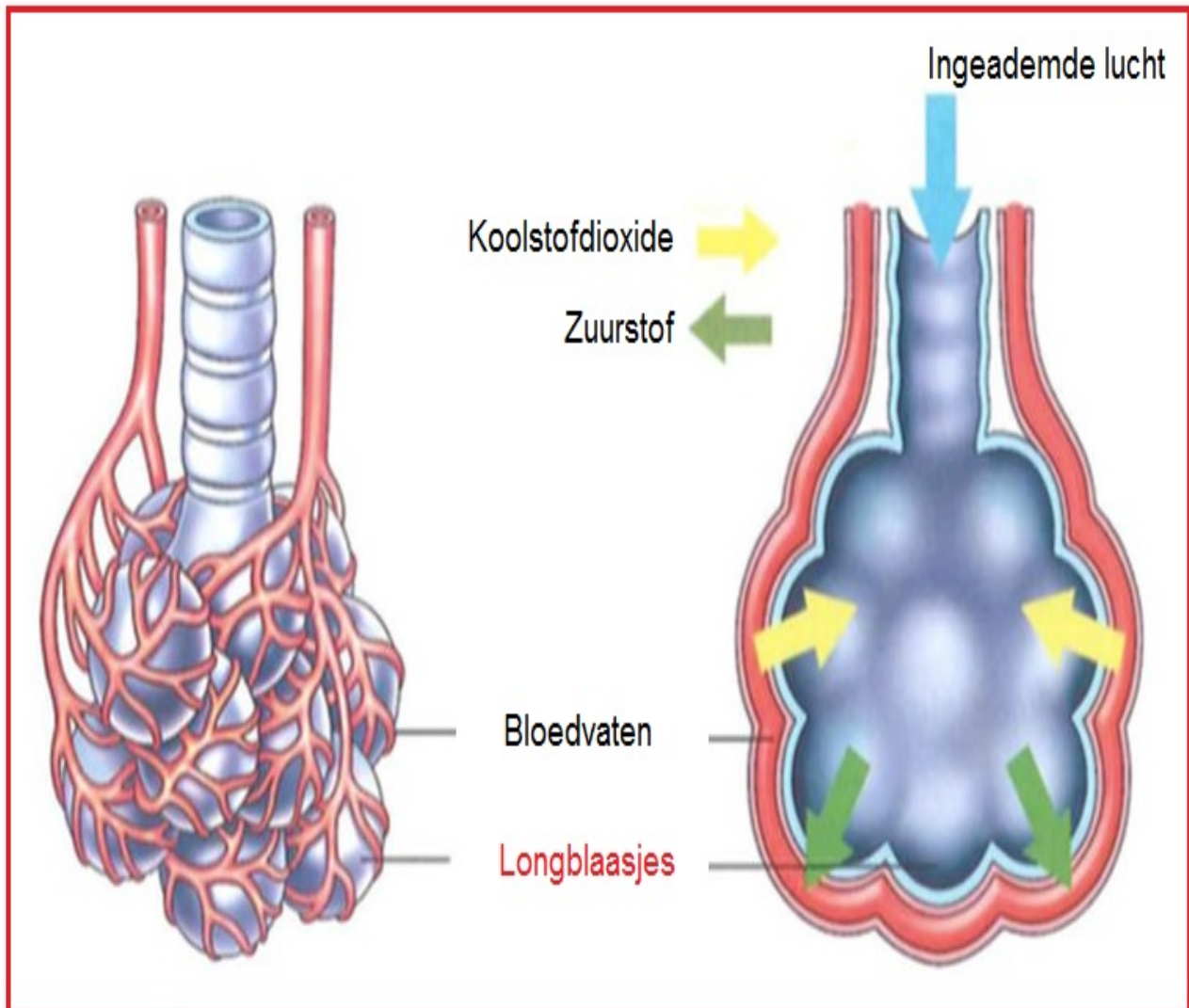


# Gaswisseling in de mens

Een cyclus van zuurstof en koolstofdioxide in de mens



Auteurs: Jelmer Stoker en Luka Stein  
Studentennummers: 438592 en 435834  
Klas: BFV1  
Datum: 21-01-2022  
Docenten: WERD en AKAN



