

1.3 Wat is stroom?

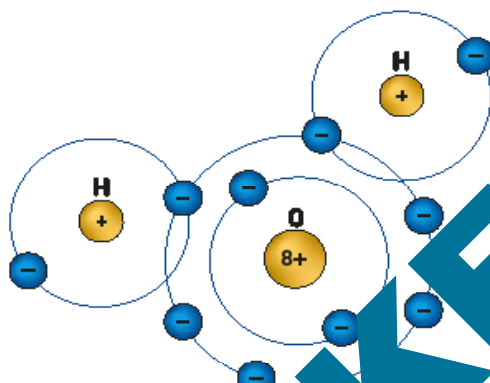
Moderne windmolens zetten windenergie om in elektrische energie. Deze elektrische energie gebruiken we meestal in de vorm van *stroom* uit het stopcontact. Om te begrijpen wat stroom is, moet je eerst weten wat atomen zijn.

Atomen kun je zien als de bouwsteentjes waaruit alles in het heelal is opgebouwd. Iedere steen, ieder mens en iedere plant bestaat dus uit atomen.

Atomen zijn super klein –ongeveer een miljoen keer kleiner dan een millimeter!–, maar ze zijn opgebouwd uit nog kleinere deeltjes. Deze deeltjes heten neutronen, protonen en elektronen.

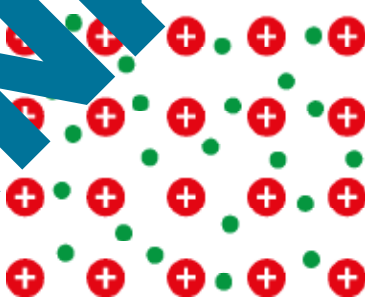
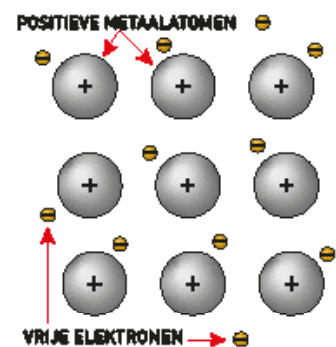


Ieder atoom heeft een kern. Hierin zitten protonen en neutronen. Deze kern is positief geladen. Daaromheen draaien de negatief geladen elektronen heel snel rond. Positieve en negatieve lading trekken elkaar namelijk aan. Gelijke ladingen stoten elkaar af.



Atomen vormen ook samen moleculen. Hieronder zie je een watermolecuul. Dit molecuul bestaat uit 2 waterstofatomen en 1 zuurstofatoom. Het symbool voor een waterstofatoom is H. Het symbool voor een zuurstofatoom is O.

In metalen vormen atomen geen moleculen, maar een *metaalrooster*. In een metaalrooster liggen de metaalatomen allemaal netjes in een rijtje naast elkaar.



In metalen draaien ook niet alle elektronen om de kern van hetzelfde atoom. Deze elektronen noem je *vrije elektronen*. Vrije elektronen springen heen en weer tussen verschillende atomen en kunnen zichzelf zo over grote afstanden verplaatsen.

Metalen en andere stoffen met vrije elektronen, zoals zout zeewater, noem je *geleiders*. De beste geleiders zijn de metalen koper, goud en zilver. Materialen zonder vrije elektronen noem je *isolators*.

Plastic is een hele goede isolator. De lucht om ons heen is meestal ook een isolator. Alleen in hele bijzondere omstandigheden, zoals bij bliksem, kan lucht wel een geleider worden.

Stroom

Als de vrije elektronen in een geleider één richting op bewegen, noemen we dat *stroom*. Stroom bestaat dus uit bewegende elektronen. Deze bewegende elektronen leveren de energie die nodig is om een elektrisch apparaat zoals een lamp of je pc laten werken.



Omdat koper zo'n goede geleider is, wordt stroomdraad van koper gemaakt. Omdat plastic een hele goede isolator is waar elektronen niet doorheen kunnen, zit er een plastic laagje omheen.

Elektrische spanning

De vrije elektronen in een geleider gaan niet uit zichzelf één kant op stromen. Hiervoor is *elektrische spanning* nodig. Elektrische spanning zorgt er dus voor dat de vrije elektronen gaan springen van het ene naar het andere atoom. Zo ontstaat er stroom.

Deze elektrische spanning wordt meestal geleverd door een spanningsbron.

