**Onderzoeksvaardigheden**

**biNASvakken**





**4 vwo – ng/nt-leerlingen
OSG West-Friesland**

# Inhoudsopgave

[1. Inleiding 3](#_Toc499129560)

[2. Onderzoeksvragen 4](#_Toc499129561)

[3. Hypothese 6](#_Toc499129562)

[4. Hoe maak je een werkplan voor een experiment? 7](#_Toc499129563)

[5. Hoe maak je een tabel? 10](#_Toc499129564)

[6. Hoe toets je het verband tussen twee grootheden? 12](#_Toc499129565)

[7. Hoe teken je een (lijn)grafiek? 14](#_Toc499129566)

[8. Wordt een gevonden verschil tussen gemiddelden veroorzaakt door toeval? 16](#_Toc499129567)

[9. Hoe schrijf je een practicumverslag? 17](#_Toc499129571)

[10. Feedback 28](#_Toc499129576)

Tekening titelpagina: https://1tv.ge/news/2018-weli-mecnierebashi-mtavari-mighwevebi-romlebic-chvens-ckhovrebas-shecvlis/

#

# Inleiding

De vakken biologie, natuurkunde en scheikunde zijn alle drie natuurwetenschappen. Dat wil zeggen dat deze drie vakken, door middel van het doen van onderzoek, de natuur proberen te beschrijven. Je zult waarschijnlijk bij alle drie deze vakken zelf wel iets van onderzoek hebben gedaan. Bijvoorbeeld door het uitvoeren van een practicum en er een verslag over maken. Vaak moet je bij deze vakken:

* Een onderzoeksvraag te bedenken die je zelf interessant vindt.
* Een experiment verzinnen en uit te voeren om deze onderzoeksvraag te beantwoorden.
* Een natuurwetenschappelijk verslag schrijven over het uitgevoerde experiment.
* Een computermodel maken die laat zien wat volgens de theorie het antwoord zou moeten zijn op jouw onderzoeksvraag. Dit gaan we de volgende periode doen.

\*Opmerking: niet alle onderzoeksvragen zijn geschikt om met een computermodel te beantwoorden. Je docent zal je helpen om je onderzoeksvraag zo te maken dat een computermodel ook echt iets toevoegt.

Onderzoeksvragen

Een goede onderzoeksvraag is essentieel voor je onderzoek. Denk hier goed over na. Het moet een vraag zijn waarop een duidelijk antwoord mogelijk is, maar waarvan het antwoord niet triviaal (=zeer voor de hand liggend) is.

**De onderzoeksvraag is goed als:**

*Onafhankelijke variabele: de variabele die je kiest om te gaan veranderen.
Afhankelijke variabele: de variabele die mee verandert als je de onafhankelijke varieert, en die je dus tijdens het onderzoek meet.
Controle variabele: de variabele die je tijdens het onderzoek constant houdt.*

* deze is geformuleerd als een vragende zin (dus met een vraagteken!).
* de vraag een te onderzoeken onderwerp bevat.
* de vraag niet met slechts “ja” of “nee” kan worden beantwoord.
* de vraag niet begint met “Waarom”, maar bijv. met ‘Wat gebeurt er met… als …’, of ‘Wat is de invloed van … op …’ ‘Hoe beïnvloedt de … de…’.
* de vraag vertelt wat je gaat meten (= de afhankelijke variabele).
* de afhankelijke variabele ook echt te meten is.
* er slechts één ding veranderd/aangepast wordt (= onafhankelijke variabele) en de rest hetzelfde blijft (= controle-variabelen).

**Let op: Voor dit project geldt nog een extra eis: De vraag moet met één experiment te beantwoorden zijn. Maak het dus niet te groot.**

### Voorbeelden van niet goede hoofdvragen:

* Kan ik de wrijving op een model-auto meten? (antwoord: ja of nee, einde oefening)
* Is er een verschil tussen het spectrum van een lamp en een TL-buis (antwoord: ja, klaar)
* Hoe werkt een laser? (alleen theorie, direct te 'knippen-en-plakken' uit boek of internet)
* Waarom blijft een vliegtuig vliegen? (waarom-vragen zijn filosofisch)
* Welke klimaatsveranderingen treden er op en hoe komt dat? (te breed)

### De volgende vragen zijn op zich goed, maar niet haalbaar met één experiment:

* Van welke factoren hangt de luchtwrijving op een voertuig af, en wat is het verband tussen elk van die factoren en de grootte van de luchtwrijving?
* Hoe ontwerp ik een vliegtuigvleugel, zo dat een modelvliegtuig ermee kan vliegen?
* Wat is de functie van de REM slaap?
* Wat is het El Niño-effect en welk verband is er tussen dat effect en het optreden van klimaatveranderingen op aarde?

### Experimenteel onderzoek betreft meestal een van de volgende soorten onderzoek:

* onderzoek naar het (kwantitatieve) verband tussen twee grootheden
* onderzoek naar de waarde van een (natuur)constante
* observatie en beschrijving van een (natuur)verschijnsel.

### Je kunt dan denken aan de volgende onderzoeksvragen:

* Wat voor verband is er tussen de druk op een gas en het volume dat het inneemt?
* Welk volume neemt een mol gas bij een druk van één atmosfeer in?
* Wat is de optimum temperatuur van het menselijk speekselenzym amylase?

# Hypothese

Als je een onderzoeksvraag hebt opgesteld is de volgende stap om na te denken wat voor antwoord je verwacht op je vraag. Je begint immers nooit zonder verwachtingen aan een onderzoek. Het is wel belangrijk om goed te beargumenteren waarom je iets verwacht en hiervoor controleerbare bronnen te gebruiken.

**De hypothese is goed als:**

* er beschreven staat wat jij als uitkomst van het onderzoek verwacht.
* deze onderbouwing is gebaseerd op informatie uit tenminste één maar liefst meer controleerbare bronnen.
* de hypothese, waar mogelijk, kwantitatief is.