# Gaswisseling in de mens

Een cyclus van zuurstof en koolstofdioxide in de mens

Auteurs: Jelmer Stoker en Luka Stein

Studentennummers: 438592 en 435834

Klas: BFV1

Opleiding: Bio-informatica 1

Organisatie: Instituut voor Life Science & Technology (ILST)

Datum: 19-01-2021

Docenten: R. Wedema en A. Akker

## Voorwoord

Wij zijn Jelmer Stoker en Luka Stein, studenten bij opleiding Bio-Informatica aan de Hanzehogeschool Groningen. Wij willen R. Wedema en A. Akker bedanken voor de hulp en gegeven instructies rondom dit project in de afgelopen periode 2.

## Samenvatting

Het ademhalingsproces in de mens is essentieel om de cellen functionerend te houden. In dit project wordt het diffusieproces in de longblaasjes als animatie gevisualiseerd op microniveau.

Tijdens dit proces is er sprake van diffusie door de wand van longblaasjes in de longen. Het verschil in grotere concentratie van koolstofdioxide binnen en meer zuurstof buiten zorgt voor het diffusieproces. De deeltjes proberen een evenwicht te houden van concentratie binnen en buiten, hierdoor komt er steeds zuurstof binnen en gaat er koolstofdioxide naar buiten. Als zuurstof in het bloed komt, zal het binden met een hemoglobine in een rode bloedcel.

Dergelijke rode bloedcellen worden door het lichaam getransporteerd naar cellen. Cellen, zoals spiercellen hebben zuurstof nodig. Het zuurstof zal vervolgens reageren met opgeslagen glucose, met als gevolg dat er ATP (adenosinetriphosfaat) gevormd wordt. ATP draagt chemische energie, deze energie is nodig om lichaamsprocessen werkend te houden. Verder is de energie (warmte) benodigd om de lichaamstemperatuur constant te houden.

Tijdens de reactie van zuurstof met glucose, ontstaat er ook water ( $H_2O$ ) en koolstofdioxide ( $CO_2$ ). Koolstofdioxide is niet meer nodig en verlaat dus de cel. Wanneer het in het bloed komt, zal het merendeel van dit oplossen in het bloedplasma en een deel zal binden aan hemoglobine in rode bloedcellen. De rode bloedcel zal dan via de bloedvaten worden getransporteerd naar de longen, waar deze onder het eerder genoemde diffusieproces het lichaam door de luchtpijp, mond en neus het lichaam verlaat.

## Afkortingen en symbolen

ATP	<i>Adenosinetrifosfaat</i>
CO <sub>2</sub>	<i>Koolstofdioxide</i>
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	<i>Carbonzuur</i>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<i>Bicarbonaat-ion</i>
H <sup>+</sup>	<i>Waterstof-ion</i>
PDB	<i>Program database</i>

# Inhoud

Samenvatting

Afkortingen en symbolen

<b>1. Inleiding</b>	8
1.1 Het complete proces	8
1.2 De reactie die daadwerkelijk gesimuleerd wordt	9
<b>2. Materialen en methoden</b>	10
2.1 Materialen	10
2.2 Methoden	10
<b>3. Resultaten</b>	11
3.1 Ontwerp	11
3.2 Simulatie	14
3.2 Simulatie	15
<b>4. Conclusie en discussie</b>	16
4.1 Conclusie	16
4.2 Discussie	16
<b>5. Literatuurlijst</b>	17
<b>6. Bijlage</b>	18

## 1. Inleiding [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]

In dit project zal er worden gekeken naar het ademhalingsproces van de mens. Zuurstof is essentieel voor het lichaam om te functioneren, voor energie, thermoregulatie en simpelweg om cellen te laten functioneren. In het specifiek zal er worden gekeken naar hoe ademhaling werkt, hoe zuurstof en koolstofdioxide het lichaam binnenkomt en verlaat en wordt er de toevoer van zuurstof aan lichaamscellen en het afvoeren van koolstofdioxidemoleculen uitgelegd. Het ademhalingsproces zal gesimuleerd worden om een beter beeld te vormen hoe het proces te werking gaat op microniveau(molecuulniveau), naast de al bekende schematisering op macroniveau(met blote ogen te zien).