Voorbeelden van een spanningsbron zijn een batterij, een accu en een stopcontact.

De hoeveelheid elektrische spanning die een spanningsbron levert wordt gemeten in de eenheid Volt. Op een stopcontact staat een spanning van ongeveer 230 Volt, op een accu meestal 12 Volt en op batterijen 1,5 Volt.



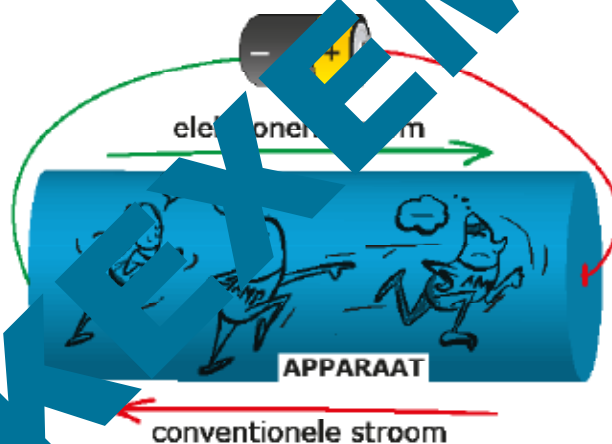


De elektronen stromen altijd van de minpool naar de pluspool van een spanningsbron. Bij de minpool zijn er teveel elektronen. Bij de pluspool zijn er juist te weinig, dus daar willen ze graag naartoe. Hoe hoger de spanning, hoe sneller ze van min (-) naar plus (+) stromen.

Let op: De elektronen in een stroomkring bewegen van de min (-) naar de plus (+), maar de *stroom* loopt van plus (+) naar de (-). De richting van de stroom is dus *tegengesteld* aan de richting van de elektronen.

De reden hiervoor is dat al afgesproken was dat stroom van plus (+) naar (-) loopt, vóórdat bekend werd dat stroom bestaat uit negatief geladen elektronen die van min (-) naar plus (+) stromen.

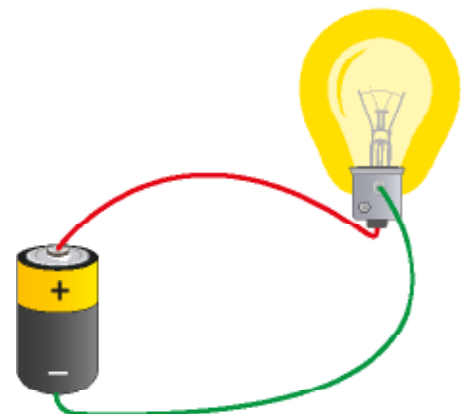
De stroom die van plus (+) naar min (-) loopt wordt ook wel de *conventionele stroom* genoemd. In het woord conventioneel zit namelijk het woord conventie. Conventie betekent afspraak.

