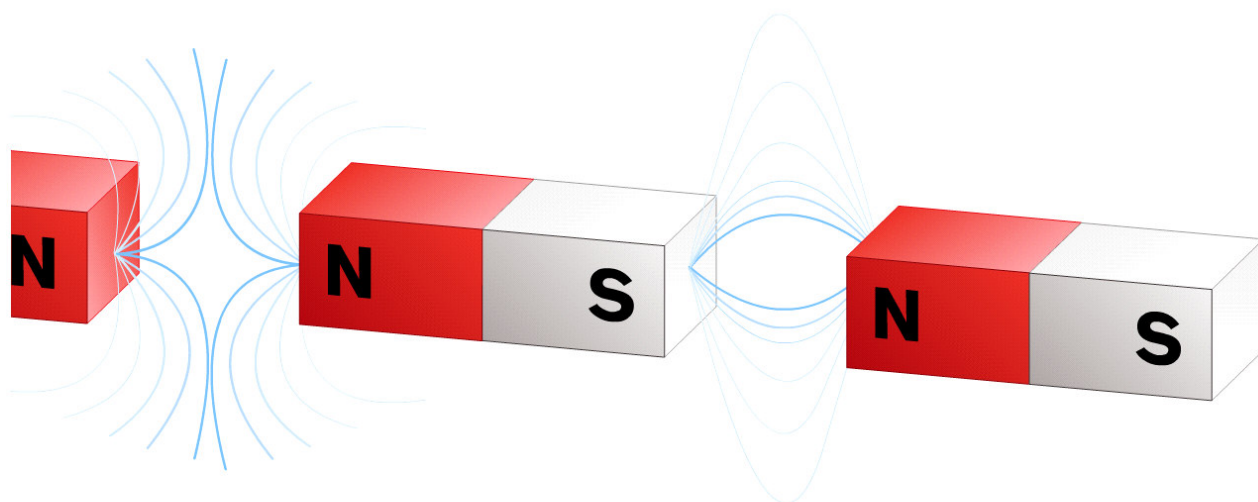


# De startmotor

Student booklet



**VOLVO**



## De startmotor

De startmotor is een elektrische motor, en bij een elektrische motor draait het allemaal om magneten en magnetisme: een motor gebruikt magneten om beweging te creëren. Kunt u zich de wet nog herinneren?

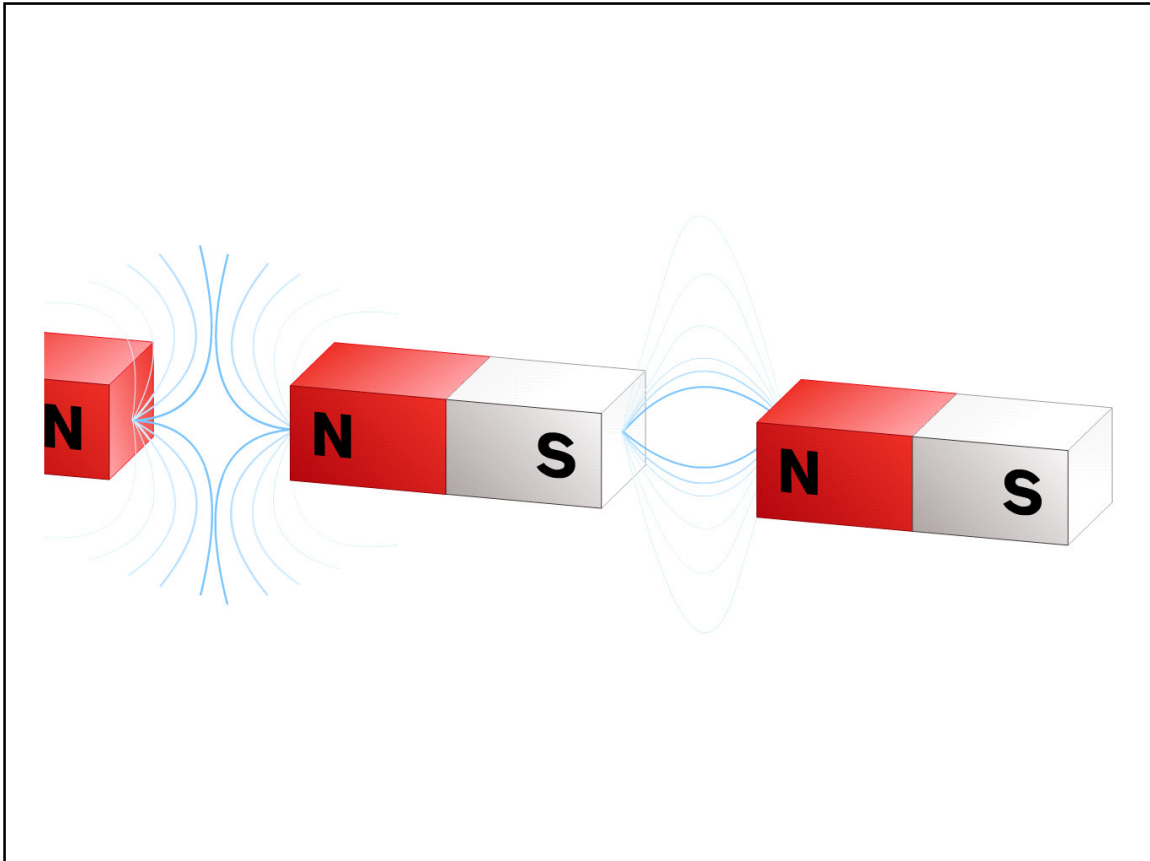
Tegenpolen trekken elkaar aan en gelijke polen stoten elkaar af.

Binnen een elektrische motor veroorzaken deze aantrekkende en afstotende krachten een draaiende beweging. Om te begrijpen hoe een elektrische motor werkt, moet u eerst de basisbegrippen van elektromagnetisme kennen. Daarom beginnen we deze module met deze basisbegrippen. Als we het straks over de startmotor hebben, zult u dat gedeelte gemakkelijker begrijpen.