### 1.1 Het complete proces

Bij ademhaling spant het middenrif zich aan, waardoor het middenrif plat wordt. Hierdoor is er meer ruimte voor de longen om zich uit te breiden. Door het grote oppervlak van de longen is de zuurstofconcentratie buiten de longen veel hoger dan in de longen, hierdoor komt er zuurstof in de longen. Tijdens uitademen gebeurt precies het tegenovergestelde: het middenrif ontspant zich, waardoor het bol komt te staan. Hierdoor wordt het oppervlak van de longen kleiner en is de druk in de longen hoger dan buiten de longen. Vervolgens komt er koolstofdioxide en wat overgebleven zuurstof naar buiten.

Bloedvaten in longblaasjes vertakken in heel veel haarvaten, hierdoor is er een groter oppervlak voor uitwisseling van stoffen, met als gevolg dat er meer en sneller diffusie plaatsvindt. Diffusie is het proces waarin een plek met een hoge concentratie van een bepaald product zich eerlijk verdeelt over een bepaald oppervlak. Haarvaten zijn hele dunne bloedvaten, door de dunne wanden kan er makkelijk diffusie plaatsvinden. Het bloed in haarvaten beweegt heel langzaam, wat resulteert in meer tijd voor diffusie. Door middel van diffusie in de longblaasjes kan zuurstof in het bloed komen en koolstofdioxide via het bloed het lichaam verlaten.

Op microniveau bij het inademen is er een hoge concentratie zuurstof in de longen en een hoge concentratie koolstofdioxide in het bloed. Omdat de wand tussen de longblaasjes en het bloedvat zo dun is, kan er diffusie plaatsvinden. Bij dit proces worden de zuurstof en koolstofdioxide moleculen gelijk verdeeld. Hierdoor komt er zuurstof in het bloed in de longen en koolstofdioxide verlaat het bloed, die je daarna weer uitademt.

Naast de uitwisseling van zuurstof enkel in de longen, moet er ook zuurstof worden afgegeven aan lichaamscellen. Wanneer zuurstof wordt afgestaan door rode bloedcellen wordt het zuurstof door *mitochondria* opgenomen in de cellen. In een *mitochondrium* wordt glucose omgezet in H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> en energie in de vorm van ATP en warmte. Nadat deze reactie plaats heeft gevonden wordt het geassimileerde koolstofdioxide opgenomen door de rode bloedcel. Dit gehele proces behoort onder het ademhalingsproces.



Rode bloedcellen ook wel erythrocyten genoemd worden in het beenmerg gemaakt. De benaming erythrocyten is de verzameling van eigenschappen die een rode bloedcel vormen. Dit gaat om de platte vorm, afwezigheid van de celkern en het kunnen beschikken over een hoge concentratie aan hemoglobine.

Hemoglobine is een transporteiwit dat zich kan binden aan zuurstof moleculen. Op deze wijze kunnen zuurstof moleculen worden getransporteerd naar cellen in een zuurstofarme omgeving in het menselijke lichaam. Wanneer rode bloedcellen aankomen bij de betreffende lichaamscellen laat de hemoglobine zuurstof moleculen los onder de volgende voorwaarden; wanneer de koolstofdioxideconcentratie in een cel hoog is, de temperatuur van het bloed hoog is en als de PH waarde in een cel laag is.

Koolstofdioxidemoleculen reageren vooral met watermoleculen in rode bloedcellen. Door deze reactie ontstaat  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (carbonzuur). Het nieuw gemaakte carbonzuur wordt opgesplitst in  $\text{H}^+$  (waterstof ion) en  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonaat). Het bicarbonaat lost op in het bloed en het waterstof ion wordt opgenomen door hemoglobine om verzuring van het bloed te voorkomen. Richting de weefsels in de longen vindt de omgekeerde reactie plaats, waardoor het bicarbonaat weer wordt omgezet in  $\text{CO}_2$ . Het ontstane  $\text{CO}_2$  zal dan vervolgens via de longblaasjes door diffusie de longen verlaten.