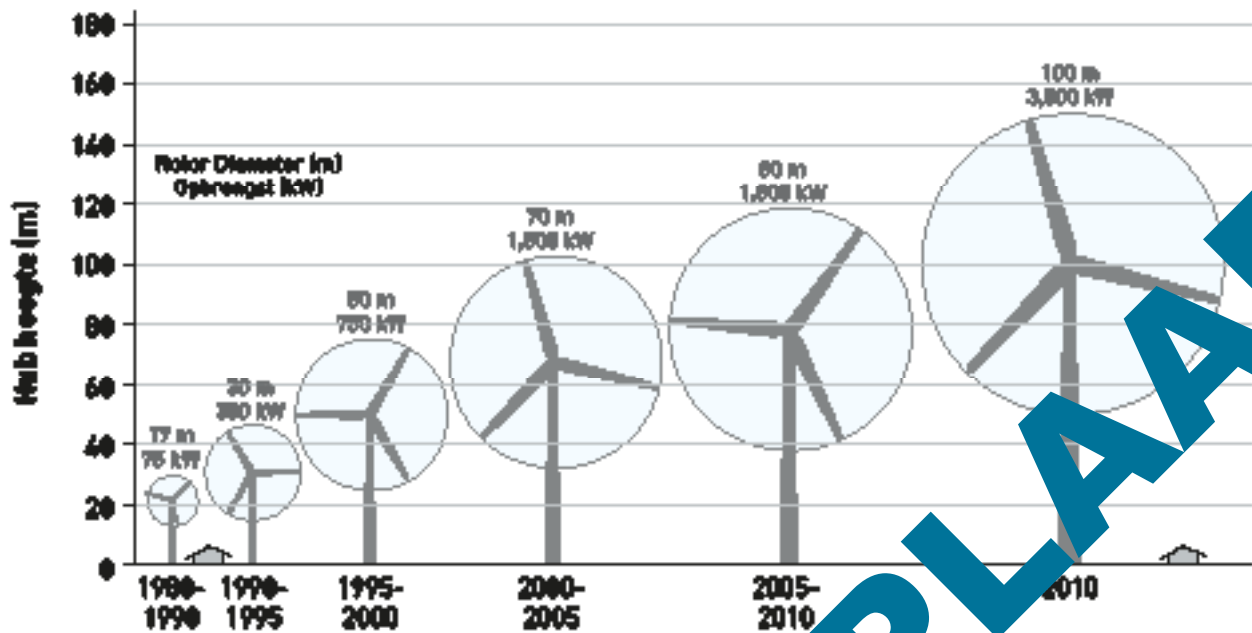


Gesloten stroomkring

Om een apparaat te laten werken heb je behalve elektrische spanning ook een gesloten stroomkring nodig. Een gesloten stroomkring is cirkel van stroomdraden waar de elektronen doorheen stromen.

Zolang de cirkel gesloten is, kunnen de elektronen namelijk niet ontsnappen en blijven ze steeds in hetzelfde kringetje ronddraaien. Hierdoor blijven de elektronen door de spanningsbron en door het apparaat stromen en blijft het apparaat werken.

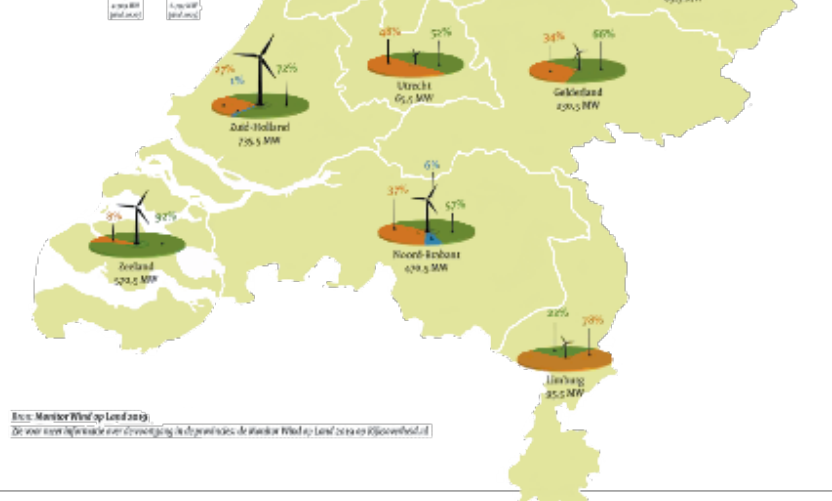
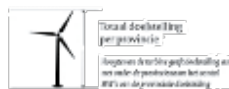
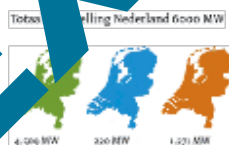




Om de klimaatverandering tegen te gaan, is het belangrijk om er steeds meer groene energie zoals windenergie wordt opgewekt. Hieronder zie je hoeveel windenergie per provincie al wordt opgewekt en hoeveel er nog bij moet komen.

Zoals je ziet wordt in de provincies aan de kust van de Noordzee en het IJsselmeer de meeste windenergie opwekt. komt doordat het hier vaak en harder waait en doordat er op de kust en op zee meer ruimte is.

Wind op land - Toekomstige doelstelling 2020.



Bron: Minister Wind op Land 2019. De voor meer informatie over de realisatie van de provincies de Minister Wind op Land 2019 en 2020.

Vragen

Lees de tekst goed door. Maak daarna de vragen.

21	Hoe noem je de hoeveelheid elektrische energie die een windturbine per seconde opwekt?
22	Wat betekent mega?
23	Wat is het gemiddelde vermogen van windmolens op land?
24	Wat is het gemiddelde vermogen van een windturbine op zee?
25	Voor hoeveel gezinnen wekt één windturbine op zee genoeg stroom op?

