

## HET BOUWEN VAN EN METEN AAN EEN MODELLONG

### Leerdoelen

- Ken je de bouw en functies van de luchtwegen;
- Weet je hoe de ademhalingsbewegingen tot stand komen;
- Ken je de meest gebruikte longfunctiegrootheden.
- Ken je basisfuncties van Excel.

### Stof + voorbereiding

- Hoofdstuk 9 lezen
- Video's bekeken
- Een lege PET-fles (0.5 l) meenemen. Deze fles zal vernietigd gaan worden tijdens het werkcollege.

### Validatie

Dankzij je eerdere opleiding heb je waarschijnlijk een concept van spiercontractie en ademhaling. Het is echter misschien verwarrend hoe spiercontractie kan leiden tot longexpansie. Door een model te bouwen van de borstkast en diafragma, wordt duidelijk hoe het creëren van onderdruk door spiercontractie leidt tot ademhaling. Door aan je model metingen te verrichten, krijg je verder inzicht in de anatomie die ten grondslag ligt aan een aantal longfunctiegrootheden.

### Opdracht

#### 0. Denk na en overleg over contractie en expansie

Je zult misschien al weten dat spieren alleen maar kracht kunnen leveren door ineen te krimpen. M.a.w. spieren *trekken* alleen maar. Het vreemde is echter dat onze longen daadwerkelijk uitzetten op het moment dat we inademen. De longen zelf bevatten geen spieren, dus hoe werkt dit proces? Overleg met je team en probeer een zo helder mogelijke omschrijving te geven hoe *spiercontractie* kan leiden tot *longexpansie*.

**Antwoord:** .....

#### 1. Bouw model long

Bekijk de [volgende video](#). Je zult vandaag op basis van dit concept een kunstlong bouwen, waaraan je vervolgens volumemetingen zult doen. Het is handig om per team 2 modellen te bouwen, zodat je bij problemen een back-up hebt.

Knip je pet-fles in 2 helften. De bovenste helft, met schroefdop, zal onze borstkast worden. De onderste helft wordt een waterreservoir van waaruit we vloeistof gaan "inademen". Het is aan te raden om je modelborstkast te voorzien van 1 long. In tegenstelling tot de video hoef je dus niet twee bronchiën te creëren, om hier twee longen op aan te sluiten. Simplificeer je model door slechts een long direct met je trachea te verbinden.

Je zult in de video zien dat het erg belangrijk om de ruimte aan de binnenkant van je kunst-borstkas luchtdicht te scheiden van zowel de buitenkant van je borstkast als de binnenkant van je long. Probeer de reden hiervoor expliciet onder woorden te brengen door het beantwoorden van de volgende drie vragen:

Is het logisch om de lucht aan de *buiten*kant van de borstkas in verbinding te laten staan met de *binnen*kant van de *long*? Waarom wel / niet?

Antwoord: .....

Wat hoop je dat er gebeurt met de luchtdruk aan de *binnen*kant van de *borstk*as als je je diafragma naar beneden trekt? Dient deze druk te stijgen of te dalen ten opzichte van de luchtdruk aan de *buiten*kant van de *borstk*as?

Antwoord: .....

Benoem de verschillende gebeurtenissen die chronologisch voorkomen zodra het diafragma naar beneden getrokken wordt, maar er een lek aanwezig is in de schroefdop.

Antwoord: .....

## 2. Demonstratie eerste ademhaling

Wanneer je van mening bent dat je modellong niet lekt en in staat is om lucht te verplaatsen, demonstreer dit dan aan je docent. Vul het onderste, afgeknipte deel van je PET-fles ongeveer voor de helft met water. Houd je model ondersteboven boven dit waterreservoir. Duw je diafragma voorzichtig zo ver mogelijk in, en plaats de ingang van je luchtwegen onder water. Trek vervolgens je diafragma omhoog totdat het ongeveer horizontaal hangt, zodat er een beetje water wordt opgezogen in je bovenste luchtwegen. Houd je diafragma en model op dezelfde positie en til je luchtwegen uit het water. Als de afstand tussen diafragma en borstkas niet veranderd, en je model is luchtdicht, dan zou het waterniveau in je bovenste luchtwegen ook op een constant niveau moeten blijven, waardoor er niets uit lekt.

