

# De samenstelling van lucht

Inleiding.....	2
Mogelijke knelpunten voor de leerlingen.....	2
Leerdoelen.....	2
Materiaal voor de hele reeks.....	2
Betrokkenheid.....	3
1. De samenstelling van ingeademde lucht/omgevingslucht.....	3
1.1. Informatie over de samenstelling van lucht.....	3
1.2. Modelleren van de samenstelling van ingeademde lucht/ omgevingslucht .....	4
2. De samenstelling van uitgedemde lucht.....	5
2.1. Testen welke effecten onze ademhaling heeft op het koolzuurgasgehalte in de lucht.....	5
2.2 Testen welke effecten onze ademhaling heeft op het zuurstof- gasgehalte in de lucht.....	6
2.3 Testen welke effecten onze ademhaling heeft op het waterdam- pgehalte in de lucht.....	7
2.4 Modelleren van de samenstelling van uitgedemde lucht....	7
3. Het belang van goede luchtkwaliteit.....	8
3.1. Het belang van schone lucht voor onze gezondheid.....	9
3.2 Meten hoeveel lucht er gebruikt wordt.....	9

doel :



Materiaal :



In het wetenschapsschrift :



Opbouw:



## Een project over de luchtkwaliteit in Brussel Reeks 3

Leerlingen en leerkracht zijn ingeschreven in een project om de kwaliteit van binnen- en buitenlucht te onderzoeken in Brussel. Hiermee kunnen we het thema «lucht» inleiden:

« Wat is lucht? Wat zit er in lucht? »

In de vorige reeks bouwden de leerlingen kennis op rond het begrip “lucht” en diens eigenschappen. In deze derde reeks zullen de leerlingen, door te voelen, begrijpen dat de lucht niet overal hetzelfde is. Hoe de lucht is samengesteld kan van plaats tot plaats, maar ook van moment tot moment verschillen. De leerlingen zullen ook de aanwezigheid van stof in de lucht waarnemen. Deze reeks zal de leerlingen ook aanzetten om na te denken over ademhaling:

« Waar gaat de lucht die ik inademen naar toe? »

### Mogelijke knelpunten voor de leerlingen:

Veel leerlingen weten nog niet dat de lucht bestaat uit verschillende stoffen. Zij kunnen zich aldus niet voorstellen dat de samenstelling van lucht kan variëren.



#### Inzake wetenschappelijke methode en vaardigheden:

- Vragen stellen;
- Informatie verzamelen door observatie, manipulatie, experimenteren, het lezen van documenten, video's en modellen;
- Informatie uit een tabel, grafiek of diagram opzoeken en noteren.

#### Inzake kennisvergaring: leerdoelen

De leerlingen zullen leren dat :

- Lucht een gasmengsel is. Dit mengsel bestaat uit stikstofgas ( $N_2$ ), zuurstofgas ( $O_2$ ) en andere gassen zoals koolzuurgas ( $CO_2$ ).
- De samenstelling van lucht in vb. een bezet klaslokaal zal veranderen in de loop van de tijd en dat deze verandering gerelateerd is aan de aanwezigheid van personen (ademhaling).;
- De samenstelling van in- en uitgeademde lucht verschillend zijn;
- Er gasuitwisseling (zuurstofgas en koolzuurgas) plaatsvindt bij de longblaasjes, zonder in te gaan op de details van de menselijke ademhaling.



Te verzamelen materiaal voor deze reeks (de in het groen aangeduide spullen worden in de kofferbak te leen aangeboden) :

Diepvrieszakjes

Theelichtjes

Identieke doorzichtige glazen potten

Infofiches over de samenstelling van lucht (beschikbaar op de website van Babel'air)

Een doorzichtige plastic doos van ca. 30 liter (de koffer)

Een geijkte fles van 5 liter

Een flexibele buis / slang (2 cm diameter en 1 meter lang)

Een  $CO_2$  – detector

# De samenstelling van lucht en hoe die verandert door ademhaling

In het klaslokaal wordt een CO<sub>2</sub>-detector geplaatst. De leerkracht legt uit aan de leerlingen dat deze detector het CO<sub>2</sub>-niveau meet en dat dit niveau een indicator is van de luchtkwaliteit. De leerkracht geeft verder geen uitleg; **het is de aan de leerlingen om zelf een rationale verklaring te geven voor de wijziging van het CO<sub>2</sub>-niveau in de klas.**