Tevens zorgt hemoglobine voor de rode kleur op rode bloedcellen. Onderscheid tussen rode bloedcellen kan worden gemaakt door de kleur. Bloedcellen die lichtrood zijn van kleur zijn zuurstofrijk en donker rode bloedcellen zijn zuurstofarm.

## 1.2 De reactie die daadwerkelijk gesimuleerd wordt

De reactie die wij gaan simuleren is de diffusie die plaatsvindt tussen longblaasjes en haarvaten. Het doel van dit proces is om koolstofdioxide uit de bloedvaten te halen en zuurstof verplaatsen door de bloedvaten. Dit proces vindt plaats door middel van diffusie.

In de longblaasjes zit een hoge concentratie zuurstof en in de haarvaten zit een hoge concentratie koolstofdioxide. Daardoor verplaats het zuurstof zich in de haarvaten en de koolstofdioxide in de longblaasjes. Het zuurstof in een haarvat bindt zich aan hemoglobine dat in de rode bloedcellen zit, terwijl het koolstofdioxide weer uitgeademd wordt. De rode bloedcellen verplaatsen zich door het lichaam en laten de zuurstof moleculen los op zuurstofarme plekken. Uiteindelijk reageert het zuurstof daar in een cel met glucose waarna ATP,  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  ontstaat.

## 2. Materialen en methoden<sup>[12]</sup>

### 2.1 Materialen

Gebruikte software:

- 1: Python 3.9.2
- 2: POVray 3.7.0

Bibliotheken:

- 3: Pypovray (git pull 18 November 2021)
- 4: Vapory (git pull 18 November 2021)

Besturingssysteem:

- 5: linux system 11

### 2.2 Methoden

Om de bibliotheken te gebruiken is het benodigd om deze te importeren vanuit het script. Uit pypovray, in povray kunnen modules geïmporteerd worden. Deze modules zijn benodigd om de python code om te zetten in een bezienswaardige scène. De module *pypovray* moet minimaal worden geïmporteerd vanuit de python bibliotheek, pypovray. Verder kan bijvoorbeeld ook *SETTINGS*, *models* of *pdb(Program database)* worden geïmporteerd. Met de modules *models* en *pdb*, kunnen er basisvormen en moleculen worden aangemaakt. De *SETTINGS* module is tevens benodigd om een molecuul om uit een *pdb* bestand te halen.

Vervolgens worden vanuit de python bibliotheek *vapory*, scène objecten geïmporteerd. Deze objecten kunnen worden vervormd door middel van de zelf toegepaste code. Hierbij kan worden gedacht aan een lichtobject dat de scene belicht, een camera object dat de scène observeert of objecten waar de camera naar kijkt. Zulke objecten kunnen een bol, doos, cilinder, kegel of achtergrond zijn.

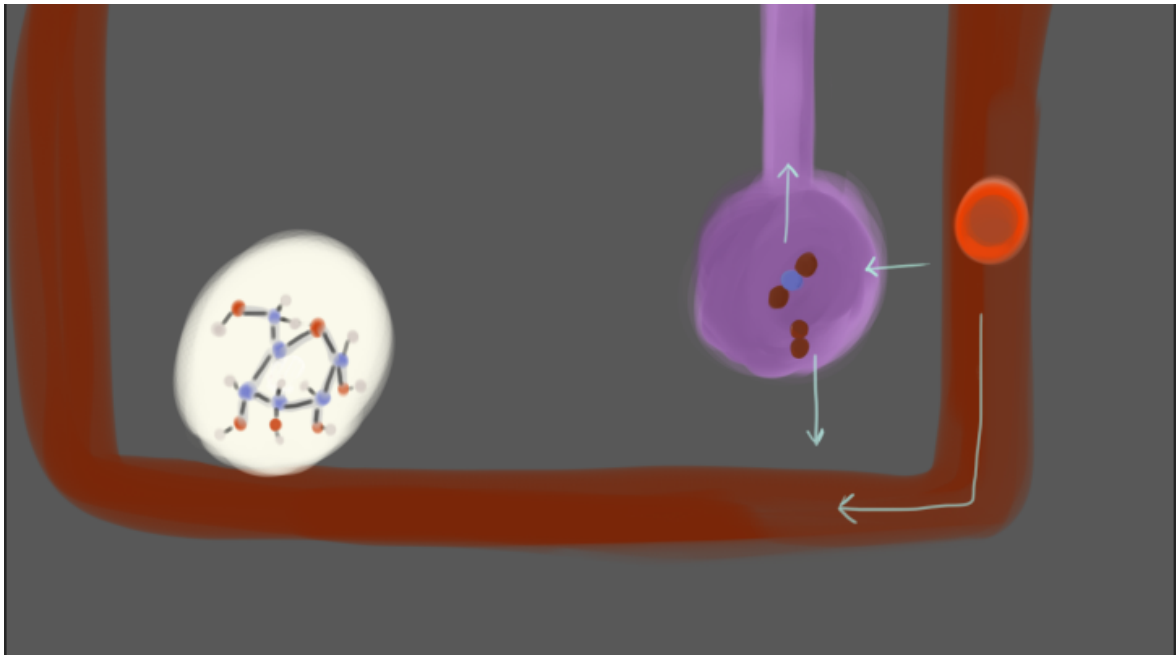
Door middel van *Isosurfaces* vanuit *vapory* kunnen ook zelf objecten worden ontworpen, door gebruik van wiskundige formules. Tevens is het benodigd om *Scene* te importeren vanuit *vapory*. De *Scene* wordt bij het einde van een functie geretourneerd. Dit is benodigd om het script te kunnen renderen.