In het boek heb je kunnen lezen dat een van de dingen die te meten valt aan longfunctie, het luchtvolume is dat passeert per ademhaling. Daarnaast zijn ook de totale hoeveelheid volume af te leiden uit de hoeveel extra in- en uit-adembaar volume. Nu onze modellong functioneert, zullen een tweetal longvolumina van ons model gaan kwantificeren.

## 3. Normale diafragmabeweging

Duw je diafragma weer helemaal in (richting je long), zodat alle vloeistof van de vorige demonstratie uit je luchtwegen zijn verwijderd. Laat nu je diafragma los, zodat het ontspannen horizontaal hangt. Houd je model nog steeds ondersteboven, plaats je luchtweg onder het wateroppervlak, en trek het diafragma ongeveer 2 cm naar achteren.

Welke longgrootte uit de in hoofdstuk 9.4.1 genoemde lijst wordt vertegenwoordigd door de ademhalingsbeweging die je zojuist gemaakt hebt?

Longgrootte: .....

We willen ditmaal het opgezogen watervolume bepalen. Er zijn echter te weinig maatcilinders om zulke kleine hoeveelheden water nauwkeurig te bepalen. Als creatieve onderzoekers gaan we dit daarom anders oplossen. Overleg met je team over een manier waarop je deze kleine hoeveelheid water toch enigszins nauwkeurig zou kunnen kwantificeren. Is er een manier om water op te delen in een eenheid die een ongeveer constante grootte heeft?

Vanwege de verschillen in elektrische lading van watermoleculen heeft een kleine hoeveelheid water de neiging om zich te ordenen in een bol-vorm, oftewel een druppel. Dit betekent dat als we water onder identieke omstandigheden laten vallen, de resulterende waterdruppels ongeveer evenveel watermoleculen bevatten.

Dit kunnen we gebruiken om ons volume te bepalen! Creëer een rij druppels op tafel door je diafragma langzaam in de duwen, waarbij je er zorg voor draagt dat iedere druppel uit zichzelf loslaat en niet te ver hoeft te vallen om op tafel te landen. Maak een rij identieke druppels, en tel het aantal gevormde druppels totdat er geen water meer in je luchtwegen aanwezig is.

*Aantal druppels na normale diafragmabeweging: .....*

#### 4. Maximale diafragmabeweging

Duw je diafragma weer helemaal in (richting je long), zodat alle vloeistof uit je luchtwegen zijn verwijderd. Laat nu je diafragma los, zodat het ontspannen horizontaal hangt. Houd je model ondersteboven en plaats je luchtweg onder het wateroppervlak. Trek ditmaal voorzichtig het diafragma zover mogelijk weg van de borstkas, zonder dat het model lek raakt, en vorm weer een rij druppels op tafels. Welke longgrootte uit de in hoofdstuk 9.4.1 genoemde lijst wordt vertegenwoordigd door de ademhalingsbeweging die je zojuist gemaakt hebt?

*Longgrootte: .....*

*Aantal druppels na maximale diafragmabeweging: .....*

#### 5. Bepaal volume van druppel in $\mu\text{l}$

Mogelijk heb je met team al besproken of “druppels” een normaal gebruikte eenheid is om volume te bepalen. Zo niet, sta daar dan nu even bij stil. Wat zijn mogelijke nadelen aan het gebruik van een druppel als maat?