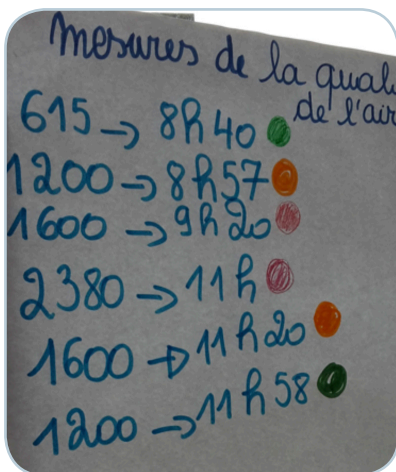
Gedurende een (halve) dag verandert de leerkracht niks aan de verluchtingsgewoonten van de klas (vb. het al dan niet openen van deuren/vensters) en wordt het CO<sub>2</sub>-niveau geregistreerd.

Afhankelijk van de klasomstandigheden kan het CO<sub>2</sub>-niveau op bepaalde tijdstippen heel erg hoog zijn. Er zal een alarm afgaan bij het overschrijden van een bepaalde drempelwaarde, namelijk als meer dan 1500 ppm (parts per million, deeltjes per miljoen) wordt gemeten door de CO<sub>2</sub>-detector.

De leerkracht houdt de CO<sub>2</sub>-niveaus bij en brengt deze onder de aandacht van de leerlingen:

- « Het alarm van de CO<sub>2</sub>-detector ging af! »
- « Betekent dit dat de detector CO<sub>2</sub> heeft gemeten? »
- « Wat is CO<sub>2</sub>? Waar komt CO<sub>2</sub> vandaan? »
- « Hoe komt het dat er nu meer CO<sub>2</sub> is? »

Na het stellen van deze vragen, start de leerkracht een dialoog over de meetresultaten.



Onderstaand is een voorbeeld van de vragen die aan bod zouden kunnen komen tijdens de groepsdiscussie :

- « Hoe zou je verklaren dat de CO<sub>2</sub> – niveau bijna verdubbelt tussen 8u40 en 8u57? »  
«Hoe verklaren jullie de CO<sub>2</sub>-piek om 11u00? »
- « We zien dat er een mooie daling is van het CO<sub>2</sub> – niveau tussen 11u00 en 11u20, hoe kan dit verklaard worden? » Enz ...

Eerst proberen de leerlingen individueel antwoorden te formuleren op deze vragen. Ze proberen een rationale verklaring te vinden voor de verschillende metingen die zijn uitgevoerd.

Vervolgens leidt de leerkracht een groepsdiscussie, hij/zij probeert iedereen aan het woord te laten zodat iedereen zijn/haar verklaring kan geven. De leerlingen kunnen veronderstellen dat hun aanwezigheid en hun ademhaling een invloed hebben op het CO<sub>2</sub> – niveau. De leerkracht kondigt aan dat het belangrijk is om de samenstelling van lucht te kennen en te begrijpen hoe onze ademhaling deze samenstelling verandert.

## 1. De samenstelling van ingeademde lucht/omgevingslucht

### 1.1. Informatie over de samenstelling van lucht

#### Doel van de activiteit:

Leren dat de lucht bestaat uit verschillende aërosolen (microscopisch kleine vloeistofdruppeltjes of stofdeeltjes) en gassen, waaronder CO<sub>2</sub>. Begrijpen dat CO<sub>2</sub> één van de bestanddelen van lucht is en dat het een indicator is van luchtverontreiniging.



Een CO<sub>2</sub> – detector

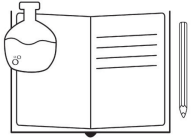
Infiches over de samenstelling van lucht (teksten, grafieken, tabellen, diagrammen,...)

#### Verloop :

Herinner de leerlingen wat ze eerder geleerd hebben over de lucht (de lucht is een materie die ruimte inneemt, ...). Blader terug in het wetenschapsschrift en neem kort door wat we al hebben aangeleerd over lucht.

Stel voor om samen de infiches over de belangrijkste bestanddelen van lucht door te nemen. Deze infiches kunnen op verschillende manieren informatie overbrengen (grafieken, tabellen, teksten, ...)

Vestig de aandacht van de leerlingen op de luchtbestanddelen die in de infiches aanwezig zijn: stikstofgas, zuurstofgas en koolzuurgas.



Elke leerling kiest een infiche die de samenstelling van lucht illustreert en plakt het in zijn/haar schrift.

Er wordt een groepsdiscussie gestart om een lijst op te stellen van de luchtbestanddelen die werden gevonden in de infiches.