## Inhoud

1	Permanente magneten .....	1
2	De elektromagneet .....	2
3	Binnen in een elektrische motor .....	3
4	Elektromagneten en motoren .....	4
5	Anker, commutator en borstels .....	5
6	Alles in elkaar zetten .....	6
7	Elektrische speelgoedmotor .....	7
8	Anker en borstels .....	8
9	De vaste elektromagneet .....	9
10	Regelrelais en magneetschakelaar .....	10
11	Oefening: magnetisch veld I .....	11
12	Oefening: magnetisch veld II .....	12
13	Oefening: aanwijzen en meten .....	13
14	Oefening: meten en startmotor in elkaar zetten .....	14
15	Samenvatting .....	15
16	Test .....	16



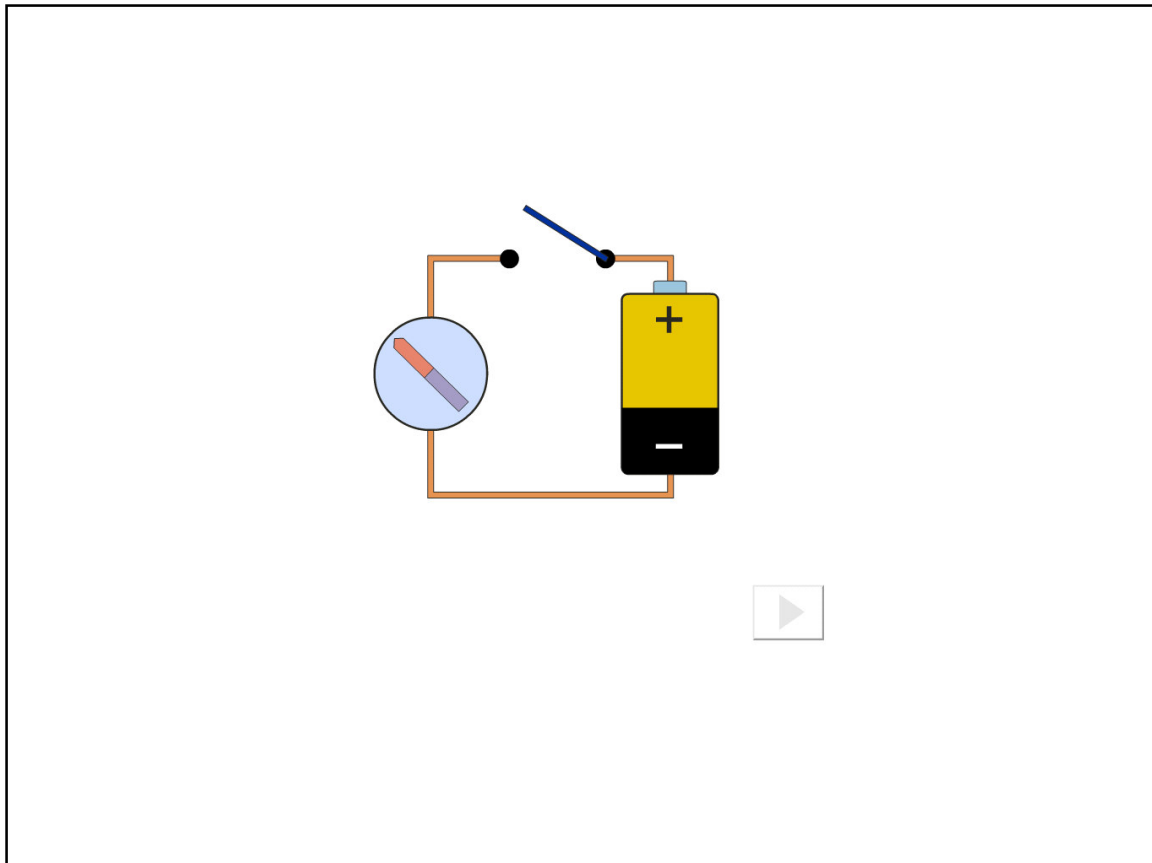


Voordat we het over elektromagneten gaan hebben, zullen we eerst de normale 'permanente' magneten bespreken, die u bijvoorbeeld op de koelkast heeft hangen en waarmee u waarschijnlijk als kind heeft gespeeld.

U weet waarschijnlijk dat alle magneten twee uiteinden (polen) hebben, die meestal worden aangeduid met 'noord' en 'zuid'. U weet ook dat magneten dingen aantrekken die zijn gemaakt van staal of ijzer. En u kent waarschijnlijk ook het grondbeginsel van alle magneten: tegenpolen trekken elkaar aan en gelijke polen stoten elkaar af.

—  
Als u dus twee staafmagneten heeft waarvan de uiteinden zijn gemarkeerd met 'noord' en 'zuid', zal het noordeinde van de ene magneet het zuideinde van de andere magneet aantrekken. Daarentegen zal het noordeinde van de ene magneet het noordeinde van de andere magneet afstoten (en zuid zal zuid afstoten).

Een elektromagneet werkt hetzelfde, alleen is deze 'tijdelijk': het magnetische veld bestaat alleen wanneer er elektrische stroom stroomt.