1.6 Ontwerp van de wieken (blade design)

Behalve de windkracht speelt ook het ontwerp van de wieken een hele belangrijke rol bij het vermogen van windturbines. Het ontwerp van de wieken noem je in windturbinetaal: *blade design*.

Bij blade design zijn verschillende dingen belangrijk, zoals:

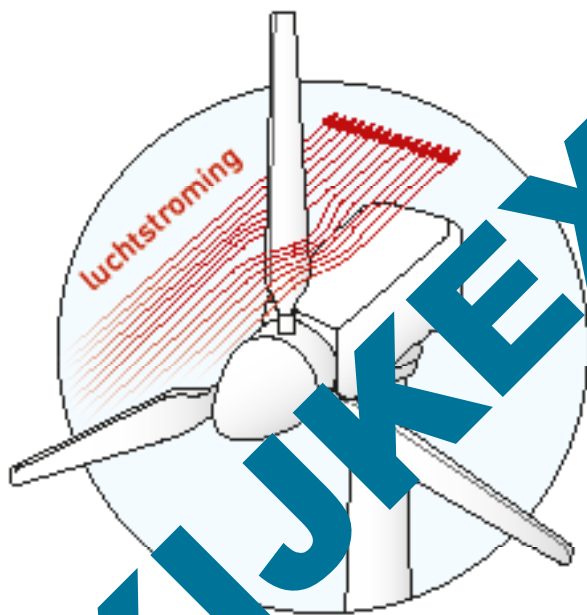
- De vorm van de blades.
- Lengte van de blades.
- Stelling van de blades (=pitch).
- Het materiaal van de blades.
- Het aantal blades



Vorm

De vorm van de blades (=wieken) van moderne windturbines lijkt erg op vliegtuigvleugels. Deze bolle vorm heeft twee grote voordelen:

- Meer liftkracht.
- Minder luchtweerstand.



Lift betekent optillen. Door de bolle vorm van de blades van moderne windturbines wordt de liftkracht groter. Hierdoor zijn dit soort windturbines efficiënter. Dit betekent dat een groter deel van de windenergie kunnen omzetten in elektrische energie.

In windturbinetaal gebruik je vaak het Engelse woord voor luchtweerstand: *drag*. Luchtweerstand ontstaat als een voorwerp door de lucht beweegt. De bolle vorm verkleint de luchtweerstand van de blades. Hierdoor worden ze minder afgeremd.

Pitch

Met pitch wordt de stand van de blades bedoeld. Hierbij wordt iedere blade om zijn eigen as gedraaid. In grote windturbines zitten hiervoor speciale pitch motoren.

De pitch van de blades heeft invloed op de hoeveelheid luchtweerstand. In hoofdstuk 7 gaan jullie zelf experimenteren met pitch. Hierbij zetten jullie de blades zelf met de hand in de juiste stand door ze rond hun as te draaien, in plaats van met een pitchmotor.

Materiaal

Net zoals bij vliegtuigvleugels is het belangrijk dat de blades van windturbines licht én sterk zijn. Hoe licht en sterk ze zijn, hangt onder andere van het gebruikte materiaal.

Vroeger waren de blades van windturbines vaker gemaakt van hout en daarna van aluminium. Het nadeel van hout is onder andere dat het vaak zwaarder is dan metaal.

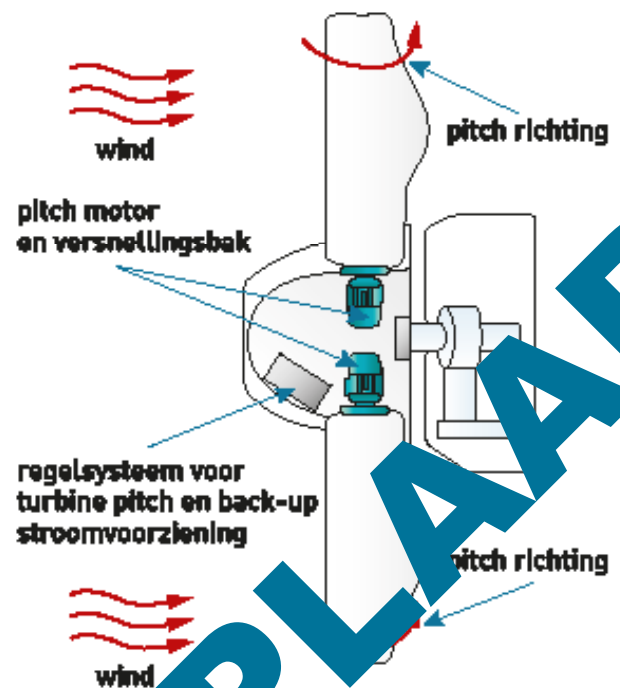
Aluminium is lichter, maar gaat ook met de tijd mee. Metaal kan namelijk last krijgen van metaalmoeheid. Dit betekent dat het metaal stuk gaat onder te veel kracht op staat.