Hieronder staat een voorbeeld voor het importeren van pypovray en vapory:

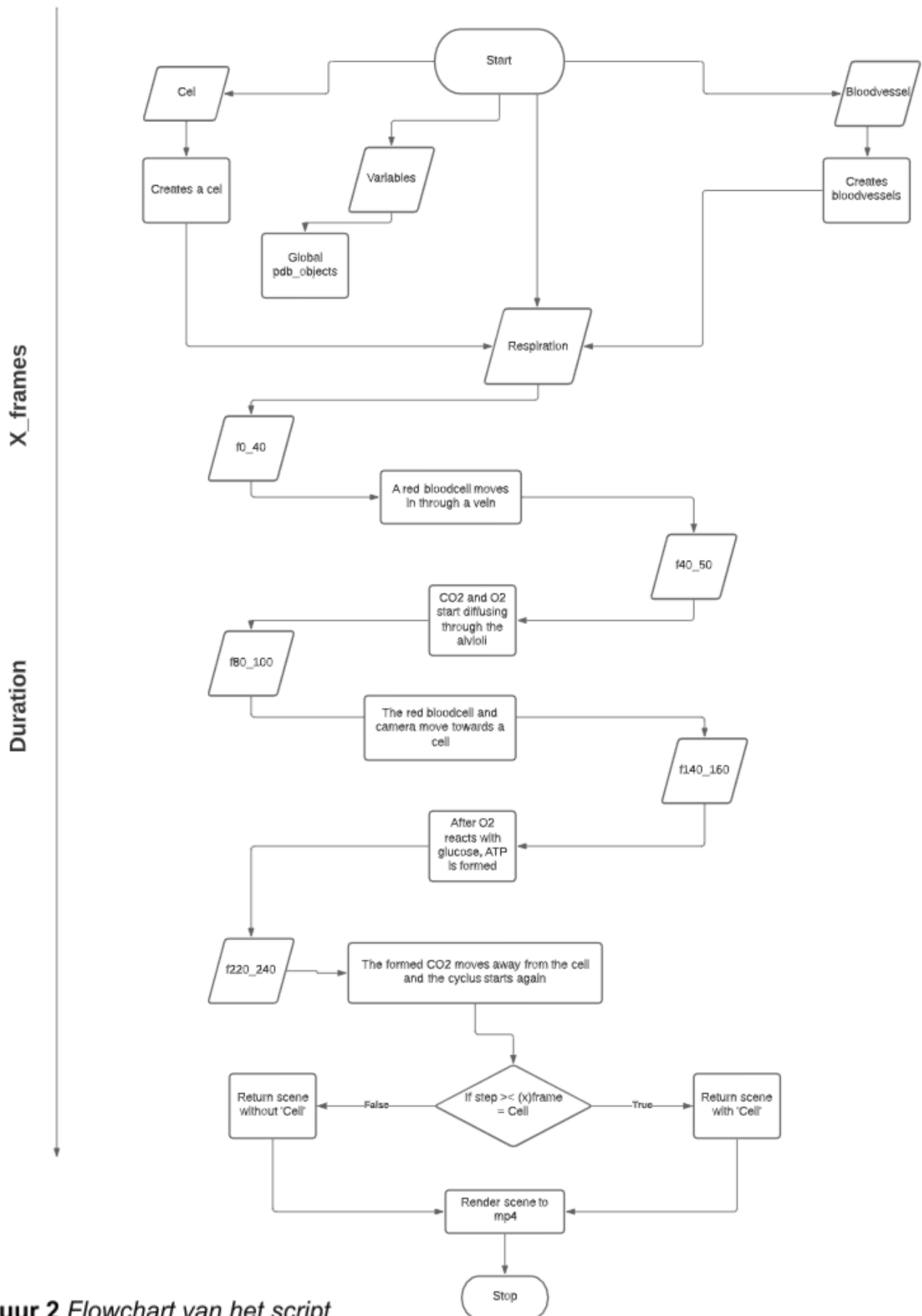
```
from pypovray import pypovray, SETTINGS, pdb, models
from vapory import Scene, LightSource, Camera
```