Na de hypothese volgt altijd een onderbouwing van de hypothese met verwijzingen naar bestaande literatuur (bronnen).

# Hoe maak je een werkplan voor een experiment?

## Inleiding

Voordat je een proef of experiment gaat uitvoeren moet je vaak zelf een werkplan schrijven. In deze werkinstructie wordt uitgelegd waarom dat moet en hoe je dat moet aanpakken.

## Waarom een werkplan?

Als je een eigen proef of experiment gaat doen, moet je eerst een werkplan schrijven. Dit werkplan is noodzakelijk, omdat de docent daarmee kan zien:

1. of jouw proefopzet haalbaar is:
Is de proef op deze manier uit te voeren? Leidt ze op deze manier tot goede resultaten?
2. of je proefopzet veilig is:
Houd je voldoende rekening met de risico’s voor jezelf en anderen?

Het is dus duidelijk dat je werkplan altijd goedgekeurd moet zijn door de docent voordat je aan de uitvoering van je experiment begint!

## Relatie tussen werkplan en verslag

Het werkplan kan later **voor een groot deel** opgenomen worden in het (eind)verslag van het experiment. In ieder geval kun je de *onderzoeksvraag* en *hypothese* letterlijk overnemen in je verslag (die veranderen namelijk niet meer door je onderzoek!). Als je om praktische redenen tijdens de uitvoering van het experiment moest afwijken van je *meetplan* (zie onder) moet dat in het verslag worden aangegeven.

## Aanpak

Voordat je je werkplan opschrijft, moet je eerst (in je logboek of op een kladblaadje) bedenken wát je precies moet gaan doen en hóe je dat moet doen.

Maak daarbij gebruik van de volgende hulpmiddelen:

* de opdracht zelf,
* de theorie die bij de opdracht hoort, de theorie waar de opdracht bij hoort,
* eventuele handleidingen bij apparaten, etc. die je gaat gebruiken,
* de eisen die gesteld worden aan de opzet van het werkplan (zie verderop).

Als je weet wat je gaat doen en hoe je het gaat doen, schrijf je al je ideeën in de vorm van een werkplan uit.

## Opzet werkplan

### Vormgevingseisen

Een werkplan is beknopt geschreven in goed Nederlands: dus geen lange verhalen maar ook geen telegramstijl. Opsommingen mogen wel.

Het werkplan dient er netjes uit te zien: getypt of netjes geschreven op A4-formaat.

Een werkplan bestaat vervolgens uit de volgende onderdelen:

### Onderzoeksvraag

Deze heb je al gemaakt en kan je overnemen.

### Meetplan

Het meetplan beschrijft het experiment dat je gaat uitvoeren en bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Grootheden / handelingen

De grootheden die je tijdens het experiment moet meten en/of de handelingen die je tijdens het experiment moet doen om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden.

Als je de grootheden uit je onderzoeksvraag niet direct kunt meten, maar bepaalt uit andere grootheden geef je bovendien aan van welke formules je gebruik gaat maken

Bij een onderzoek naar het verband tussen twee grootheden geef je aan welke grootheid de onafhankelijke grootheid is (d.w.z. de grootheid waarvan je zelf de waarde verandert) en welke de afhankelijke (dus de grootheid die daardoor mee verandert). Lees voor dit type onderzoek ook goed het volgende hoofdstuk (Hoe toets je het verband tussen twee grootheden).

1. Opstelling en benodigdheden

De meetinstrumenten en andere benodigdheden die je gaat gebruiken om je metingen te doen. Maak een tekening van de proefopstelling!

1. Meetomstandigheden / blanco's

Geef aan welke omstandigheden (grootheden) tijdens het experiment constant moeten blijven, omdat ze anders de uitkomst van het experiment zouden kunnen beïnvloeden. Leg ook uit hoe je ervoor zorgt dat die omstandigheden niet veranderen en hoe je dat controleert.

Beschrijf welke controleproeven (blancoproeven) je gaat uitvoeren.

1. Werkwijze

De werkwijze (methode): een nauwkeurige (liefst stapsgewijze) beschrijving van alle handelingen die je gaat verrichten.

Vermeld hierbij ook hoe je de nauwkeurigheid van de proef zo groot mogelijk gaat maken. Bijna altijd ga je een experiment een aantal maal herhalen. Als resultaat presenteer je dan gemiddelden met de standaard fout (zie hoofdstuk

1. Lege tabellen

Tabellen voor de meetresultaten.

Door die in je werkplan op te nemen verklein je de kans dat je tijdens het meten iets vergeet te noteren.

Maak de tabellen al in de juiste lay out (rijen, kolommen, denk aan grootheden en eenheden)

1. Veiligheid

De eventuele risico’s die voor jezelf of anderen aan het experiment zijn verbonden. Geef aan hoe je die risico’s zo klein mogelijk maakt.

Zie het Voorbeeld van een werkplan op moodle om te zien hoe dit er allemaal in de praktijk uitziet.

# Hoe maak je een tabel?

Waarnemingen tijdens een practicum moeten zoveel mogelijk in een tabel worden gezet.

De reden hiervoor is:

* Een tabel is overzichtelijk
* Van een tabel is eenvoudig een grafiek te maken

Het maken van een tabel gaat in vijf stappen.

### Stap 1: titel

Bepaal de titel van de tabel en zet deze in de kop van de tabel. De titel beschrijft het onderwerp waar de tabel over gaat.

 *voorbeeld*: de slingertijd van een slinger

### Stap 2: kiezen grootheden

Kijk welke grootheden of kenmerken voor het betreffende onderwerp opgenomen moeten worden in de tabel.

 *voorbeeld*: lengte van de slinger, tijd voor 10x slingeren, slingertijd

### Stap 3: aantal kolommen

Bepaal het aantal kolommen uit de gegevens van stap 2, d.w.z. het aantal onderwerpen of kenmerken dat men uit de te maken tabel te weten wil komen.