*Antwoord: .....*

We gaan onze druppelmaat voor de volledigheid dus ook converteren naar een meer gebruikelijke maat, zoals de liter. In ons geval gaan we met een pipet bepalen hoeveel microliter (afgekort met  $\mu\text{l}$ ) water er in een druppel zit. Roep de docent voor een demonstratie hoe je de pipet kunt gebruiken om het volume van een druppel te bepalen. Gebruik vervolgens zelf de pipet om volume van 1 druppel te bepalen:

*Antwoord: ..... $\mu\text{l}$*

Noteer uiteindelijk op het whiteboard de volgende data van jouw metingen:

Voorbeeld:

Team	Inhoud 1 druppel ( $\mu\text{l}$ )	n-druppels normaal	n-druppels max
2-3	183	5	11

Teamnummer (als je in klas 2, team 3 bent, noteer je team dan als “Team 2-3”), inhoud 1 druppel, het aantal getelde druppels na een normale diafragma beweging, en het aantal getelde druppels na een maximale diafragma-beweging

## 6. Gemiddelde en standaarddeviatie berekenen in Excel

We gaan nu de data die jullie verzamelen op het bord in Excel analyseren. We willen een gemiddelde en spreiding van onze data berekenen.

Open de Excel file *wc1\_Analyse modelademhaling.xlsx*, te vinden op Brightspace.

Vul in de cellen B3 t/m D14 alle waarden in die de teams op het whiteboard geschreven hebben. Je zou vervolgens met een rekenmachine kunnen uitrekenen wat de gemiddelden zijn van druppelvolumen en aantal druppels bij normale en maximale inademing.

Misschien heb je al veel ervaring met Excel. Voor diegenen die Excel tot nu toe nog niet zo veel gebruikt hebben, is dit een mooi moment om een aantal extreem nuttige functies te leren gebruiken. Behalve het accepteren van getallen, kun je namelijk in iedere cel van een Excel-tabel een formule plaatsen. Deze formules kunnen zo eenvoudig zijn als “toon me de waarde van een andere cel” of meer complex als “bereken het aantal seconden vanaf 1 januari 1980 tot aan vandaag 09.00”. De grote voordelen van formules zijn enerzijds dat ze zichzelf automatisch updaten, en anderzijds dat ze erg makkelijk te kopiëren zijn om identieke berekeningen te doen over andere cellen. Dit betekent dat je slechts eenmaal een berekening in hoeft te typen om vervolgens duizenden waarden te kunnen berekenen. Daarnaast maakt Excel gebruik van erg veel decimalen, waardoor je minder last hebt van afrondingsfouten. Laten we dus in cel B15 onze eerste formule gaan gebruiken.

Als je alle waarden van de teams hebt ingevuld, dan bevat kolom B de inhoud van 1 druppel in  $\mu\text{l}$  die door alle teams bepaald is. We gaan allereerst bepalen van de gemiddelde inhoud van een druppel is, berekend in cel B15.

Klik met je linkermuisknop op cel B15, en type “=”. Dit is de algemene start van alle formules in Excel. Zodra je de “=” intypt kun je allerlei functies gebruiken die Excel bezit. Voor nu richten we ons op het berekenen van een gemiddelde, en typen we “=AVERAGE” of “GEMIDDELDE” (afhankelijk van of de menu’s in Excel Engelstalig of Nederlandstalig zijn). Het huidige voorbeeld gaat uit van een Engelstalige Excel. Je zult zien (figuur 1) dat Excel al verschillende functies suggereert, waaronder de functie AVERAGE. Dubbelklik op deze functie.

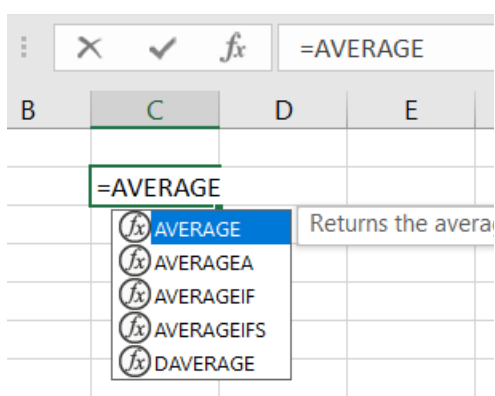


Fig.1 De suggestie na het intikken van “=AVERAGE” (bij NL-versie “=GEMIDDELDE”)