« Zijn dit de enige bestanddelen die we terugvinden in lucht?  
Zijn al deze bestanddelen in dezelfde verhouding aanwezig? »

De leerkracht leidt een groepsdiscussie en op basis van de geraadpleegde infiches wordt naar een gemeenschappelijke verklaring gezocht.



**Voorbeeld :** de lucht is een gasmengsel dat hoofdzakelijk bestaat uit stikstofgas ( $N_2$ ) en zuurstofgas ( $O_2$ ). Deze twee gasen vertegenwoordigen samen 99% van de samenstelling van droge lucht. Lucht bestaat ook uit waterdamp en andere gasen, zoals koolzuurgas ( $CO_2$ ), maar deze komen in veel kleinere verhoudingen voor.

De lucht bevat ook kleine stofdeeltjes en vloeistofdruppeltjes, aerosolen genaamd.

## 1.2 Modelleren van de samenstelling van ingeademde lucht/omgevingslucht.

### Doel van de activiteit :

Maak een visuele voorstelling van de samenstelling van de lucht om de verhouding van de vijf besproken bestanddelen te begrijpen..



Infiches over de samenstelling van lucht (teksten, grafieken, tabellen, diagrammen, ...)  
Tabel met de verhoudingen van de bestanddelen in milliliter  
Ruitjespapier

### Verloop :

De leerlingen ontvangen een tabel met daarin de 5 bestanddelen van lucht: stikstofgas, zuurstofgas, koolzuurgas, waterdamp en aerosolen. Per bestanddeel staat ook steeds in welke verhouding zij voorkomen (in milliliter). De leerlingen worden gevraagd om de in milliliter uitgedrukte maten om te zetten naar percentages zodat later een model, die de samenstelling van de omgevingslucht weergeeft, kan getekend worden.

De leerkracht vermeldt dat er tijdens deze activiteit enkel 5 bestanddelen worden besproken, maar dat er ook nog andere zijn. Enkel deze 5 worden besproken omdat zij het belangrijkste aandeel hebben in de samenstelling van lucht.

Samenstelling	Per 1000 milliliter lucht	Percentages
<b>Stikstofgas (N<sub>2</sub>)</b>	780 ml	
<b>Zuurstofgas (O<sub>2</sub>)</b>	210 ml	
<b>Koolzuurgas</b>	0,4 ml	
<b>Andere gassen</b>	0,6 ml	
<b>Waterdamp</b>	variabel (tussen 0,005 en 0,030 ml)	
<b>Aërosolen (bacteriën, pollen, enz.)</b>	variabel	

De leerlingen moeten op een vierkant stuk ruitjespapier, met een zijde van 10cm (m.a.w. 100 cm<sup>2</sup> groot), verschillende gebieden inkleuren die het percentage van elk bestanddeel in de ingeademde lucht voorstelt. Maak hierbij gebruik van een kleurenlegende.



- Stikstofgas
- Zuurstofgas
- Andere gassen waaronder CO<sub>2</sub>
- Waterdamp en aërosolen

## 2. De samenstelling van uitgeademde lucht

In de vorige activiteiten hebben de leerlingen de samenstelling van ingeademde lucht/omgevingslucht gemodelleerd. Zij hebben ook zelf kunnen vaststellen dat onze ademhaling een invloed heeft op de samenstelling van lucht, want het alarm van de CO<sub>2</sub> – detector ging af (en gaf een hoog CO<sub>2</sub> – niveau weer) wanneer wij allemaal in de klas aanwezig zijn. In de volgende activiteiten leren de kinderen wat de invloed is van onze ademhaling op drie bestanddelen van de lucht: koolzuurgas, zuurstofgas en waterdamp.

### 2.1 Testen welke effecten onze ademhaling heeft op het koolzuurgasgehalte in de lucht.

#### Doel van de activiteit :

In dit experiment wordt de volgende hypothese getest: “ uitgeademde lucht bevat meer koolzuurgas dan ingeademde lucht ”. Dit verklaart waarom het CO<sub>2</sub> – niveau toeneemt als we in de klas zitten.



- Een CO<sub>2</sub> - detector
- Een doorzichtige doos
- Een flexibele slang

#### Verloop :

Denk terug aan het gebruik van de CO<sub>2</sub> – detector die werd geplaatst bij de aanvang van deze reeks..