In hoofdstuk 11 gaan jullie zelf experimenteren met blades van verschillende materialen.

Lengte

Over het algemeen geldt: hoe langer de wieken van een windturbine, hoe hoger het vermogen. Een windturbine met blades van 100 meter kan zelfs twee keer zo veel energie opwekken als een windturbine met blades van 50 meter.

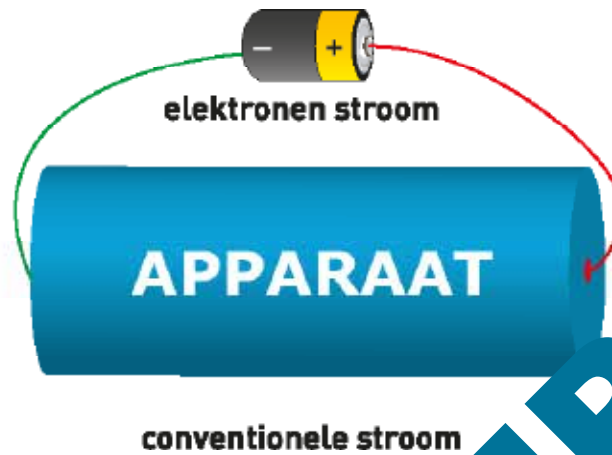
Hier zitten wel grenzen aan. Het materiaal moet sterk genoeg zijn om de blades zo lang te maken. Er moet ook genoeg wind en genoeg ruimte ze te laten draaien en de overlast mag niet te groot worden. Daarom vind je extreem grote windturbines vooral op zee.



Kleine blades van metaal

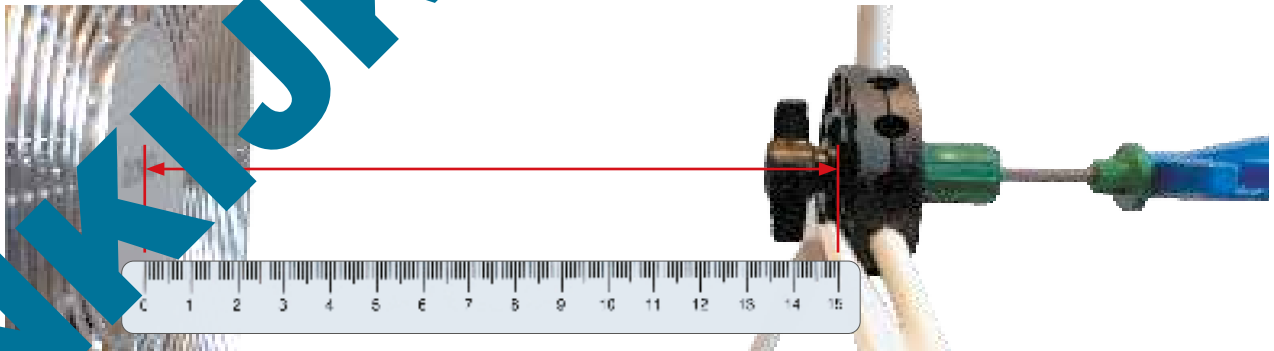
5. Hieronder zie je nog een keer dezelfde stroomkring. In welke richting gaat de stroom? Noteer dit bij de juiste pijl.

Tip: De stroom in een stroomkring gaat van plus (+) naar min (-).



Stappenplan deel 2. De praktijk: draairichting van de turbine

1. Zet de windturbine en de ventilator voor jullie op de werktafel. Zorg ervoor dat de tafel verder leeg is!
2. Zorg ervoor dat de hub van de windturbine en de hub van de ventilator op gelijke hoogte komen te staan. Vaak zal de ventilator lager zijn dan de windturbine. Om de ventilator hoger te zetten, kunnen jullie bijvoorbeeld dikke boeken of plastic kratjes gebruiken.



Zorg ervoor dat de afstand tussen de hub van de windturbine en de hub van de ventilator 15 cm is. Meet dit op met een liniaal.