### 3. Resultaten<sup>[8, 9, 10, 11]</sup>

#### 3.1 Ontwerp



**Figuur 1** Schets diffusie CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> in longblaasje, links ligt een cel met glucose erin.



**Figuur 2** Flowchart van het script

**cel:** functie cel(), regels 4-11, file cel.py

In deze functie wordt een cel aangemaakt.

**bloodvessel:** functie bloodvessels(), regels 13-40, file bloodvessel.py

In deze functie wordt een bloedvat aangemaakt.

**variables:** functie variables(), regels 20-28, file main.py

In deze functie worden er moleculen aangemaakt en worden ze in een “global” gezet.

**respiration:** functie respiration(), regels 37-331, file main.py

In deze functie zitten alle sub functies en is de hoofdfunctie van de main.py file.

**f0\_40:** functie f0\_40(), regels 51-63, file main.py

In deze functie wordt de beweging van een rode bloedcel naast het longblaasje geanimeerd.

**f40\_50:** functie f40\_50(), regels 65-69, file main.py

In deze functie wordt de beweging van het zuurstofmolecuul en koolstofdioxide molecuul door het longblaasje geanimeerd.

**f80\_100:** functie f80\_100(), regels 100-111, file main.py

In deze functie wordt de beweging van de rode bloedcel naar de cel geanimeerd.

**f140\_160:** functie f140\_160(), regels 139-151, file main.py

In deze functie wordt de reactie van glucose met zuurstof geanimeerd.

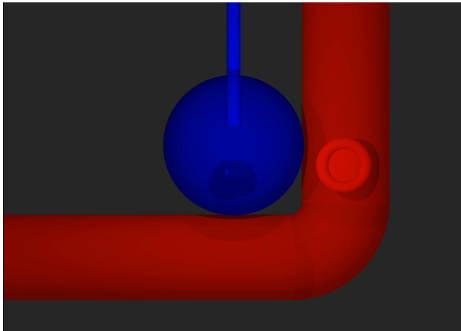
**f220\_240:** functie f220\_240(), regels 230-244, file main.py

In deze functie wordt de beweging van de rode bloedcel van de cel terug naar het longblaasje geanimeerd.

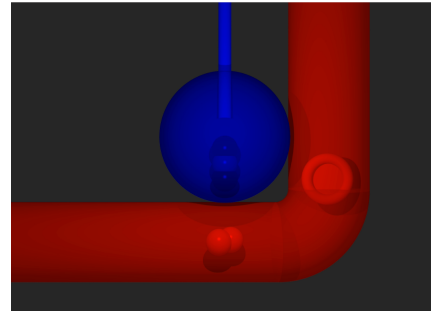
**if step>(x)frame Cel =:** regels 285, 290, 295, 300, 305, 310 en 315,  
file main.py

Bij deze if statements wordt er gekeken of step groter is dan 140. Zo ja, dan wordt 'cel' gelijk gesteld aan True en anders False. Als 'cel' gelijk is aan True worden bepaalde dingen geanimeerd en bepaalde dingen niet.