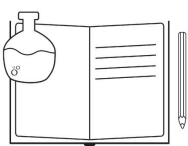
Hypothese : « De CO<sub>2</sub> – detector maakt geluid als we in de klas zijn, omdat de uitgeademde lucht meer CO<sub>2</sub> bevat dan de ingeademde lucht. »

Stel aan de leerlingen voor dat ze zelf een protocol bedenken (of geef hen een protocol die ze kunnen volgen) om deze hypothese te testen.

#### Voorbeeld van een protocol :

- Zet de CO<sub>2</sub> – detector aan (doe dit 's morgens of na het verversen van de lucht in de klas)
- Let op het CO<sub>2</sub> – gehalte van de omgevingslucht
- Draai de doos om over de CO<sub>2</sub> – detector
- Plaats één van de uiteindes van de slang in de doos
- Adem een paar keer uit in het andere uiteinde van de slang
- Het CO<sub>2</sub> – niveau neemt toe

Nadat de leerkracht het protocol heeft goedgekeurd, kan deze door de kinderen worden uitgevoerd. De leerlingen voeren hun experiment uit en houden hun resultaten bij.



De leerlingen maken een schema van het uitgevoerde experiment en noteren de verkregen resultaten. De leerlingen schrijven een conclusie en maken daar voor gebruik van de volgende woorden: CO<sub>2</sub> – niveau, ingeademde lucht, uitgeademde lucht.

De leerkracht geeft aan de leerlingen een tabel met daarin de bestanddelen van de ingeademde lucht, inclusief de CO<sub>2</sub>-waarde van de uitgeademde lucht. De leerlingen wordt gevraagd om dit te vergelijken met hun eigen resultaten.

Samenstelling	Per 1000 milliliter ingeademde lucht	Per 1000 milliliter uitgedemde lucht
Stikstofgas (N <sub>2</sub> )	780 ml	
Zuurstofgas (O <sub>2</sub> )	210 ml	
Koolzuurgas (CO <sub>2</sub> )	0,4 ml	50 ml
Andere gassen	0,6 ml	
Waterdamp	variabel (tussen 0,005 en 0,030 ml)	
Aërosolen (bacteriën, pollen, enz.)	variabel	

De leerkracht leidt een groepsdiscussie en doet dit op basis van de waarnemingen van de leerlingen, de conclusies die zij hebben geschreven en de informatie in de tabel om tot een gemeenschappelijke verklaring te komen.



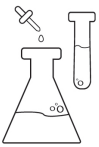
**Voorbeeld:** Het CO<sub>2</sub> – niveau stijgt wanneer uitgedemde lucht in de kast met de detector terechtkomt.

De lucht wordt in ons lichaam gewijzigd, omdat uitgedemde lucht meer CO<sub>2</sub> bevat dan ingeademde lucht. Er is 0,4 ml CO<sub>2</sub> per liter ingeademde lucht, terwijl 1 liter uitgedemde lucht 50 ml CO<sub>2</sub> bevat..

## 2.2. Testen welke effecten onze ademhaling heeft op het zuurstofgasgehalte in de lucht.

### Doel van de activiteit :

Dit experiment wordt voorgesteld om de effecten van ademhaling op het O<sub>2</sub>-niveau in de lucht te testen.



Twee identieke doorzichtige glazen potten  
Twee theelichtjes

### Verloop :

De leerkracht deelt het protocol van het experiment uit. De leerkracht legt uit dat een kaars zuurstof nodig heeft om te branden.

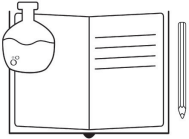
De leerlingen moeten anticiperen op de uitkomst van het experiment en houden hun ideeën bij.:

«Wetende dat de kaarsvlam zuurstof nodig heeft om te branden, wat denk je dat er gaat gebeuren als ik het volgende experiment uitvoer? »

- Protocol :**
- Zet de twee doorzichtige glazen potten klaar en steek twee theelichtjes aan
  - Twee leerlingen nemen elk één glazen pot
    - > één leerling ventileert zijn potje, terwijl de andere leerling 10 keer in zijn potje uitademt.
  - De leerlingen draaien op hetzelfde moment hun potje over een brandende kaars
  - Houd met een stopwatch de tijd bij die elke vlam nodig heeft om uit te gaan
  - Vergelijk de resultaten



Nadat elke leerling zijn/haar antwoord heeft geformuleerd op de vraag, zullen ze in groepjes het experiment uitvoeren. De leerlingen houden hun resultaten bij en proberen op basis daarvan een conclusie te formuleren.