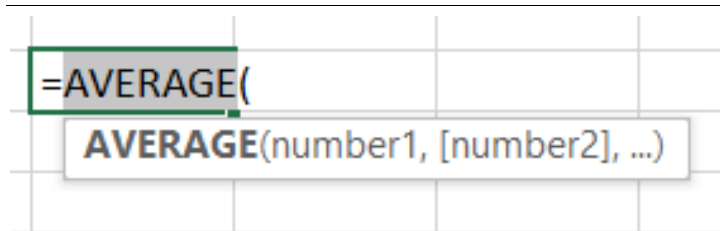


Fig.2 Het witte informatie-window geeft nuttige informatie over de leestekens die jouw Excel verwacht.

De functie AVERAGE geeft vervolgens in een klein informatie-window (figuur 2) aan dat input nodig is na het openingshaakje, en dat argumenten die we willen invoeren gescheiden moet worden met komma's. De scheidingstekens kunnen verschillen in jouw versie van Excel. Zo zou er bij jouw Excel zomaar het volgende kunnen staan: "GEMIDDELDE(getal1;[getal2]; ...)". In dat geval moet je argumenteren van elkaar scheiden met een puntkomma ";"

Je kunt Excel op verschillende manieren vertellen welke cellen allemaal gemiddeld zouden moeten worden. De makkelijkste is met de muis het midden van de eerste cel aan te klikken met de linkermuisknop, de muis knop ingedrukt houden, en je muis verslepen naar de laatste cel in de rij die je wilt gebruiken voor je gemiddelde. Een alternatief is het intypen van celverwijzingen, waarbij het helpt om te weten dat de dubbele punt te gebruiken is om een reeks aan te geven. De notatie "B3:B14" betekent: Cel B3 tot en met cel B14. Als je de celverwijzingen met de hand intypt, sluit dan af met een haakje ")" en druk op Enter.

Zorg er voor dat in cel B15 de volgende formule komt te staan: "=AVERAGE(B3:B14)" of "=GEMIDDELDE(B3:B14)". Zodra je op enter drukt om deze formule af te maken, zul je zien dat cel B15 een getal bevat. Dit getal wordt live geüpdatet, afhankelijk van de waarden in cellen B3:B14. Test dit even door de waarde in cel B3 tijdelijk te veranderen in een veel groter getal. Je zult zien dat het gemiddelde meteen mee zal veranderen.

Als je in een nieuwe Exceltabel wilt controleren of een cel een getal bevat, of het resultaat van een formule, klik dan op de cel, en kijk wat er in de formulebalk (zie Fig. 3) staat.

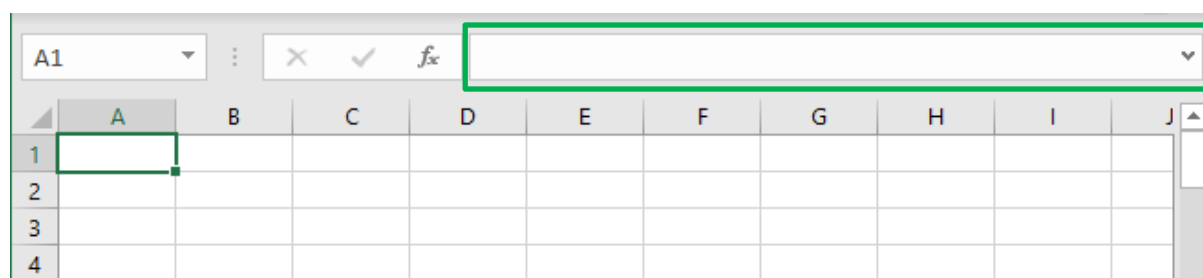


Fig.3 de formulebalk

Als je makkelijk een formule wilt controleren, dan kun je op een cel dubbelklikken. Excel zal je met kleurcodering tonen naar welke cellen je formule verwijst. Gefeliciteerd! Je hebt je eerste formuleberekening gedaan in Excel!