Een kolom kan zonodig gesplitst worden in meerdere kolommen om bijvoorbeeld herhaalde metingen en gemiddelden naast elkaar te zetten.

*voorbeeld*

* 1e kolom: de lengte van de slinger in cm.
* 2e kolom: de tijd voor 10x heen en weer slingeren in sec. (splitsen in 2x meten + 1x gemiddelde)
* 3e kolom: de slingertijd in sec.

### Stap 4: tekenen tabel

Teken de kolommen. Zet boven elke kolom de grootheid en in welke eenheid de waarden worden vermeld. Zet een dikke lijn onder de tabelkop. Zet ook een dikke lijn tussen de kolommen waarin metingen komen te staan en kolommen die berekend worden.

### Stap 5: invullen gegevens

Vul de gegevens in de tabel in, zodanig dat op één rij gegevens staan die bij elkaar horen.

*Voorbeeld*:

|  |
| --- |
| **De slingertijd van een slinger** |
| Lengte slinger (cm) | Tijd voor 10x heen en weer (s) | Slingertijd (s) |
|  | Meting 1 | Meting 2 | Gemiddeld |  |
| 10 | 6,4 | 6,3 | 6,35 | 0,64 |
| 15 | 7,6 | 7,8 | 7,7 | 0,77 |
| 20 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 0,90 |
| 25 | 10,2 | 9,9 | 10,05 | 1,0 |
| 30 | 10,9 | 11,0 | 10,95 | 1,1 |

# Hoe toets je het verband tussen twee grootheden?

Bij een experimenteel onderzoek zoek je soms naar het (kwantitatieve) verband tussen twee grootheden. Vaak vertonen twee grootheden een wiskundig goed gedefinieerd verband, bijvoorbeeld ‘rechtevenredig’ of ‘omgekeerd kwadratisch evenredig’. Nadat je de metingen hebt gedaan moet je deze analyseren om te zien of er zo’n verband tussen de gemeten grootheden bestaat.

Zet hiertoe de volgende stappen:

(zie ook de tabel op de volgende bladzijde!)

### Stap 1: grafiek

Maak een grafiek van de meetwaarden.

### Stap 2: analyse van de grafiek

Analyseer op grond van deze grafiek welk verband (of welke verbanden) er zou kúnnen bestaan tussen de grootheden (zie tabel verbanden, kolom 3: grafiek)

### Stap 3: testen van het verband

1. Test dit verband (deze verbanden). Je kunt dat op twee manieren doen:
	1. Met behulp van de meetwaarden:
	Bereken voor iedere combinatie van meetwaarden de wiskundige combinatie die voor het gezochte verband constant zou moeten zijn (zie kolom 4: constante) en controleer of die ‘constant’ is.
	2. Met behulp van een getransformeerde grafiek:
	Voer een coördinaten-transformatie uit die bij het gezochte verband hoort (kolom 5: coörd-transf) en controleer of de getransformeerde grafiek een rechte lijn is (1-5: rechte lijn door O; 6+7: rechte lijn, niet door O).

### Stap 4: conclusie

Trek je conclusies: Welk (wiskundig) verband bestaat er tussen de twee grootheden? Wat is de waarde van de ‘evenredigheidsconstante’? Welke wiskundige formule beschrijft het verband tussen de grootheden?

Een overzicht van de meest voorkomende verbanden

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Verband** | **Omschrijving** | **Grafiek** | **Const.** | **Coörd.****transf.** | **Functie +****Bepalen const** |
| 1. | recht evenredig | als x n-keer zo groot wordt, wordt y n-keer zo groot | rechte lijn door O |  | - | c = helling grafiek |
| 2. | omgekeerd evenredig | als x n-keer zo groot wordt, wordt y n-keer zo klein | dalende kromme |  |  | zie 1 |
| 3. | kwadratisch evenredig | als x n-keer zo groot wordt, wordt y n2-keer zo groot | parabool door O |  |  | zie 1 |
| 4. | omgekeerd kwadratisch evenredig | als x n-keer zo groot wordt, wordt y n2-keer zo klein | sterk dalende kromme |  |  | zie 1 |
| 5. | wortel | als x n-keer zo groot wordt, wordt y √n-keer zo groot | stijgende lijn met afnemende helling |  |  | zie 1 |
| 6. | liniair | - | rechte lijn, niet door O | - | - | a = helling grafiekb = snijpunt y-as |
| 7. | - | - | - |  |  | zie 6:a = -1b = c |

# Hoe teken je een (lijn)grafiek?

In dit hoofdstuk staat waar een grafiek aan moet voldoen. Bekijk het filmje achter deze link om te zien hoe je dit met Excel kan doen:

<https://www.youtube.com/watch?v=rr3X-ycjMLo>

Om van een tabel een goede (lijn)grafiek te maken moet je je aan de volgende stappen houden.

### Stap 1: de assen

Op *ruitjes- of grafiekenpapier* teken je twee assen van 10 à 15 cm. Bij elke as schrijf je vervolgens:

* de grootheid die je uitzet (zet de onafhankelijke variabele horizontaal uit, de afhankelijke variabele verticaal)
* de eenheid die je gebruikt
* getallen bij de assen. Kies de getallen zo dat het niet moeilijk is om de meetpunten in te tekenen. De getallen moeten regelmatig oplopen en je moet het grootste gedeelte van de as gebruiken. Zorg dat de getallen bij een lijn staan en niet in het midden van een hokje.

### Stap 2: titel

Schrijf boven de grafiek een titel die aangeeft wat je in de grafiek laat zien.

### Stap 3: meetpunten

Teken de meetpunten in. Denk hierbij aan het volgende:

* Werk nauwkeurig. Het is niet mogelijk om een nauwkeurige grafiek te maken op lijntjespapier.
* Geef de meetpunten aan met duidelijke kruisjes of punten.
* Vaak werk je met gemiddelde waarden en dan moet in grafiek ook de standaard fout worden weergegeven als foutenbalkje.