De leerling noteert zijn/haar ideeën vóór het experiment wordt uitgevoerd.  
De leerling noteert de resultaten van het experiment en schrijft een conclusie waarin de volgende woorden voorkomen: zuurstofgas, ingeademde lucht en uitgedemde lucht.

De leerkracht leidt een groepsdiscussie om tot een gemeenschappelijke verklaring te komen.

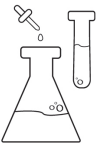


**Voorbeeld :** Het theelichtje dooft sneller onder de pot waarin verschillende keren werd uitgedemd t.o.v. het theelichtje dat werd geplaatst onder de pot die geventileerd werd. De vlam, die zuurstof nodig heeft om te branden, dooft sneller in de uitgedemde lucht dan in de omgevingslucht omdat de uitgedemde lucht minder zuurstofgas bevat.

## 2.3 Testen welke effecten onze ademhaling heeft op het waterdampgehalte in de lucht

### Doel van de activiteit:

In dit experiment worden de effecten van ademhaling op het vochtgehalte van de lucht nagegaan.



Doorzichtige diepvrieszakjes

### Verloop :

De leerlingen ontvangen voor dit experiment een protocol dat ze dienen te volgen. Ze voeren het experiment uit en houden een verslag bij van hun waarnemingen.

- Protocol :**
- Vang de lucht op in een diepvrieszakje
  - Kijk naar de wanden van het diepvrieszakje
  - Adem een aantal keer uit in het diepvrieszakje
  - Bekijk opnieuw de wanden van het diepvrieszakje



De leerling tekent de uitgevoerde handelingen en maakt aantekeningen van zijn observaties.

De leerkracht leidt een groepsdiscussie om tot een gemeenschappelijke verklaring te komen.



**Voorbeeld :** We zagen dat fijne druppeltjes zich vormden op de wanden van het diepvrieszakje nadat we er enkele malen in uitademden.

De uitgedemde lucht bevat meer waterdamp dan de ingeademde lucht

## 2.4 Modelleren van de samenstelling van uitgeademde lucht

### Doel van de activiteit :

Maak een visuele voorstelling van de samenstelling van de uitgeademde lucht om de verhouding van de vijf besproken bestanddelen te begrijpen en te vergelijken met de samenstelling van ingeademde lucht.



Tabel met de verhoudingen van de bestanddelen in milliliter per liter lucht  
Ruitjespapier





### Verloop :

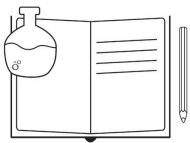
De volledig ingevulde tabel wordt aan de leerlingen gegeven.

Samenstelling	Per 1000 milliliter ingeademde lucht	Per 1000 milliliter uitgeademde lucht
Stikstofgas (N <sub>2</sub> )	780 ml	750 ml
Zuurstofgas (O <sub>2</sub> )	210 ml	140 ml
Koolzuurgas (CO <sub>2</sub> )	0,4 ml	50 ml
Andere gassen	0,6 ml	0,6 ml
Waterdamp	Variabel (tussen 0,005 en 0,030 ml)	60 ml
Aërosolen (bacteriën, pollen, enz.)	Variabel	Variabel

De leerlingen moeten op een vierkant stuk ruitjespapier, met een zijde van 10 cm (m.a.w. 100 cm<sup>2</sup> groot), verschillende gebieden inkleuren die het percentage van elk bestanddeel in de uitgeademde lucht voorstelt. Maak hierbij gebruik van een kleurenlegende.



-  Stikstofgas
-  Zuurstofgas
-  Andere gassen waaronder CO<sub>2</sub>
-  Waterdamp en aërosolen



De leerling plakt de twee gemaakte modellen (ingeademde/uitgeademde lucht), inclusief de kleurenlegende, in het schrift.

De leerkracht leidt een groepsdiscussie, waarbij beide modellen vergeleken worden, om tot een gemeenschappelijke verklaring te komen.



**Voorbeeld :** Het gebied dat CO<sub>2</sub> weergeeft, is groter in het model dat uitgeademde lucht weergeeft dan in het model voor ingeademde lucht. Deze weergave laat dus zien dat er meer CO<sub>2</sub> zit in uitgeademde lucht dan in ingeademde lucht. Deze weergave laat ons bovendien ook zien dat de ingeademde lucht in ons lichaam wordt gewijzigd omdat de samenstelling ervan verandert.