Bereken vervolgens hoe zeer de waarden van de verschillende volumes verspreid zijn rond het gemiddelde. Dit kun je doen met de zogenaamde standaarddeviatie. De formule hiervoor in zowel de Nederlandse als Engelstalige Excel is "=STDEV.S".

Bereken in cel B16 de standaarddeviatie van de waarden die te vinden zijn in B3:B14.

## 7. Formules doortrekken

De gemiddelde-berekening voor kolom B zou eigenlijk ook mooi zijn om te gebruiken voor kolommen C, D, E en F. We zouden daarmee namelijk de gemiddelde waarden van al onze metingen kunnen bepalen. We gaan echter niet met de hand formules weer opnieuw intikken.

Denk even na over de verschillende nadelen van het met de hand intikken van grote hoeveelheden formules. Waarom is dit geen goed idee?

**Antwoord:**.....

Laten we dus zo min mogelijk proberen te typen, en gebruik maken van de formule die je al hebt opgesteld in cel B15. Een van de handigheden van Excel is namelijk dat je formules kunt “doortrekken”. Dit betekent dat het soort berekening dat je doet hetzelfde blijft, maar dat de verwijzing naar de cellen waarover die berekening gedaan wordt, met je muis meeverhuift naar een nieuwe kolom of rij.

Klik met je linker muisknop eenmaal op cel B15. Je ziet dat deze cel nu zwart omlijst is.

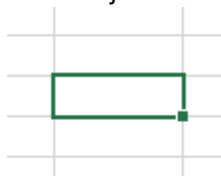


fig. 4 De zwarte rechter-onderhoek, die het mogelijk maakt formules door te trekken naar andere rijen en kolommen.

Wat opvalt is dat de rechter-onderhoek van deze omlijsting een zwart vierkantje bevat (zie figuur 4). Muis zonder te klikken over dit vierkantje. Je cursor zal veranderen van een witte, dikke plus, naar een zwarte, dunne plus.

Zodra je cursor deze zwarte dunne plus is, linkerklik en houd je muisknop ingedrukt. Sleep je muis nu 1 kolom naar rechts en laat de muisknop los. Je zult zien dat cel C15 een formule bevat, die verwijst naar de reeks C3:C14. Dit is exact de formule die het gemiddeld aantal druppels bij een normale diafragmabeweging berekent! Trek deze formule vervolgens nogmaals een kolom naar rechts door om het gemiddeld aantal druppels bij een maximale diafragmabeweging te berekenen.

Doe hetzelfde voor de standaarddeviatie-berekening in cel B16. Trek deze formule door naar de cellen C16 en D16.

## 8. Volumes normale en maximale diafragmabeweging berekenen

Aangezien we weten hoeveel druppels alle teams geteld hebben, en we weten hoeveel microliter water er gemiddeld in 1 druppel zit, kunnen we onze druppelwaarden vertalen naar een meer gebruikte standaard, namelijk volume in microliter. Klik op cel E3. We willen dat cel E3 het antwoord gaat geven op de berekening: C3 vermenigvuldigd met B15. Optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen gaat in Excel met respectievelijk de “+”, “-”, “\*”, en “/”.

Typ dus in cel E3 de volgende formule: “=C3\*B15”

Je zou denken dat we deze formule vervolgens kunnen doortrekken naar beneden, en naar rechts, om alle andere berekeningen te doen. Probeer dit door de formule in E3 één rij naar beneden te trekken. Dubbelklik vervolgens op cel E4 en kijk naar welke cellen deze formule verwijst. Wat gaat er mis?

**Antwoord:** .....

Dit is dus net niet helemaal goed. We willen alleen nog zorgen dat als we de formule in cel E3 naar beneden doortrekken, de verwijzing in onze formule wel doorschuift van cel C3 naar C4, maar dat de verwijzing naar cel B15 *niet* doorschuift naar cel B16.