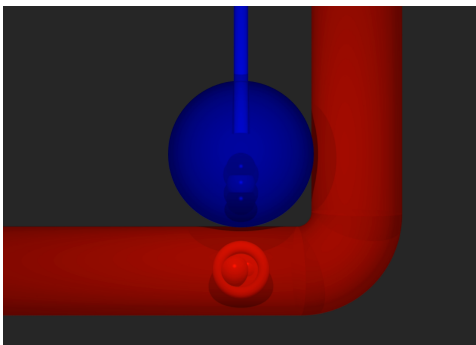
### 3.2 Simulatie



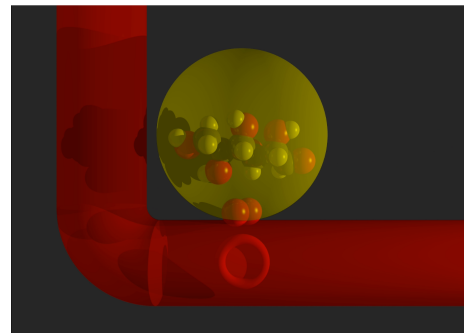
**Figuur 3** Rode bloedcel komt binnen via een bloedvat



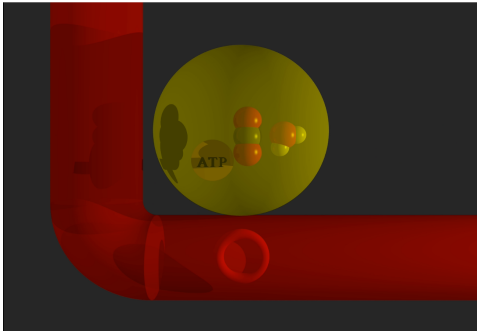
**Figuur 4** CO<sub>2</sub> ontbindt van een rode bloedcel en gaat in een longblaasje. Vervolgens diffundeert O<sub>2</sub> door het longblaasje richting een bloedvat



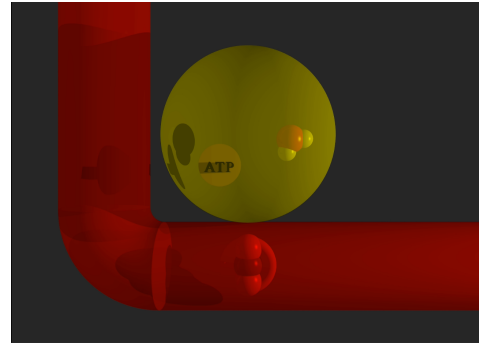
**Figuur 5** O<sub>2</sub> gaat in een rode bloedcel en bindt er binnen met hemoglobine



**Figuur 6** O<sub>2</sub> ontbindt van hemoglobine en gaat in een cel. De O<sub>2</sub> gaat reageren met glucose



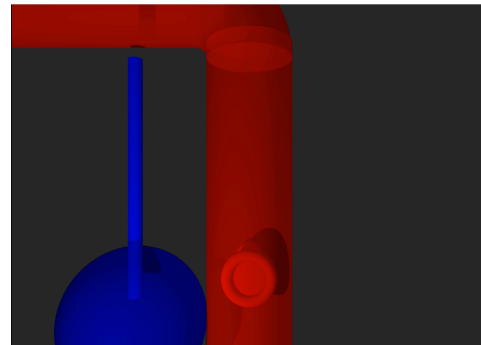
**Figuur 7**  $O_2$  reageert met glucose en er vormt  $CO_2$ , ATP en  $H_2O$



**Figuur 8** Het gevormde  $CO_2$  molecuul bindt met hemoglobine in een rode bloedcel



**Figuur 9** De bloedcel beweegt via een bloedvat richting een longblaasje in de longen



**Figuur 10** De bloedcel komt aan bij een longblaasje in de longen.  $CO_2$  gaat ontbinden en zal via de longen het lichaam verlaten

## 4. Conclusie en discussie

### 4.1 Conclusie

In dit project was het de bedoeling om het ademhalingsproces in de longblaasjes op microniveau te simuleren als animatie. Ten eerste is het goed te zien dat CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> diffunderen door het longblaasje. Verder is het betreden en verlaten van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> in een bloedcel op een simpele, maar duidelijk wijze gemaakt. Tevens is het gelukt om O<sub>2</sub> te laten reageren met een glucose molecuul, waaruit vervolgens ATP, H<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> ontstaat. De objecten in de animatie bewegen behoorlijk soepel en geven de O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> cyclus op heldere manier weer. Hieruit concluderen we dat de doelstelling naar onze verwachtingen voldoet.