### Stap 4: lijn

Tenslotte verbind je de meetpunten met een lijn. Let hierbij op de volgende punten:

* De lijn moet vloeiend zijn. Dus je moet niet met een liniaal lijntjes van meetpunt naar meetpunt trekken. Echter, als je (vrij) zeker weet dat de grafiek een rechte lijn moet zijn, teken je met een liniaal de beste rechte lijn door alle meetpunten.
* Een meetpunt dat duidelijk buiten de vloeiende lijn ligt, kan een meetfout zijn. Daarom mogen afwijkende hobbels of knikken alleen worden meegenomen als er meer dan één meetpunt op ligt of als je zeker weet dat er iets bijzonders aan de hand is.
* Nadat je de lijn hebt getrokken moeten de meetpunten nog zichtbaar zijn.

### Aflezen uit een grafiek

* Soms wordt er gevraagd een punt uit de grafiek af te lezen. Geef dan met stippellijnen naar de horizontale en de verticale as aan hoe je dit punt afleest.
* Als je zelf de af te lezen punten moet kiezen: lees dan niet af bij een meetpunt, maar juist tussen twee meetpunten in.
* Het bepalen van een waarde tussen twee meetpunten in, noemen we *interpoleren*. Het bepalen van een waarde vóór het eerste of voorbij het laatste meetpunt heet *extrapoleren*.
Interpoleren is over het algemeen nauwkeuriger dan extrapoleren

# Wordt een gevonden verschil tussen gemiddelden veroorzaakt door toeval?

Verwerking van resultaten, o.a. het berekenen van gemiddelden, de standaard fout van het gemiddelde en het tekenen van grafieken zullen wij vaak uitvoeren met het programma excel. In excel zijn formules aanwezig voor veel berekeningen b.v. het uitrekenen van het gemiddelde kan uitgevoerd worden met de functie =***gemiddelde(matrix) ,*** waarbij matrix de cellen weergeeft met de getallen die gemiddeld moeten worden.

Voor de standaardfout van het gemiddelde is er geen formule in excel aanwezig maar deze kan eenvoudig uitgerekend worden door de volgende formule in te voeren ***=stdev.s(matrix)/wortel(aan getallen***), waarbij matrix de cellen weergeeft met de getallen die gemiddeld moeten worden en aantal getallen geeft het aantal getallen waarmee het gemiddelde berekend is aan. De standaard fout van het gemiddelde geeft de nauwkeurigheid aan van het berekende gemiddelde aan.

Met de t-test kan nagegaan kan worden hoe groot de kans is dat een gevonden verschil tussen de gemiddelden van twee steekproeven veroorzaakt is door toeval.

De kans (probability) dat een verschil tussen twee gemiddelden door toeval is ontstaan, wordt weergegeven als een breuk. Als p = 0.1 dan betekent dat, dat er 10% kans is dat het gevonden verschil door toeval is ontstaan en dus 90% kans dat het een echt verschil is. Omdat ieder verschil, ook al is het nog zo groot, ontstaan kan zijn door toeval, heeft men ergens een kunstmatige grens getrokken.

Als de kans, dat een verschil door toeval ontstaan is, kleiner is dan 5% (p < 0.05), dan noemt men het verschil significant (betekenisvol). Als de kans, dat het verschil door toeval ontstaan is, kleiner is dan 1% (p < 0.01 ) dan noemt men het verschil zeer significant (zeer betekenisvol). De kans op toeval is dan wel erg klein.

* Als je met de t-toets geen significant verschil kan aantonen, dan wil dat nog niet zeggen dat er geen verschil is, maar alleen dat het door jouw onderzoek niet aangetoond is.

Let op !!!!!!!!

* Als je met deze toets wel een betekenisvol (significant) verschil aantoont, dan wil dat alleen maar zeggen dat de kans dat het door jou gevonden verschil door toeval ontstaan is, klein is.

Denk eraan ook al is je steekproef nog zo goed, het gemiddelde en de standaardafwijking zullen altijd afwijken van het gemiddelde en de standaardafwijking van de hele populatie !! (bron: *ww.bioplek.org*).

De t-test is aanwezig in excel bij functies *statistisch*.

Syntaxis

***T.TEST(matrix1;matrix2;zijden;type)*** Met

***Matrix 1:*** meetwaarden van de controlegroep.

***Matrix 2:*** meetwaarden van de proefgroep

***Zijden:*** voor deze waarden vullen jullie altijd 1 in.

***Type:*** waarde 1 of gepaarde t-test d.w.z. je controle en proefgroep bestaan uit dezelfde individuen. Als dit niet het geval is vul je 2 in bij gelijke standaard deviaties en 3 bij verschillende standaard deviaties. Of standaard deviaties verschillen kan nagegaan worden met de F-TEST in excel.

# Hoe schrijf je een practicumverslag?

**Een wetenschappelijk verslag**

In dit hoofdstuk wordt in een drietal delen uitgelegd hoe je tot een goed verzorgd, degelijk wetenschappelijk verslag komt.

In het eerste deel staan wat algemene punten met betrekking tot taalvaardigheid. Wetenschappers praten in een ietwat degelijkere taal dan die je op straat hoort. Deze algemene punten zijn richtlijnen bij het verwerken van je onderzoek in een tekstprogramma.

In het tweede deel staat de algemene indeling van een wetenschappelijk verslag met per onderwerp een aantal deelpunten die eigenlijk altijd aanwezig horen te zijn.

In het derde deel wordt elk onderwerp uit de algemene indeling van een wetenschappelijk verslag toegelicht met richtlijnen en voorbeelden.

**Deel 1: Algemene Richtlijnen**

1. **Neem steeds het standpunt in dat je een verslag schrijft voor een intelligente, onwetende persoon.**

Hiermee wordt bedoeld dat je niet tot in het absurde moet gaan om iets te gaan uitleggen, maar anderzijds niet te veel mag veronderstellen dat een buitenstaander evenzeer op de hoogte is van het onderwerp waar je een verslag van maakt, als jezelf.