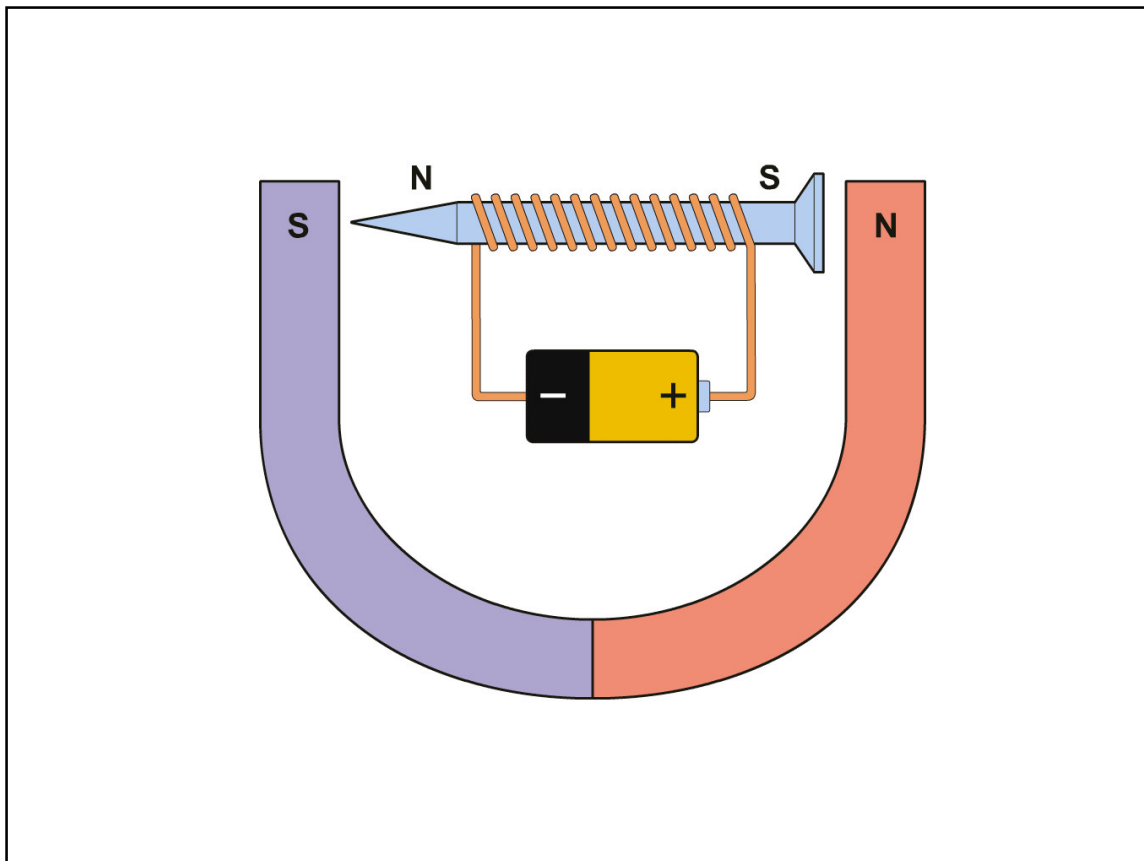
### **De elektromagneet**

Om te begrijpen hoe een elektrische motor werkt, moet u eerst de basisbegrippen van elektromagnetisme kennen. Daarom beginnen we deze module met deze basisbegrippen.

Een elektromagneet begint met een accu (of een andere voedingsbron) en een draad.

Het basisprincipe van een elektromagneet is uiterst eenvoudig: door elektrische stroom door een draad te laten stromen, ontstaat een magnetisch veld.



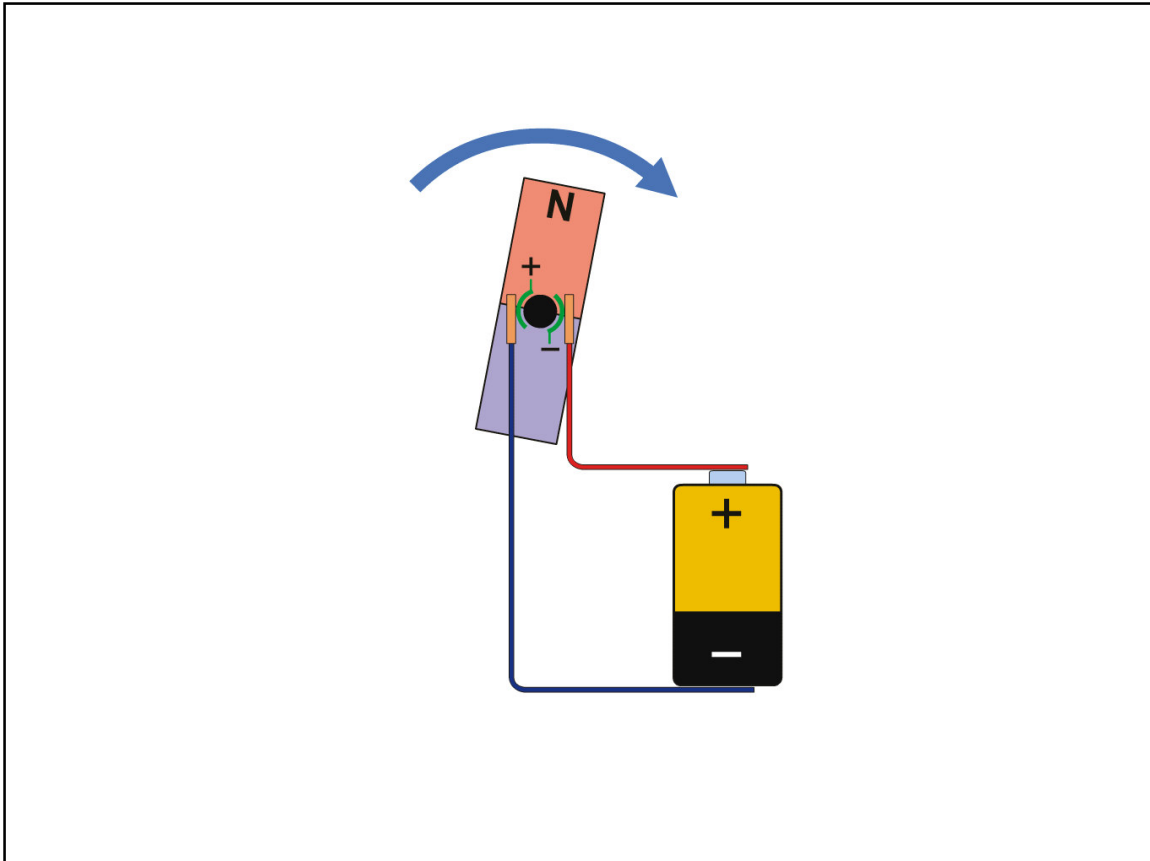


### Elektromagneten en motoren

Een elektromagneet is de basis van een elektrische motor. U kunt beter begrijpen hoe de onderdelen in een motor werken, door u het volgende scenario voor te stellen. Laten we aannemen dat u een eenvoudige elektromagneet heeft gemaakt door 100 lussen draad om een spijker te wikkelen en dit aan te sluiten op een batterij. De naald wordt een magneet en heeft een noord- en zuidpool zolang de batterij is aangesloten.