4. Zet allemaal je veiligheidsbril op. Schakel de ventilator nu in op laagste stand. Als de rotor niet gaat draaien, zet de ventilator dan in de middelste stand. Roep de hulp in van je docent als de rotor dan nog niet gaat draaien. Ga zodra de rotor draait door naar stap 5.



5. Kruis hieronder aan in welke richting de rotor van de voorkant van de windturbine gezien draait. De voorkant van de windturbine is de kant waar de rotor zit. Aan de achterkant zit de generator met de stroomdraden.



Van de voorkant van de windturbine gezien draaien de rotorblades bij ons:

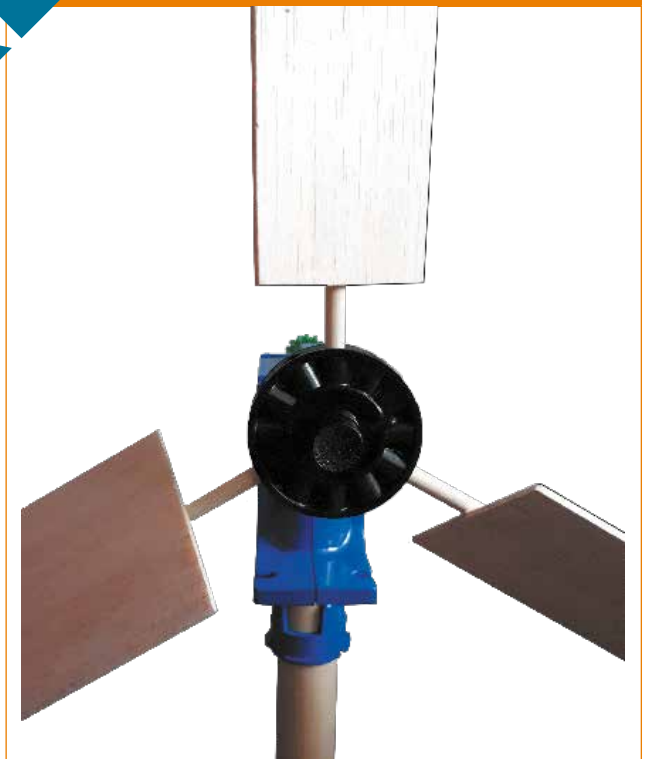
- ☐ Met de klok mee (rechtsom).
☐ Tegen de klok in (linksom).

6. Kruis nu hieronder aan welke kant de rotorblades bij je staan. Zoals je hieronder ziet kunnen de naar rechts of naar links gericht zijn:

Rotorblades naar links gericht



Rotorblades naar rechts gericht



De rotorblades staan bij ons:

- ☐ Naar links gericht.
☐ Naar rechts gericht.

7. Jullie gaan de blades nu de andere richting op zetten. Dit betekent dat je de blades nu naar rechts zet als ze eerst naar links gericht stonden en dat je ze nu naar links zet als ze eerst naar rechts gericht stonden.

Zet de blades nu de andere richting op door aan de as (=het houten stokje) te draaien. Draai hiervoor zo nodig eerst de zwarte draaiknop op de hub wat losser (=linksom draaien). Hierdoor komen de blades ook losser te zitten



Als de blades nog te vast zitten, draai de zwarte draaiknop wat meer los. Draai als jullie alle de blades de andere kant op hebben gezet de zwarte draaiknop weer naar rechts. Zo zet je de blades weer goed vast.

8. Alle blades zijn nu de andere kant op gezet. Dus: naar links als ze eerst naar rechts stonden en naar rechts als ze eerst naar links stonden.

Wat denken jullie dat er nu gaat gebeuren met de draairichting van de rotor als je de ventilator weer aanzet? In je verwachting noem je een hypothese.

Mijn hypothese:

Nu de blades de andere kant op staan, verwacht ik dat de rotor:

- ☐ De zelfde kant op gaat draaien als eerst
- ☐ De andere kant op gaat draaien.

9. Zet de ventilator weer in de laagste stand of zo nodig in de middelste stand als de rotor nog niet gaat draaien. Roep de hulp in van je docent als de rotor dan nog niet draait.

Welke kant draait de rotor nu op?

- ☐ Dezelfde kant op als eerst.
- ☐ De andere kant op.