Dit is een kwestie van een compromis zoeken tussen bijvoorbeeld:

Te simpel: *“Mijn thesis behandelt de vorm van een vis. Een vis is een dier dat in het water rond zwemt en enkele vinnen heeft. Vinnen zijn aanhangsels dat ze gebruiken om te zwemmen.”*

Te hoog niveau: *“Het onderwerp van mijn thesis behandelt het morfogenetisch aspect van de differentiatie van de musculus sternobranchialis in Pimelodus pictus, in relatie tot de basibranchiale depressie in de regio orbitalis, meer bepaald de neuromusculaire interacties met de nervus glossopharyngeus en de acetylcholine-esterase activiteit na perfusie met malathion."*

1. **Wetenschappelijke tekst wordt zo weinig mogelijk vanuit de eigen persoon geschreven.**

Enkele voorbeelden:

* “Ik heb gevonden dat het ene beest groter is dan het andere.”

Wordt: “De metingen tonen aan dat het ene beest groter is dan het andere.

* “Na toevoeging van stof X zie ik dat er geen reactie optreed.”

Wordt: “Na toevoeging van stof X kon geen reactie worden waargenomen.”

* “Op basis van de tekeningen kan je zien dat ik niet kan tekenen.”

Wordt: “Op basis van de tekeningen kan worden afgeleid dat de grafische capaciteiten niet voldoen.”

1. **Zinnen mogen niet te lang worden gemaakt.**

Een wetenschappelijke tekst leest veel vlotter als de zinnen niet te lang worden gemaakt. Vermijd meer dan twee volwaardige zinnen in één zin.

1. **Als je een groot aantal getallen vermeldt, zet die dan in een tabel of een grafiek.**

Een opsomming van getallen in een doorlopende tekst bevordert het lezen en het begrijpen van een tekst niet.

1. **Probeer eigen afkortingen in alle gevallen te vermijden.**

Het ontcijferen van hiërogliefen is voor andere wetenschappers.

1. **Probeer zo didactisch mogelijk te zijn, dat bevordert het lezen.**

Het invoegen van verduidelijkende figuurtjes in de tekst zijn zeer aangenaam. Niet alleen laten ze de lezer toe beter de tekst te begrijpen, figuren breken ook de bladzijden doorlopende tekst, wat opnieuw het lezen aangenamer maakt. Als je gebruik maakt van figuren die niet in de tekst zelf staan, maar bijvoorbeeld achteraan worden gebundeld, verwijs dan regelmatig in je tekst naar de desbetreffende figuren.

1. **Getallen tot en met tien worden voluit geschreven.**

Dit geldt niet voor nummeringen van bepaalde structuren, bijvoorbeeld: “Op C-5 van de ringstructuur zit een chlooratoom.”

1. **Probeer zoveel mogelijk een rode draad door je verslag aan te houden.**

Dit geldt zowel voor je resultaten als voor de discussie, waarbij moet getracht worden naar een logische opbouw in het verslag. Als je een bepaalde logica volgt in de resultaten, probeer dan enigszins dezelfde logica te volgen in de discussie.

1. **Een wetenschappelijk verslag is géén roman.**

Probeer zo bondig mogelijk een bepaalde probleemstelling te bespreken, zonder in proza te vervallen. Een wetenschappelijke tekst is veelal saai, maar dient ook niet om de lezer te amuseren. Een wetenschappelijk verslag is bedoeld om pure wetenschappelijke bevindingen, tezamen met de interpretaties ervan, over te brengen op een duidelijk, volgbare manier.

1. **Tabellen en grafieken.**
* Alle grafieken, tabellen maar ook fotografische reproducties moeten genummerd zijn in volgorde van voorkomen in het werk. In langere verslagen gebeurt de nummering best met twee cijfers. Het eerste cijfer verwijst dan naar het hoofdstuk van het werk waar ze voorkomen, en het tweede cijfer naar de grafiek, tabel, of formule in volgorde van voorkomen in dat deel van het werk. Bij kortere verslagen volstaat 1 doorlopend cijfer.

Bijvoorbeeld: Tabel 5.3 is tabel 3 van hoofdstuk 5.

* Bij elke tabel of figuur hoort een titel en een legende. Deze moeten voldoende informatief zijn om de tabel of figuur te begrijpen zonder naar bepaalde details te moeten zoeken in de tekst.
* Voor tabellen staat de titel bovenaan en kan onderaan de tabel bijkomende informatie vermeld worden.
* Voor grafieken en figuren staat de titel onderaan samen met de bijkomende informatie.
1. **Illustraties hebben een doel.**

Het heeft geen enkele zin om teksten die men op het internet, in de krant, ... vindt aan het verslag toe te voegen louter ter illustratie.

1. **De weergave van referenties gebeurt volgens een nagenoeg geijkte manier:**

In een wetenschappelijk verslag worden enkel de achternamen van de auteurs van een werk, naar welk men refereert, weergegeven. Dus aansprekingen zoals mr., de Heer of Prof., Dr. Willis worden niet gebruikt. In de tekst zelf wordt de referentie weergegeven van het moment dat je een argument aanbrengt, dat je zelf niet hebt kunnen afleiden uit je eigen onderzoek, maar dat je hebt kunnen halen uit onderzoek van iemand anders. Afhankelijk van het aantal auteurs van een bepaald werk, worden veelal de volgende richtlijnen toegepast:

* Één auteur:

“stelling/argument uit een artikel (Auteur, jaartal)”

* Twee auteurs:

“stelling/argument uit een artikel (Auteur 1 en Auteur 2, jaartal)”

* Meer dan twee auteurs:

“stelling/argument uit een artikel (Auteur 1 et al., jaartal)”

Bijvoorbeeld:

“onderzoek toonde aan dat de roze olifanten groter worden dan de gele (Livingstone en Porter, 1935).”