### 4.2 Discussie

Tijdens het werken aan het project was er maar een minimale planning gemaakt. Dit resulteerde op het feit dat er soms minder werd gewerkt in vrije uren, terwijl dit wel handig was geweest. Onder de doelstelling was het eerst ook de intentie om de binding van O<sub>2</sub> aan hemoglobine te maken, echter was de gemaakte hemoglobine erg groot. Door de grootte niet bij de scène zijn kleinere formaat paste, werd er besloten om eerst de animatie af te maken en later bij voldoende tijd het hemoglobine toe te voegen. Voor toekomstige referentie is het dus handiger om een planning op te stellen en te kijken wat wel haalbaar is en wat niet. Zo wordt er efficiënter van de tijd gebruik gemaakt en is er meer ruimte om te verbeteren.



## 5. Literatuurlijst

1. Börger, B en Broekhuizen, M.(2012-2021). *Gaswisseling*. Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://biologielessen.nl/index.php/dna-21/498-gaswisseling>
2. Examenoverzicht. *Hoe werkt het ademhalingsstelsel?* Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://www.examenoverzicht.nl/biologie/ademhalingsstelsel>
3. Bohr, Chr. en Hasselbalch, K. en Krogh, A. (1904). *Bohr-effect*. Geraadpleegd 24-11-2021. De link: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Bohr-effect#:~:text=Het%20Bohr%2Deffect%20is%20de,van%20zuurstof%20aan%20cellen%20toeneemt.&text=Dit%20effect%20kan%20ook%20optreden,zuurstof%20uit%20het%20hemoglobine%20toenemen>.
4. Sanquin. *Rode bloedcellen (erythrocyten)*. Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://www.sanquin.nl/over-bloed/bloedcellen/rood#:~:text=De%20aanmaak%20van%20rode%20bloedcellen,vanuit%20stamcellen%2C%20heel%20primitieve%20cellen>
5. Longfonds.nl *Longblaasjes*. Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://www.longfonds.nl/alles-over-longen/longblaasjes>
6. Hemoglobine.org. *Hemoglobine*. Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://web.archive.org/web/20170523211510/http://hemoglobine.org/>
7. Bloedcellen.nl. *Rode Bloedcellen*. Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://www.bloedcellen.nl/rode-bloedcellen/>
8. Povray.org. *Text object*. Geraadpleegd op 19-01-2022. De link: <https://www.povray.org/documentation/view/3.7.0/65/>
9. F-lohmueller.de. *Analytical Geometry with POV-ray*. Geraadpleegd op 23-12-2021. [http://www.f-lohmueller.de/pov\\_tut/a\\_geo/a\\_geo70e.htm](http://www.f-lohmueller.de/pov_tut/a_geo/a_geo70e.htm)
10. Povray.org. *Torus object*. Geraadpleegd op 27-12-2021. De link: <https://www.povray.org/documentation/view/3.7.0/26/>
11. Povray.org. *Isosurface Object*. Geraadpleegd op 24-11-2021. De link: <https://www.povray.org/documentation/view/3.6.0/73/>
12. ww2.chemistry.gatech.edu. *pdb files*. Geraadpleegd op 27-12-2021. De link: [https://ww2.chemistry.gatech.edu/~lw26/structure/small\\_molecules/index.html](https://ww2.chemistry.gatech.edu/~lw26/structure/small_molecules/index.html)

## 6. Bijlage

Link naar de python code: <https://github.com/Coldbirdie/Alveoli>

Druk op de bestanden met de extensie '.py' om de code te bekijken. Om te bestanden te downloaden, kan er op de 'groene' knop gedrukt worden genaamd *CODE*. De files kunnen bij 'download ZIP' worden opgeslagen.