Laten we nu aannemen dat u uw elektromagneet pakt, een as door het midden ervan laat lopen, en deze in het midden van een hoefijzermagneet laat hangen, zoals in de onderstaande afbeelding. Als u een batterij zou aansluiten op de elektromagneet, zodat het noordeinde van de spijker hangt zoals in de afbeelding, weet u wat er volgens de basiswet van magnetisme gaat gebeuren: het noordeinde van de elektromagneet wordt afgestoten van het noordeinde van de hoefijzermagneet en aangetrokken door het zuideinde van de hoefijzermagneet. Het zuideinde van de elektromagneet wordt op dezelfde manier afgestoten. De spijker zou een halve slag draaien en dan stoppen in de afgebeelde positie.

U ziet dat deze halve draai alleen maar het gevolg is van de manier waarop magneten elkaar aantrekken en afstoten. De sleutel van een elektrische motor is om nog een stapje verder te gaan. Op het moment dat deze halve draai is voltooid, draait het veld van de elektromagneet om. Hierdoor maakt de elektromagneet opnieuw een halve draai. U kunt het magnetische veld omdraaien door de richting waarin de elektronen in de draad stromen, te veranderen (door de batterij om te draaien). Als het veld van de elektromagneet op precies het juiste moment wordt omgedraaid, namelijk aan het eind van elke halve draai, zou de elektrische motor vrij draaien.



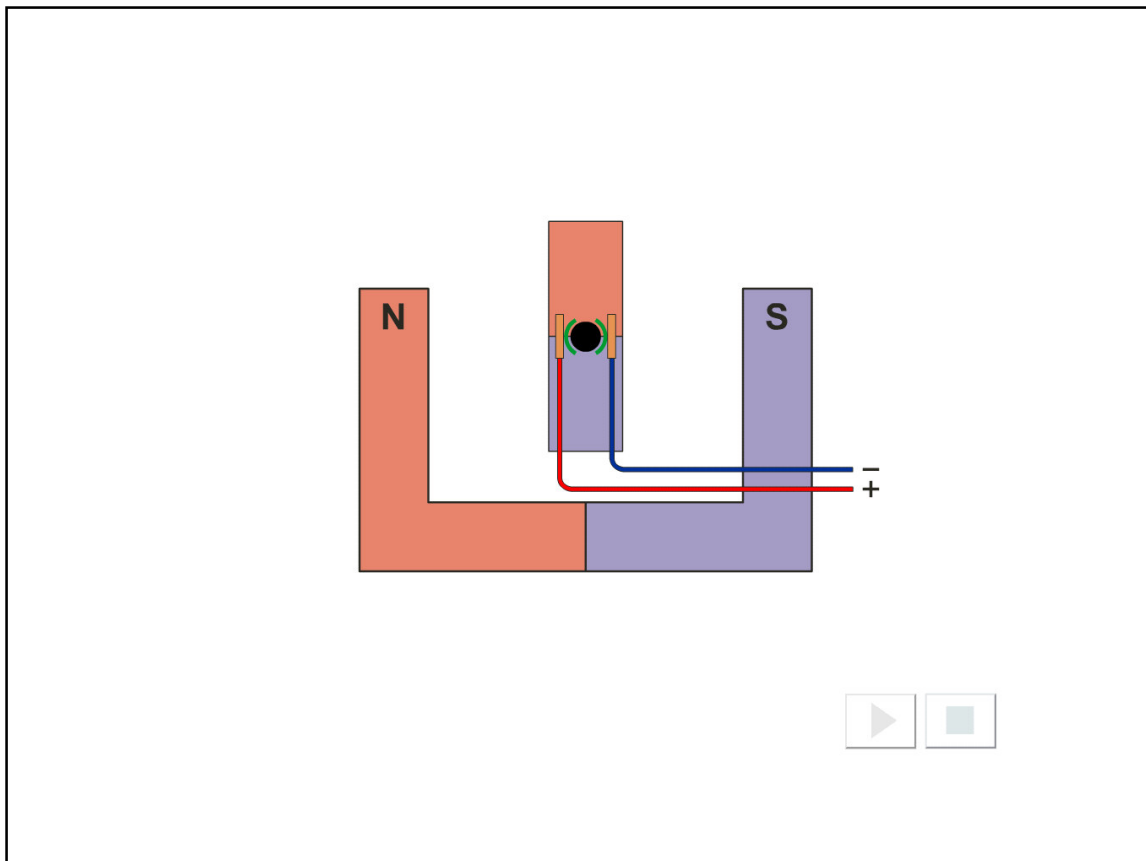
### Anker, commutator en borstels

Kijk naar de afbeelding op de vorige pagina. Het anker vervangt de spijker in een elektrische motor. Het anker is een elektromagneet die wordt gemaakt door dunne draad om twee of meer polen van een metalen kern te wikkelen.

Het anker heeft een as, en de commutator is gekoppeld aan de as. De commutator bestaat slechts uit een stel platen dat aan de as is bevestigd. Deze platen leveren de twee aansluitingen voor de spoel van de elektromagneet.

Het gedeelte dat bestaat uit het 'omdraaien van het magnetische veld' wordt door twee onderdelen gerealiseerd: de commutator en de borstels.