**Deel 2: Algemene Opbouw**

De opbouw van een wetenschappelijk verslag is in te delen in de volgende hoofdstukken.

1. Titel
2. Inleiding

Hierin komen de hieronder staande onderdelen aan de orde.

* 1. Theoretisch kader
	2. Onderzoeksvraag
	3. Hypothese
	4. Onderbouwing hypothese
	5. Belang van het onderzoek voor de wetenschap/samenleving

Deze onderdelen moeten in deze volgorde in inleiding aan de orde komen zonder dat je daarbij aparte kopjes maakt.

1. Materiaal en methoden
	1. Materiaal
	2. Methode

Appart kopje boven deze twee onderdelen.

1. Resultaten
	1. Tabellen en/of grafieken
	2. Begeleidende tekst
2. Discussie
	1. Interpretatie van de resultaten
	2. Foutendiscussie

Als een verhaal zonder apparte kopjes

1. Conclusie
	1. Zeer bondige samenvatting
	2. Hypothese bevestigd/verworpen
	3. Mogelijke vervolgonderzoeken

Als een verhaal zonder aparte kopjes.

1. Literatuur en referenties

**Deel 3: Toelichting per hoofdstuk**

**Titel:**

De titel geeft een overzicht over het gehele verslag in één zin, waarin het liefst de methode/apparatus is verwerkt. Dit heeft als doel dat wetenschappers met een vergelijkbaar onderzoek jouw verslag makkelijk kunnen vinden in een database. Dit kan er toe leiden dat de titel een vrij lange zin is. Een goede titel is eigenlijk niets meer dan de onderzoeksvraag maar dan niet in vraagstelling.

Bijvoorbeeld:

* De bepaling van de zuurgraad van citrusvruchten door middel van volumetrische titratie
* Bepaling van de wrijvingscoëfficient van H0 modeltreinen op H0-spoor bij een helling van 30 oC.

**Inleiding:**

Het belangrijkste doel van de inleiding is dat het voor de lezer duidelijk wordt op grond waarvan de onderzoeksvraag en de hypothese zijn opgesteld. De onderzoeksvraag en de hypothese moeten dus een logisch gevolg zijn van wat in de inleiding besproken wordt. Dat betekent dat je de theorie behandelt die je in de literatuur hebt gevonden en die slaat op jouw onderzoek. De theorie moet wel beknopt en ter zake zijn.

Onderzoeksvraag: Wat je onderzoekt in een vraagstelling. De onderzoeksvraag is ondubbelzinnig en beperkt zich tot één probleem (één variabele). In een goede onderzoeksvraag staat altijd waar het om gaat, welk materiaal er wordt gebruikt en welke variabele er wordt onderzocht.

Bijvoorbeeld:

* De invloed van de temperatuur op de reactiesnelheid tussen calcium en water.
	+ Waar gaat het om: reactiesnelheid.
	+ Welk materiaal wordt er gebruikt: Calcium en water
	+ Welke variabele: Temperatuur

Hypothese: Een hypothese is een andere benaming voor ‘verwachting’ of ‘veronderstelling’. In een hypothese voorspel je wat het antwoord op je vraagstelling zou kunnen zijn. Omdat je na je onderzoek je hypothese moet kunnen bevestigen of verwerpe, is het belangrijk dat de hypothese stellig is en de begrippen eenduidig zijn.

Bijvoorbeeld:

* Bij een lagere bewaartemperatuur behoudt een grapefruit een hoger vitamine-C gehalte.

Volgend op je hypothese geef je ook een toelichting of een mogelijke verklaring. Een mogelijke toelichting op de voorgaande hypothese zou dan kunnen zijn: ‘Bij een lagere temperatuur verlopen reacties langzamer. Bij een lagere temperatuur zal het vitamine C gehalte daarom minder snel dalen’.

**Materiaal en methode**

Hier worden alle methodes en technieken vermeld en kort besproken. Deze tekst wordt zodanig opgesteld dat iedereen in staat is om na het lezen van deze sectie hetzelfde experiment uit te voeren. Met ‘iedereen’ bedoelen we dan wel een lezer met een vergelijkbaar kennis-niveau.

Materiaal: Hier noteer je puntsgewijs welke materialen je gebruikt hebt voor je experiment: practicummaterialen, glaswerk, hoeveelheden, concentraties, gebruikte (meet)apparatuur enzovoort.

Methode: Hier beschrijf je nauwkeurig wat je gedaan hebt. Probeer het kort en bondig te houden zonder vitale informatie weg te laten.

Te veel info: *“Bij volumetrische titratie gebruik je een buret. De buret is een lange, verticaal glazen buis met een kraantje onderaan. Bovenin wordt met een trechter wat 0,1 M natronloog in de buret gevoegd. Om geen tegendruk te krijgen moet de trechter iets omhoog gehouden worden tijdens het schenken van de natronloog. De buret moet tot bovenaan gevuld worden.”*

Kort en bondig: *“Bij een volumetrische titratie wordt een buret gebruikt. In dit experiment wordt als titrant 0,1 M natronloog gebruikt.”*

**Resultaten**

Hier moeten de verwerkte ruwe data worden weergegeven op een gestructureerde en duidelijk volgbare manier. Indien met veel getallen wordt gewerkt, zijn hier het gebruik van tabellen en grafieken noodzakelijk.

Elke grafiek of tabel krijgt een duidelijke titel en een legende zodat de lezer weet welke informatie in de tabel of grafiek vermeld staat. Bij de tabellen hoort ook een begeleidende tekst. Hierin beschrijf je wat er in de tabel en/of grafiek staat en wat de opmerkelijke punten zijn. De beschrijving van een tabel/figuur komt altijd vóór de eigenlijke tabel/figuur.