10. Was je hypothese wel of niet juist?

- ☐ Mijn hypothese was juist.
- ☐ Mijn hypothese was niet juist. Ik denk dat dit komt doordat: _____
- _____
- _____

Laat de windturbine zo staan en ga nu door met deel 3.

Stappenplan deel 3. De praktijk: Een lampje laten branden.

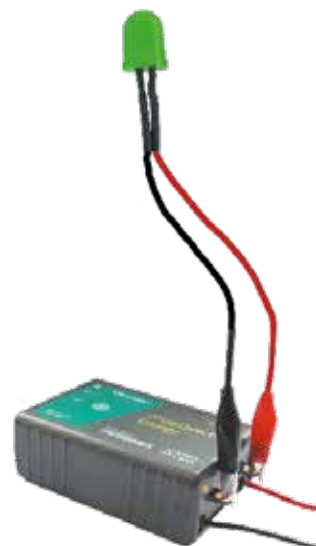
1. Verbind eerst de Energy Sensor draadloos of met de USB-kabel met je computer.
2. Verbind nu de Energy Sensor met de windturbine. Verbind hiervoor eerst de rode draad van de generator met de rode draad van de Energy Sensor. Dit gaat heel handig met het klemmetje.

Verbind daarna de zwarte draad van de Energy Sensor met de zwarte draad van de windturbine. Ook hiervoor gebruik je weer het klemmetje.

4. Zet de schakelaar van de Energy Sensor in de juiste stand. Je kan kiezen uit *Internal 20 Ω load* en *external load*. Kies voor *external load*.
5. Verbind nu het ledlampje óf de Sound and Light-board met de Energy Sensor. Gebruik hiervoor de rode en de zwarte draad in de klemmetjes.

Verbind eerst de rode draad van het ledlampje met de rode draad met het klemmetje. Verbind daarna het klemmetje aan de rechteruitgang van de Energy Sensor, waar ook de rode draad zit die naar de windturbine gaat. In de afbeelding hiernaast zie je hoe dit werkt.

Verbind daarna de zwarte draad van het ledlampje aan de zwarte draad met het klemmetje. Verbind daarna het klemmetje aan de linkeruitgang van de Energy Sensor, waar ook de rode draad zit die naar de windturbine gaat.



13. Zet de nu allemaal weer je veiligheidsbril op. Zet de ventilator nu in de hoogste stand. Laat de ventilator weer dertig seconden draaien en klik op collectie. Na 30 seconden stopt de meting weer automatisch. Zet dan de ventilator uit.

Als het goed is was de stroom nu sterker dan in de lagere stand. Dit kun je zien in de grafiek. De waarden van de stroomsterkte zijn nu hoger. Als het goed is was de stroom nu ook sterk genoeg om het lampje te laten werken. Gaf het ledlampje bij jullie licht?

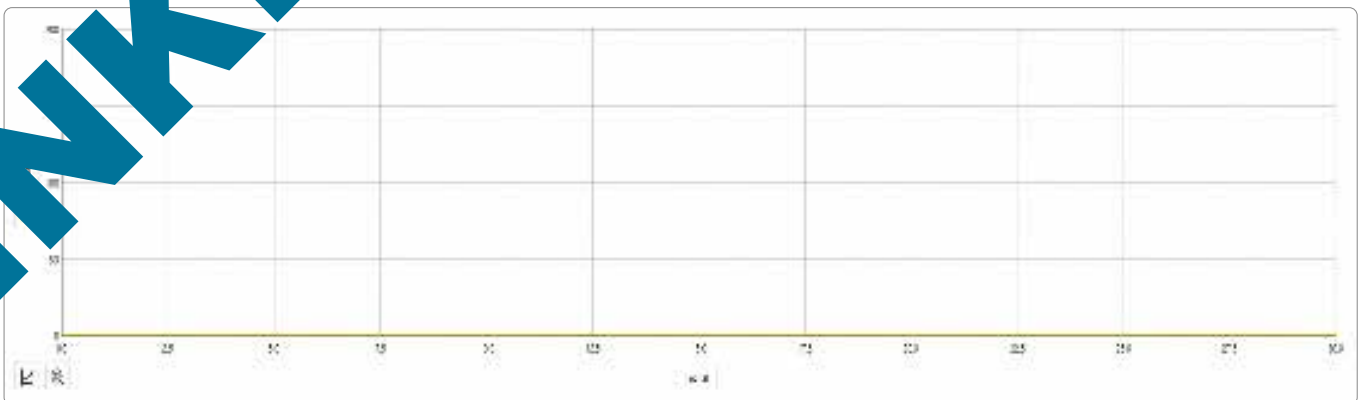
- ☐ Ja, het lampje gaf veel en fel licht.
- ☐ Het lampje gaf af en toe een heel klein beetje licht.
- ☐ Het lampje gaf helemaal geen licht (vraag in dit geval je docent om hulp!).