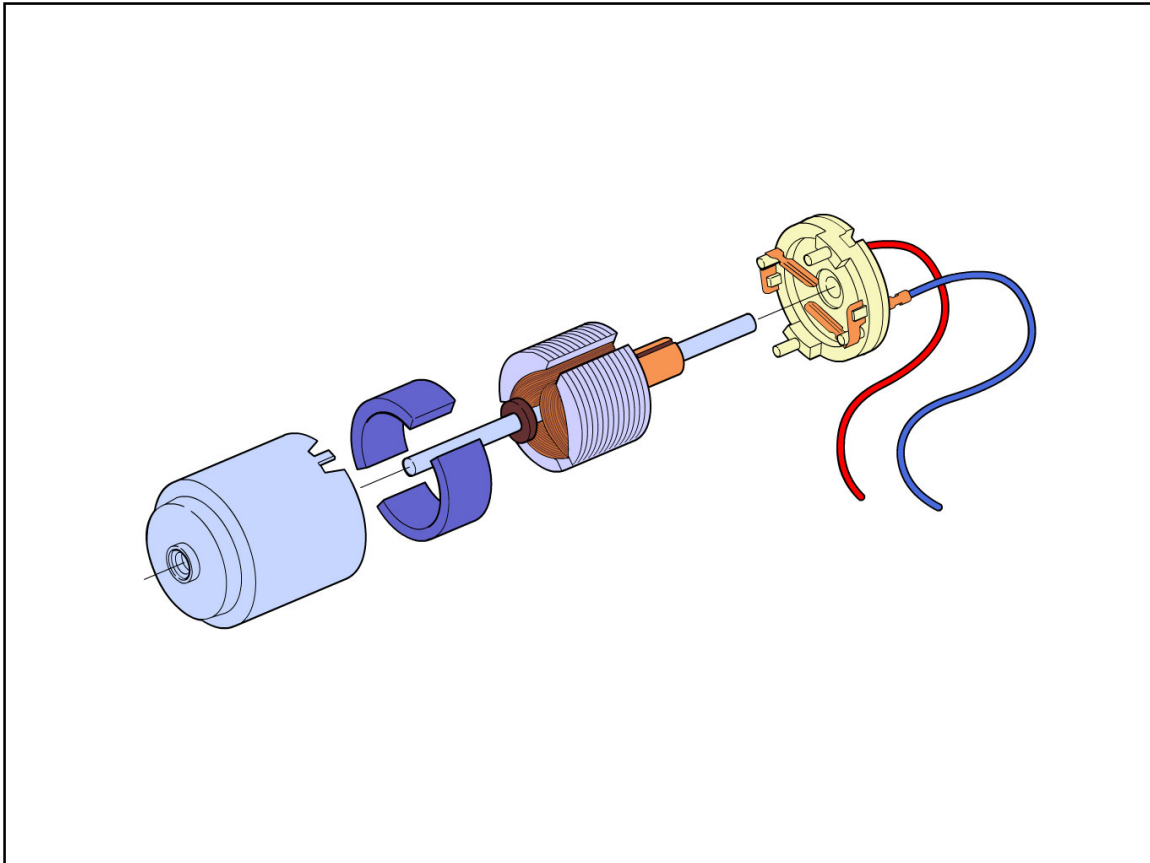
In deze afbeelding ziet u hoe de commutator en de borstels samenwerken om de elektrische stroom naar de elektromagneet te laten stromen, en ook om de richting waarin de elektronen stromen precies op het juiste moment om te draaien. De contacten van de commutator worden aangesloten op de as van de elektromagneet, zodat deze met de magneet meedraaien. De borstels bestaan slechts uit twee stukken veerkrachtig metaal of koolstof die contact maken met de contacten van de commutator.



**Alles in elkaar zetten**

Wanneer u al deze onderdelen in elkaar zet, heeft u een complete elektrische motor.

Wat u hier vooral moet onthouden is dat wanneer het anker de horizontale positie passeert, de polen van de elektromagneet omdraaien. Vanwege dit omdraaien bevindt de noordpool van de elektromagneet zich altijd boven de as, zodat deze de noordpool van de veldmagneet kan afstoten en de zuidpool van de veldmagneet kan aantrekken.



### Elektrische speelgoedmotor

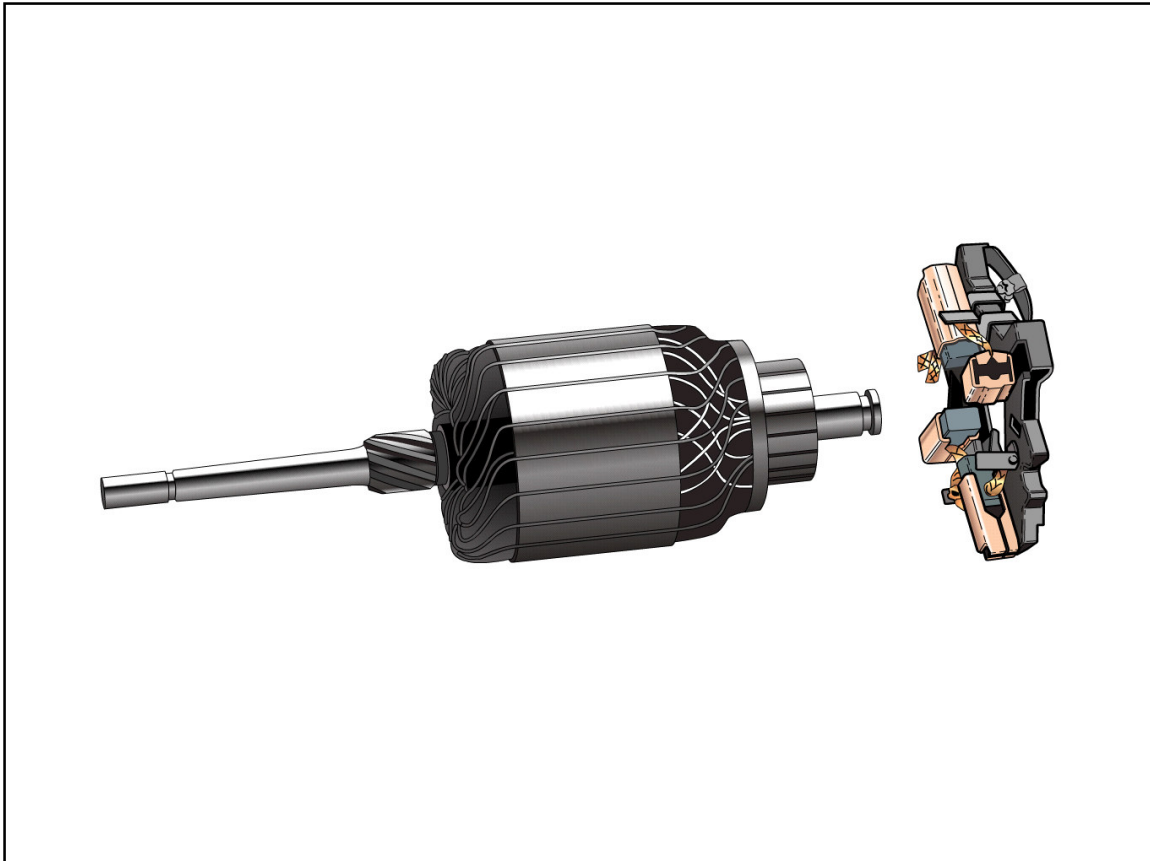
U ziet dat dit een kleine en eenvoudige elektrische motor is.