In deze sectie worden alleen zuivere resultaten/metingen weergegeven, zonder dat er ook maar één interpretatie of conclusie aan wordt verbonden. Tracht wel steeds de rode draad van het verhaal aan te houden.

Voorbeeld van een stukje resultaat en een tabel:

In figuur 1 is te zien dat de afname van de hoeveelheid vitamine C (mg/100g) sneller gaat bij een hogere bewaartemperatuur. De afname gaat bij alle bewaartemperaturen tot een bewaarduur van 7 dagen steeds sneller en daarna naar verloop van tijd steeds langzamer. Bij een bewaartemperatuur van 2°C is het vitamine C gehalte na 11 dagen met 66% afgenomen en bij een bewaartemperatuur van 8°C zelfs met 96%.

*Tabel 1. De hoeveelheid vitamine C in een grapefruit na verschillende bewaartijden bij verschillende bewaartemperaturen.*

|  |  |
| --- | --- |
| bewaartemperatuur (°C) | vitamine C (mg/100g) |
|  | startmeting | dag 1 | dag 3 | dag 5 | dag 7 | dag 9 | dag 11 |
| 2 | 50 | 49 | 45 | 40 | 32 | 23 | 17 |
| 4 | 51 | 48 | 43 | 35 | 24 | 14 | 10 |
| 6 | 49 | 46 | 40 | 31 | 14 | 8 | 5 |
| 8 | 50 | 44 | 34 | 22 | 5 | 3 | 2 |

Dus verwijs in de tekst naar de tabel, beschrijf de opvallende dingen en trek geen conclusies zoals: ‘*Dat de hoeveelheid vitamine C bij een hogere temperatuur afneemt, heeft te maken met een …….*

Voorbeeld van een stukje resultaat en een grafiek:

In figuur 1 is te zien dat de afname van de hoeveelheid vitamine C (mg/100g) sneller gaat bij een hogere bewaartemperatuur. De afname gaat bij alle bewaartemperaturen tot een bewaarduur van 7 dagen steeds sneller en daarna naar verloop van tijd steeds langzamer. Bij een bewaartemperatuur van 2°C is het vitamine C gehalte na 11 dagen met 66% afgenomen en bij een bewaartemperatuur van 8°C zelfs met 96%.

**

***Figuur 1.*** *De afname van de hoeveelheid vitamine C (mg/100g) in een grapefruit bij verschillende bewaartemperaturen.*

Geef in het verslag niet beide (tabel en grafiek) weer. Vaak verdiend een grafiek de voorkeur omdat deze de gegevens overzichtelijker weergeeft (tabel dan in de bijlage vermelden). Moet bij de hierboven gepresenteerde gegevens in het verslag de tabel of de grafiek weergegeven worden?

**Discussie**

In dit onderdeel worden de resultaten geïnterpreteerd. De discussie bestaat inhoudelijk uit twee delen en is wellicht het belangrijkste onderdeel van het verslag.

* Verklaring / interpretatie van de resultaten
* Foutenanalyse

In de interpretatie van de resultaten ga je de resultaten vergelijken met gegevens uit de literatuur en/of gegevens van andere klasgenoten. Bij het vergelijken van resultaten maakt men gebruik van de centrummaten en spreidingsmaten (gemiddelde, mediaan, standaard deviatie ..).

Het gaat er in deze sectie dus feitelijk omdat je de ‘kale’ resultaten gaat ordenen, samenvatten, vergelijken, verklaren, enzovoort.

In de foutendiscussie maak je een analyse van eventueel gemaakte fouten. Wees hier eerlijk en duidelijk over. Bedenk wel dat er verschil is tussen ‘echte fouten’ en ‘domme fouten’. Echte fouten zijn fouten die je niet had kunnen voorkomen. De nauwkeurigheid van gebruikte meetapparatuur is bijvoorbeeld beperkt.

Domme fouten zijn fouten die al tijdens het verzamelen van de resultaten opgemerkt hadden kunnen worden. Zaken als “We hebben de thermometer per ongeluk op zijn kop in de vloeistof gehangen en daardoor niks gemeten” of “mijn goudvis heeft het briefje met meetgegevens opgegeten” worden niet gezien als een geldig excuus. In zulke gevallen had je het onderzoek opnieuw moeten uitvoeren.

Bespreek welke invloed de fouten hebben op de betrouwbaarheid van je resultaten en wat de gevolgen hiervan zijn voor de rest van de discussie en de (hierop volgende) conclusie.

**Conclusie (mag in de discussie opgenomen worden)**

In deze laatste paragraaf wordt de verworven kennis door het experiment dat in het verslag beschreven staat bondig samengevat samen met de voornaamste conclusies.

Hier geef je antwoord op de onderzoeksvraag. Herhaal de hypothese en geef aan of deze (achteraf gezien) bevestigd of verworpen moet worden. Hou hierbij rekening met de fouten die je gemaakt hebt zoals beschreven in de discussie.

Er kunnen ook suggesties gedaan worden tot verbetering van het experiment.

**Nawoord (is niet verplicht)**

Hier kun je **eventueel** nog belangrijke dingen kwijt die je niet ergens anders in het verslag hebt kunnen vermelden.

Geef bijvoorbeeld aan hoe de fouten (die je besproken hebt in de discussie) bij een herhaling van het onderzoek kunnen worden voorkomen.

Bijna elk onderzoek roept nieuwe onderzoeksvragen op. Je kunt hier aangeven welk vervolgonderzoek zou kunnen worden verricht.

Je kunt hier mensen (van buiten school) bedanken die meegeholpen hebben met je onderzoek.

**Literatuur en referenties**

In het verslag moet informatie van anderen gebruikt worden en daar dien je naar te verwijzen. Je doet dit zowel in de tekst van je verslag, als ook in dit hoofdstuk ‘Literatuur’. Het vermelden van de bron is aan regels gebonden. De bedoeling hiervan is dat een lezer de gebruikte bron(nen) kan terugvinden.