14. Maak nu één van de klemmetjes waarmee de KidWind Windturbine is verbonden met de Energy Sensor los (het maakt dus niet uit welke de rode of de zwarte). Zet de ventilator nu in de middelste stand.

Zet nu allemaal je veiligheidsbril op. Laat de ventilator weer dertig seconden draaien en klik op collectie. Na 30 seconden stopt de meting weer automatisch. Zet dan de ventilator uit.

Kijk nu naar de grafiek. Als het goed is heeft de Energy Sensor geen stroom gemeten en was de waarde van de stroomsterkte dus nul. De grafiek van de stroommeting ziet er dan weer uit zoals de grafiek hieronder.

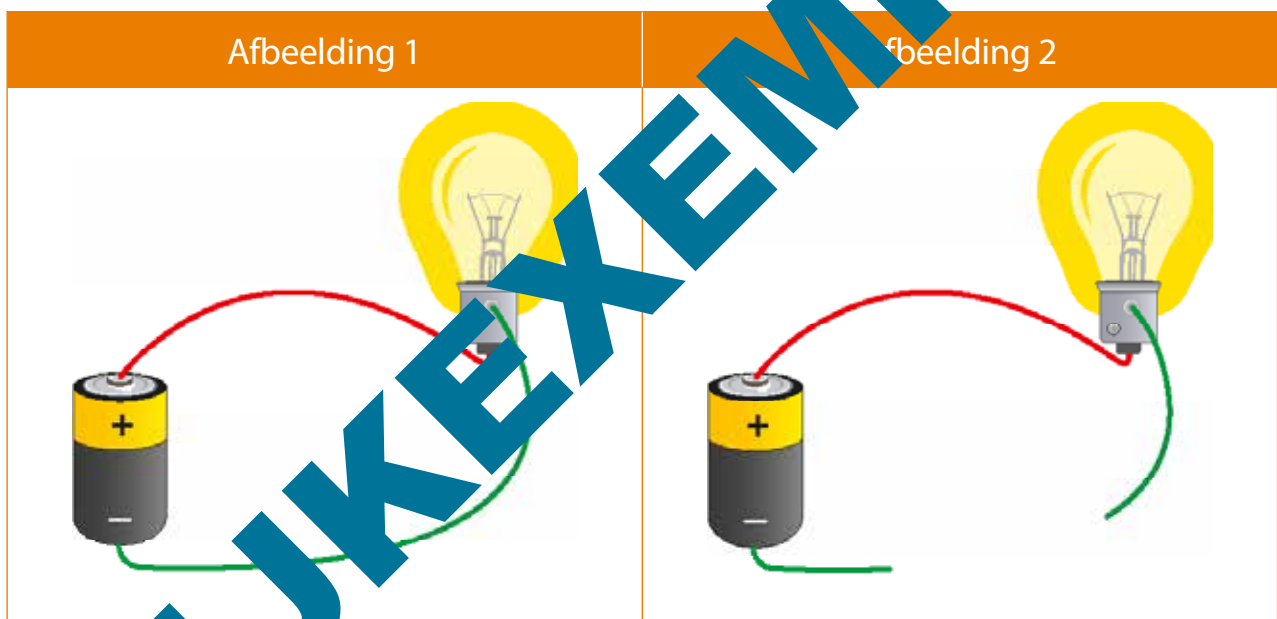


Waarom denk je dat de Energy Sensor deze keer geen stroom heeft gemeten?

Tip: Denk aan wat er gebeurde met de stroomkring toen je het klemmetje dat de windturbine met de Energy Sensor verbond losmaakte.

Ik denk dat de Energy Sensor deze keer geen stroom heeft gemeten doordat:

15. Welke van onderstaande afbeeldingen past volgens jou het best bij deze situatie?



- ☐ Afbeelding 1
- ☐ Afbeelding 2

Waarom denk je dat deze afbeelding het best bij deze situatie past?