Dit kunnen we doen door het toevoegen van een dollarteken (\$) in onze formule in cel E3. Klik op cel E3, en verander het deel “\*B15” in “\*\$B\$15”. Het dollarteken betekent: hou datgene wat direct achter het dollarteken staat, altijd hetzelfde. Wanneer je je formules aan het aanpassen bent, kun je kiezen tussen de volgende opties.

Voorbeeld-code	Betekenis	Verwijzing na rij naar beneden doortrekken	Verwijzing na kolom naar rechts doortrekken
=B15	Kolom en rij-verwijzing mogen veranderen	=B16	=C15
=B\$15	Houd de rij altijd gelijk	=B\$15	=C\$15
=\$B15	Houd de kolom altijd gelijk	=\$B16	=\$B15
=\$B\$15	Houd rij en kolom altijd gelijk	=\$B\$15	=\$B\$15

Druk op ENTER om je formule af te sluiten. Klik vervolgens op cel E3, en trek je formule door tot E14. Selecteer vervolgens de reeks E3:E14. Je ziet dat ook een geselecteerde reeks in de rechter-onderhoek een zwart doortrek-vierkantje bevat. Trek deze formules dus een kolom naar rechts, zodat onze berekeningen ook gedaan worden in F3:F14.

Maak je analyse vervolgens helemaal af door ook over de kolommen E en F de gemiddelden en standaarddeviaties te berekenen. Je hebt zojuist 3 formules getypt, en daarmee 34 berekeningen gedaan. Niet slecht voor een beetje muiswerk!

## 9. Data visualiseren

Je zult misschien zelf ook wel herkennen dat een plaatje veel sneller en makkelijker te interpreteren is dan een enorme reeks aan getallen. Daarom is het belangrijk om goede figuren te kunnen maken.

Selecteer de gemiddelde aantallen druppels in cellen C15:D15. Ga vervolgens via het bovenste Excel menu *Insert* naar *Charts* en kies *Column or Bar-chart*. (Nederlands: *Invoegen > Grafieken > Kolom of staafdiagram*), zoals te zien is in figuur 5.

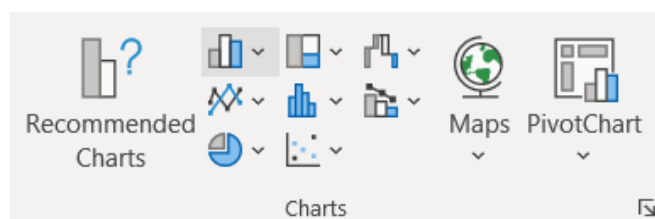


Fig. 5 Het Charts-menu

Kies in dit menu voor “2-D Column” (Nederlands: 2d-kolom), zoals in figuur 6.

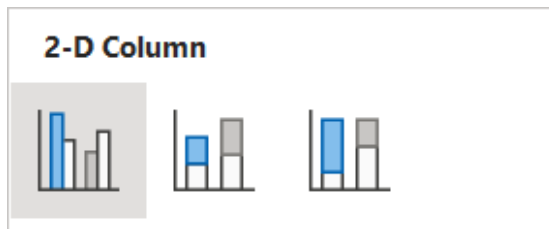


Fig. 6 2-D column, of 2-D kolom

Je zult een grafiek zien die je data bevat zoals in figuur 7, maar nog wel wat extra's nodig heeft. Klik (ergens in de witte achtergrond) op je grafiek. Druk op de groene plus naast de grafiek en voeg astitels (axis titles), foutbalken (error bars) en een grafiektitel (chart title) toe. Pas de titels aan door erop te klikken, en geef de titels logische namen.