## 3. Het belang van goede luchtkwaliteit

Bij de vorige experimenten hebben de leerlingen de invloed van de ademhaling op de luchtsamenstelling opgemerkt. In de rest van deze reeks zullen zij nadenken over wat de gevolgen zijn van deze veranderingen op de luchtkwaliteit. Ze zullen ook bewust worden van het belang van een goede luchtkwaliteit voor de gezondheid..



### 3.1 Het belang van schone lucht voor onze gezondheid

#### Doel van de activiteit :

Nadenken over het probleem van binnenluchtverontreiniging op scholen en een project opstarten om de situatie te verbeteren..



Documenten over de luchtverontreiniging in scholen en de gevolgen daarvan voor de gezondheid van leerlingen.

Vb.: blz. 7, 8 en 9 van de ONE brochure « L'air de rien changeons d'air »

#### Verloop :

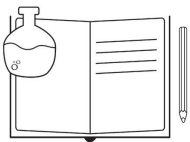
De leerlingen lezen alle documenten, die door de leerkracht geselecteerd werden, om ze te doen nadenken over het aan de orde gestelde onderwerp.

Na de leesopdracht leidt de leerkracht een groepsdiscussie om na te denken over de vraag:

« Als we CO<sub>2</sub> beschouwen als een indicator van binnenluchtverontreiniging, wat zijn dan de effecten van hoge CO<sub>2</sub>-niveaus op onze gezondheid? »

Door middel van deze uitwisseling kan de leraar rekening houden met het kennisniveau van de leerlingen en hen ideeën voor oplossingen laten aandragen.

« Wat kunnen we doen om het probleem te vermijden of de situatie te verbeteren? »



De leerling houdt een verslag van de uitwisseling bij.

De leerling probeert de vraag te beantwoorden door zijn/haar ideeën op te sommen.

### 3.2 Meten hoeveel lucht er gebruikt wordt

#### Doel van de activiteit :

We hebben geleerd hoe belangrijk het is om een goede luchtkwaliteit te hebben in de klas. We weten ook dat onze aanwezigheid (onze ademhaling) de samenstelling van lucht verandert. Om beter na te denken over onze acties, laten we proberen de volgende vraag te beantwoorden:

« Wat is de hoeveelheid lucht die per leerling per minuut wordt gebruikt? »

#### Doel van de activiteit:

De hoeveelheid lucht meten die een leerling per minuut nodig heeft.



Een emmer/kuip gevuld met water

Een fles van 5 liter met een schaalverdeling van 500 milliliter, gevuld met water

Een slang

#### Verloop :

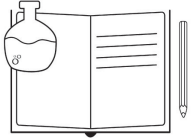
Om te weten hoeveel lucht elke leerling per minuut nodig heeft, moet je het volgende meten:

- Het volume van de uitgeademde lucht (leerlingen voeren onderstaand protocol uit)
- Het aantal uitademingen per minuut

De leerlingen krijgen een protocol om hun longvolume te meten. Daarna meten ze met een stopwatch het aantal uitademingen die ze uitvoeren per minuut.

- Protocol :**
- Vul de geijkte fles met water;
  - Draai de fles om en dompel hem onder water in de emmer/kuip (de flesopening dompelt onderwater);
  - Steek het ene uiteinde van de slang in de fles;
  - Adem diep in;
  - Adem uit in het andere uiteinde van de slang;
  - Observeer het volume van de uitgeademde lucht.

Terwijl deze metingen worden uitgevoerd, worden de resultaten bijgehouden door de andere leerlingen om later de klasgemiddelden te berekenen.



De leerling noteert de bekomen resultaten.

De leerling berekenen in groep, samen met de leerkracht, de gemiddelden.  
Daarna leidt de leerkracht een groepsdiscussie over de verkregen resultaten en de gevolgen daarvan.

**Voorbeeld :**

De gemiddelden berekend voor de klas zijn :

- Longvolume : 0,250 L
- Uitademingen per minuut : 10

Aan de hand van deze gegevens kunnen we meten hoeveel lucht er per minuut wordt verbruikt in een klas met 20 leerlingen:

Bij elke uitademing blaast een leerling gemiddeld 0,250 L lucht in het klaslokaal. Dus in totaal 5 liter voor alle leerlingen.

Als elke leerling 10 keer per minuut uitademt → 2.5L/leerling → 50L voor de klas.  
Na 2 minuten wordt in de klas 100 liter lucht ingeademd en uitgeademd.

Wetende dat voor 1 liter lucht, 50 ml CO<sub>2</sub> vrijkomt.

« Hoeveel CO<sub>2</sub> komt er per minuut en/of per uur vrij in een klaslokaal van 20 leerlingen?