Van de buitenkant kunt u de stalen houder zien die de kern van de motor vormt, een as, een nylon eindkap en twee accukabels. Als u de accukabels van de motor aansluit op de batterij van een zaklantaarn, gaat de as draaien. Als u de kabels andersom aansluit, gaat de as in tegengestelde richting draaien.

Binnen in de eindkap zitten de borstels van de motor. Deze borstels dragen vermogen over van de batterij aan de commutator als de motor draait.

De as bevat het anker en de commutator. Het anker bestaat uit een aantal elektromagneten, in dit geval drie. Het anker in deze motor bestaat uit een aantal op elkaar gestapelde dunne metalen platen, met dun koperdraad om elk van de drie polen van het anker gewikkeld. De twee uiteinden van elke draad (één draad voor elke pool) worden op een aansluiting gesoldeerd. Vervolgens worden deze aansluitingen op één plaat van de commutator aangesloten. Op deze afbeelding zijn het anker, de aansluitingen en de commutator duidelijk te zien.

Het laatste gedeelte van een elektrische gelijkstroommotor is de veldmagneet. De veldmagneet in deze motor wordt gevormd door de houder zelf plus twee gebogen permanente magneten.



### **Het anker**

Het anker is het draaiende gedeelte van de startmotor en bevat de ankerwikkeling en de commutator. Het anker bestaat voornamelijk uit een kern waar veel lussen omheen zijn gewikkeld, die symmetrisch zijn geplaatst in sleuven in het anker. De lussen zijn geïsoleerd van elkaar.

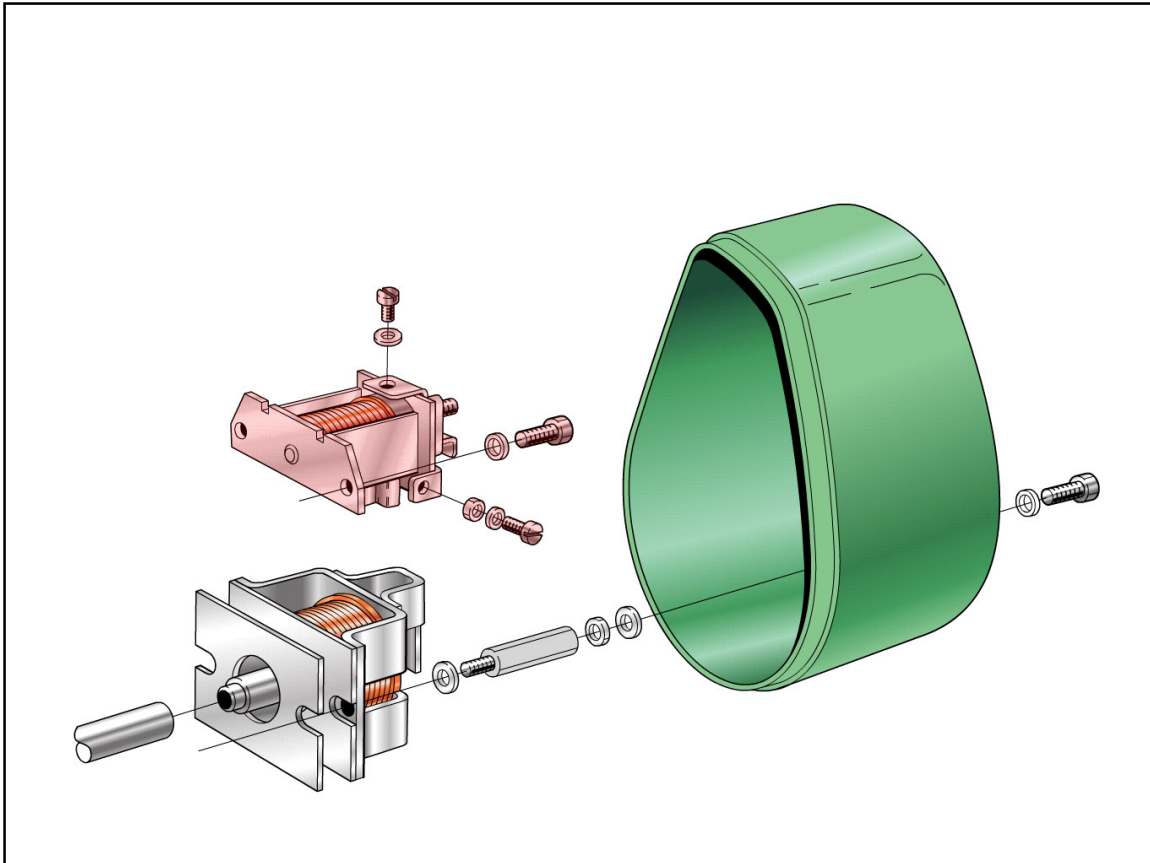
### **De borstels**

De elektrische stroom van de accu's wordt overgebracht naar de ankercommutator door vier borstels van koolstof. Eén paar wordt aangesloten op de plus van de accu's en het andere paar wordt aangesloten op de massa.