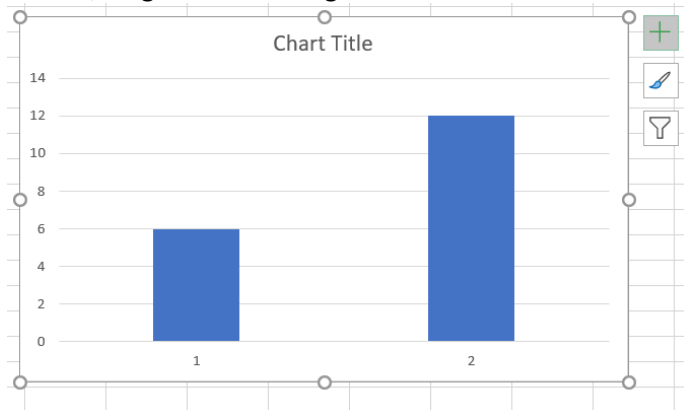


Fig. 7 Je eerste grafiek

Pas de error bars (foutbalken) aan door er in je grafiek op te dubbelklikken. Een menu zal zich openen aan de rechterkant van het scherm (figuur 8).

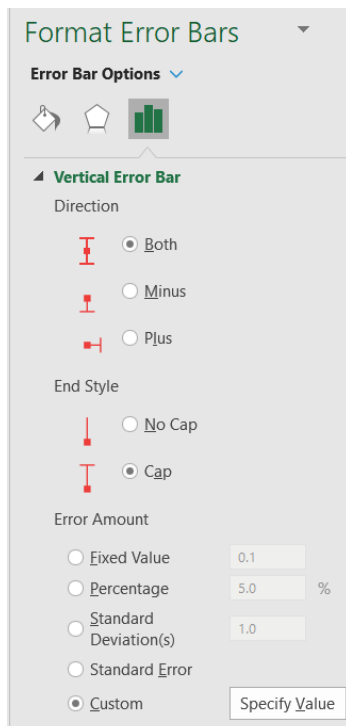


Fig. 8 Kies bij de error amount voor "custom" en druk op "specify value"



Kies *Specify Value* en selecteer de standaarddeviaties in cellen C16:D16, beiden voor zowel de positieve als negatieve waarden.

Nu de grafiek van onze druppelmetingen helemaal af is, maak eenzelfde grafiek voor de volumes berekend in microliter.

#### 10. Data interpreteren

Vergelijk de gemiddelde waarden die je in microliter berekend hebt, met de normale volumewaarden die je in het boek in hoofdstuk 9.4.1 kunt vinden. Bereken wat de schaal (verkleiningsfactor) is van de gebouwde modellen ten opzichte van “een normale long”.

Antwoord:.....

Denk na over de validiteit van de bovenstaande vergelijking. Beargumenteer waarom deze vergelijking accuraat of inaccuraat is.

Antwoord:.....

#### 11. Evaluatie

In het boek heb je gelezen dat mensen twee manieren van ademen kunnen gebruiken: borstademhaling en buikademhaling.

Overleg met je team welk type ademhaling het best wordt gesimuleerd door jullie model. Is er ook een manier om de andere manier van ademen te simuleren met je huidige model?

Antwoord:.....

Het meten van longvolume is slechts een van de aspecten van longfunctie die te bepalen zijn. Welk ander belangrijk aspect van longfunctie is in dit werkcollege nog niet gemodelleerd?

Antwoord:.....

#### 12. Einde en voorbereiding

Hopelijk heeft dit werkcollege voor extra inzicht gezorgd in de totstandkoming van een aantal longfunctiegrootheden. Roep je docent, en laat je deelname aan dit werkcollege aftekenen.

In het volgend werkcollege zul je met je team een inspanningsproef doen. Een van jullie zal 6 minuten een bankje moeten op- en afstappen, terwijl hartslag en ademhaling gemeten gaan worden. Overleg wie er volgend werkcollege participant zal zijn. Deze persoon moet loszittende kleding aan, waarin je makkelijk kunt bewegen.

Voor volgend werkcollege; neem de volgende dingen mee:

- Minimaal 1 opgeladen mobiele telefoon met koptelefoon-ingang
- Op deze telefoon dient de app “phyphox” geïnstalleerd te zijn (te vinden in de App store en Play store)
- Een koptelefoon met microfoon verwerkt in het snoer
- Een lege toilet- of keukenrol