Stel, je gebruikt in je verslag bijvoorbeeld gegevens uit het boek "Solar havo bovenbouw deel 1". Op pagina 99 heb je gelezen over Pasteur die heeft bewezen dat bederf en gisting van voedingswaren wordt veroorzaakt door micro-organismen. Je hebt ook op internet gezocht en je wilt ook informatie gebruiken van een site over voedsel van Wageningen Universiteit.

Als je deze informatie in jouw verslag hebt vermeld (bijvoorbeeld in de inleiding), dan schrijf je daarachter, tussen haakjes, de achternaam van de (eerste) auteur, een komma en het jaartal van de publicatie.

Verwerk de informatie uit andere bronnen bij voorkeur in eigen zinnen. Je mag de informatie desnoods wel letterlijk citeren, maar dan moet het hele citaat duidelijk als aparte alinea tussen aanhalingstekens staan.

In de literatuurlijst noteer je in onderstaande, vaste volgorde:

* achternaam van de auteur, gevolgd door zijn/haar voorletter(s); (kan ontbreken bij internet bron)
* voorletter(s) en achternaam van eventuele medeauteur(s); (kan ontbreken bij internet bron)
* jaartal van de publicatie (tussen haakjes); (kan ontbreken bij internet bron)
* titel van boek, artikel of internetpagina; (kan ontbreken bij internet bron)
* uitgever of organisatie, gevolgd door de plaats waar de uitgeverij of organisatie is gevestigd; (kan ontbreken bij internet bron)
* ISBN of volledig adres van de internetsite. (ontbreekt bij artikel uit tijdschrift)
* Bij boek of tijdschrift worden de gebruikte pagina’s weergegeven: Boek pp 304-328, Artikel 1089-1113.

Noteer de geraadpleegde literatuur in de literatuurlijst op alfabetische volgorde van de achternaam van de (eerstgenoemde) auteur.

Een voorbeeld van een stuk uit een verslag, waarbij de literatuurverwijzing correct is toegepast:

Inleiding

Voedingswaren kunnen bederven. Al lang geleden kreeg men in de gaten dat bederf tegengegaan kan worden door het voedsel af te sluiten van licht, lucht en vocht. Al drieduizend jaar voor onze jaartelling conserveerden de Egyptenaren hun voedsel bijvoorbeeld met olie en zout. Men wist toen alleen nog niet wat de oorzaak is van voedselbederf (Schoustra, 1998.).

Pas veel later heeft de Franse chemicus Louis Pasteur bewezen dat voedselbederf veroorzaakt wordt door micro-organismen (Ewijk et. a.l, 1989).

Er is op school een experiment gedaan, waarbij …

…

Literatuur

Ewijk, T. van, H. Driessen, C. de Goeij, J. Paalman, K. Ris, L. Sevenster-van der Lelie, D. Staal, H. de Vries (1998): Solar algemene natuurwetenschappen; havo bovenbouw deel 1. Wolters-Noordhoff, Groningen. isbn 90 01 49951 1. pp 101-103

Schoustra, S. (1998): Voedselnet: Historie levensmiddelentechnologie; Historisch overzicht en introductie tot levensmiddelenmicrobiologie. Wageningen Universiteit, Wageningen. http://www.voedsel.net/themas/micro.htm.

Wellicht ten overvloede een voorbeeld van een niet-correcte literatuurverwijzing:

Literatuur

Schoolboek ANW Havo deel 1;

Internet: [www.google.nl](http://www.google.nl).

Je mag ook werken met een genummerde literatuurlijst. Hierbij verwijs je in de tekst naar een bron door het nummer van de bron tussen rechte haken te plaatsen.

# Feedback

Onderzoek is iets wat je meestal alleen of in kleine groepjes doet. Het nadeel daarvan is dat je soms ‘blinde vlekken’ ontwikkeld. Dat wil zeggen dat je bepaalde zwakke punten in je onderzoek zelf niet meer ziet, omdat je er zo intensief mee bezig bent. Daarom zoeken onderzoekers elkaar vaak op in groepen, om elkaar feedback te kunnen geven op elkaars werk.

Jullie opdracht is nu om met twee andere groepen bij elkaar te gaan zitten. Om beurten geeft een tweetal een korte samenvatting van het door hen geschreven onderzoeksplan. De andere twee groepjes luisteren en proberen kritische vragen te stellen.

## Feedback geven

Let bij het stellen van vragen op het volgende:

* Je doet dit om elkaar te helpen. Wordt dus niet persoonlijk (‘Wat hebben jullie dit slecht gedaan!’) en wees niet onnodig negatief (‘Dit gaat volgens mij nooit lukken.’). Probeer opbouwende kritiek te leveren (‘Het zit goed in elkaar, maar als je dit nog aanpast wordt het volgens mij nog beter).
* Luister goed naar elkaar. Probeer niet te snel met advies te komen. De kans bestaat dat je zelf nog niet goed begrepen hebt hoe het onderzoek in elkaar steekt. Probeer om, voordat je advies geeft, eerst kort samen te vatten wat je gehoord hebt (‘Dus als ik het goed begrijp zit het zo…..’).

## Feedback ontvangen

Bij het ontvangen van feedback is het belangrijk dat je je realiseert dat je commentaar krijgt om te zorgen dat je voorstel beter wordt. Schiet dus niet te snel in de verdediging. Het kan zijn dat de vragensteller een punt heeft waar je simpelweg nog niet aan hebt gedacht.

Heb jullie als groepje een eigen onderzoeksvoorstel moeten opstellen wissel dit dan uit met een ander groepje en geef elkaar feedback zoals dat hierboven beschreven staat.

Als de groepjes in de klas ieder een eigen practicum hebben uitgevoerd wissel dan het verslag uit en geef elkaar feedback zoals dat hierboven beschreven staat.

Wordt door alle groepjes hetzelfde practicum uitgevoerd let dan echter heel goed op dat er geen plagiaat gepleegd wordt.