### **De vaste elektromagneet**

De vaste elektromagneet bestaat uit twee wikkelingen: de hoofdwikking en de shuntwikking. De shuntwikking zorgt ervoor dat het anker langzaam draait totdat het pignon soepel in de tandkrans van het vliegwiel grijpt tijdens de beginfase van het startproces. De wikkelingen worden in poolschoenen gevat om het magnetische veld te versterken.

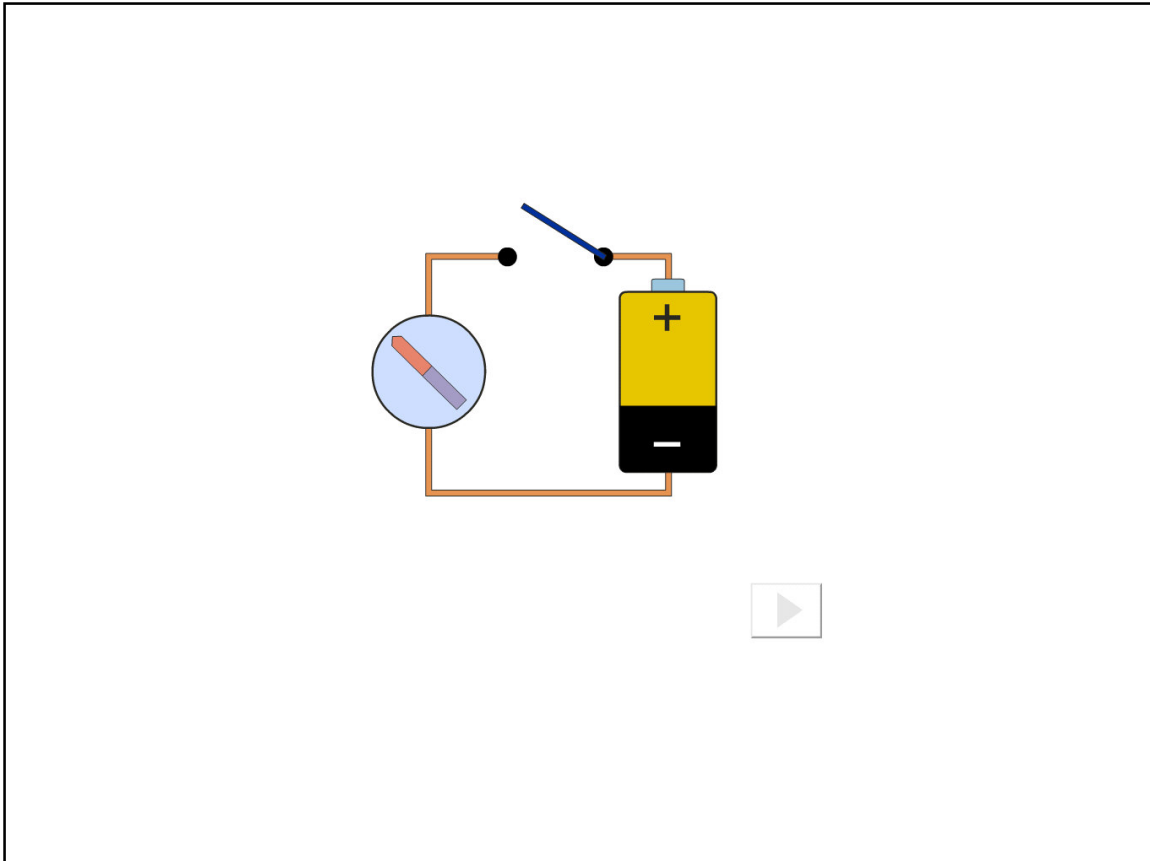


### **Het regelrelais**

Het ingebouwde regelrelais zorgt ervoor dat er een relatief lage elektrische stroom wordt gebruikt om naar een hogere elektrische stroom te schakelen. Het relais werkt in twee schakelfases om het magnetische veld van de startmotor te activeren.

### **Magneetschakelaar**

De magneetschakelaar verplaatst het pignon van de startmotor naar voren, door middel van een koppelstang die door de holle ankeras wordt geleid. Het pignon van de startmotor grijpt in het vliegwiel en begint dit rond te draaien.

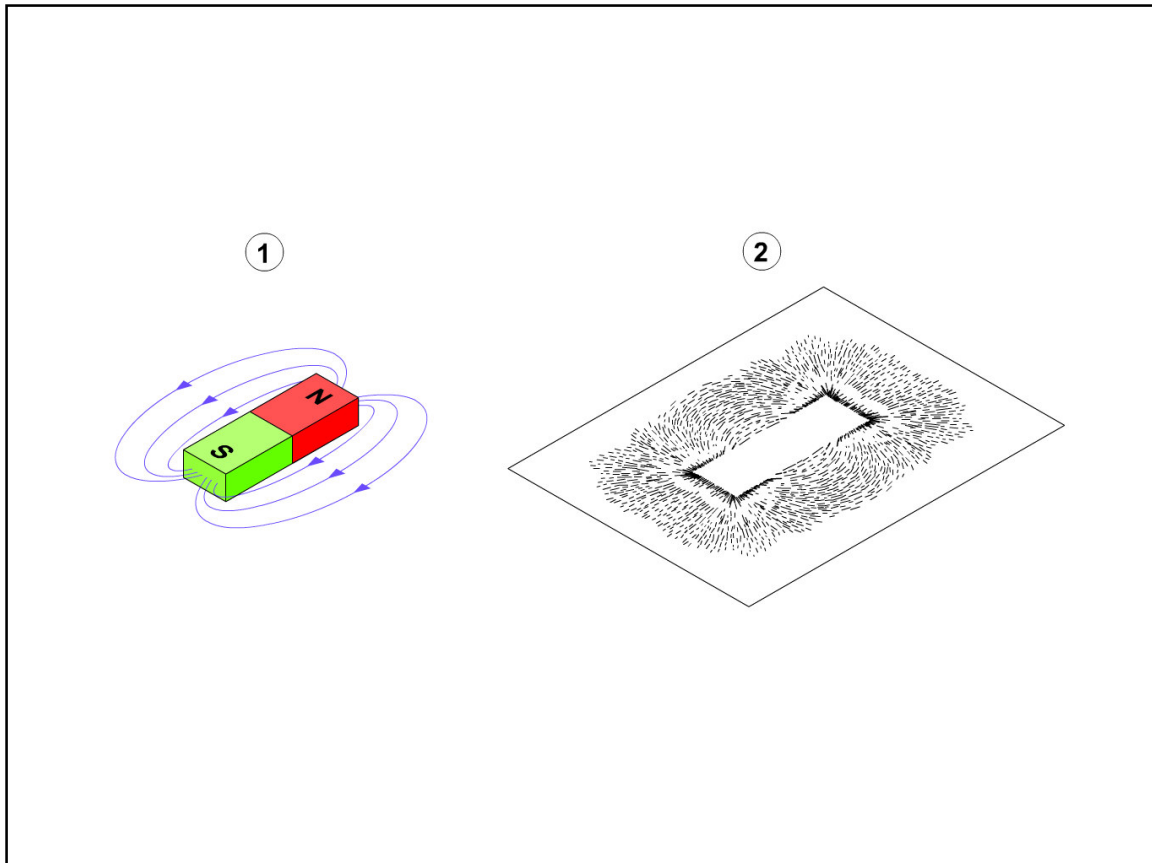


### Oefening: magnetisch veld I

Het gedeelte over het magnetische veld is wellicht verrassend, maar dit gebeurt echt in alle stroomdraden. U kunt het zelf aantonen met het volgende experiment.

Plaats het kompas op de tafel en sluit de draad gedurende enkele seconden aan tussen de positieve en negatieve uiteinden van de accu. Laat daarbij de draad vlakbij het kompas liggen. U ziet dat de kompasnaald schommelt. In eerste instantie wijst de naald naar de noordpool van de aarde (in welke richting dat voor u ook is), zoals in de afbeelding rechts.

Wanneer u de draad aansluit op de accu, gaat de naald schommelen. De naald is zelf namelijk een kleine magneet met een noordeinde en een zuideinde. Omdat het een kleine magneet is, is deze gevoelig voor kleine magnetische velden. Het kompas wordt daarom beïnvloed door het magnetische veld dat in de draad wordt veroorzaakt door de elektronenstroom.

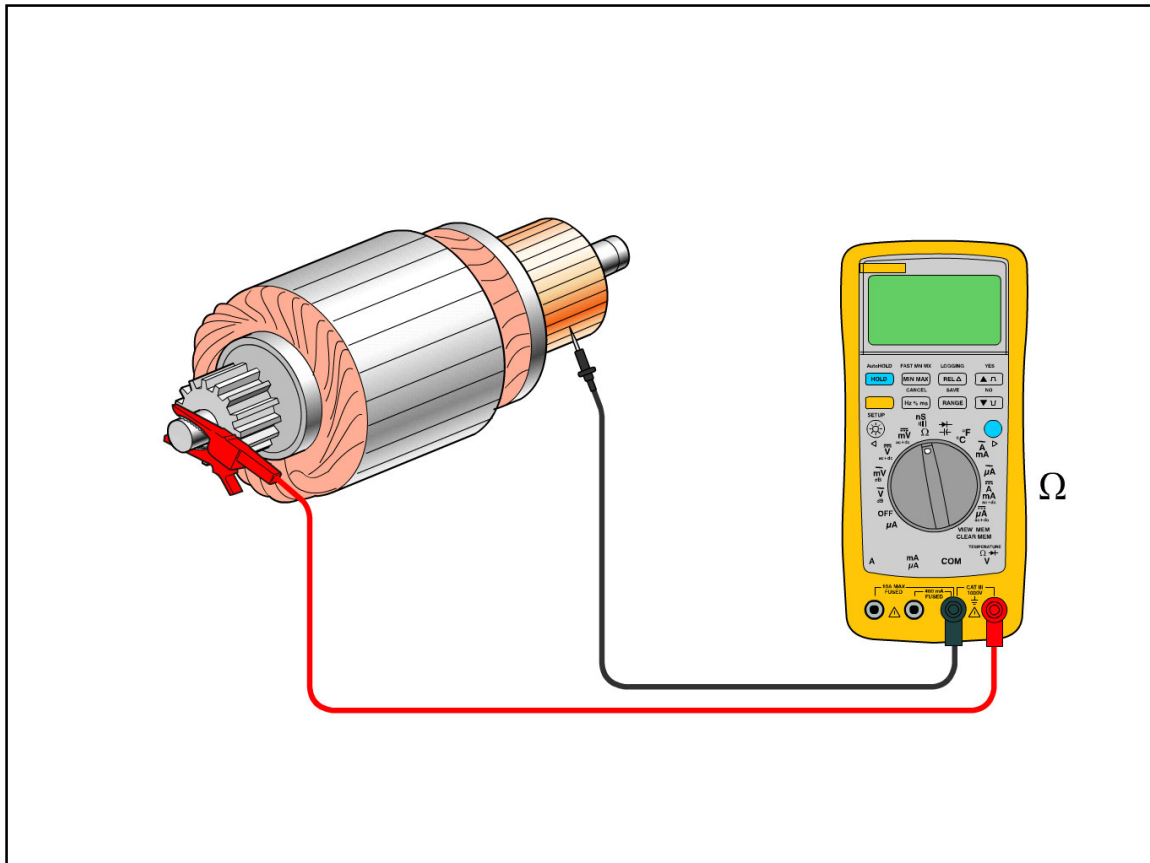


### Oefening: magnetisch veld II

Dit is een eenvoudige manier om een magnetisch veld te visualiseren.

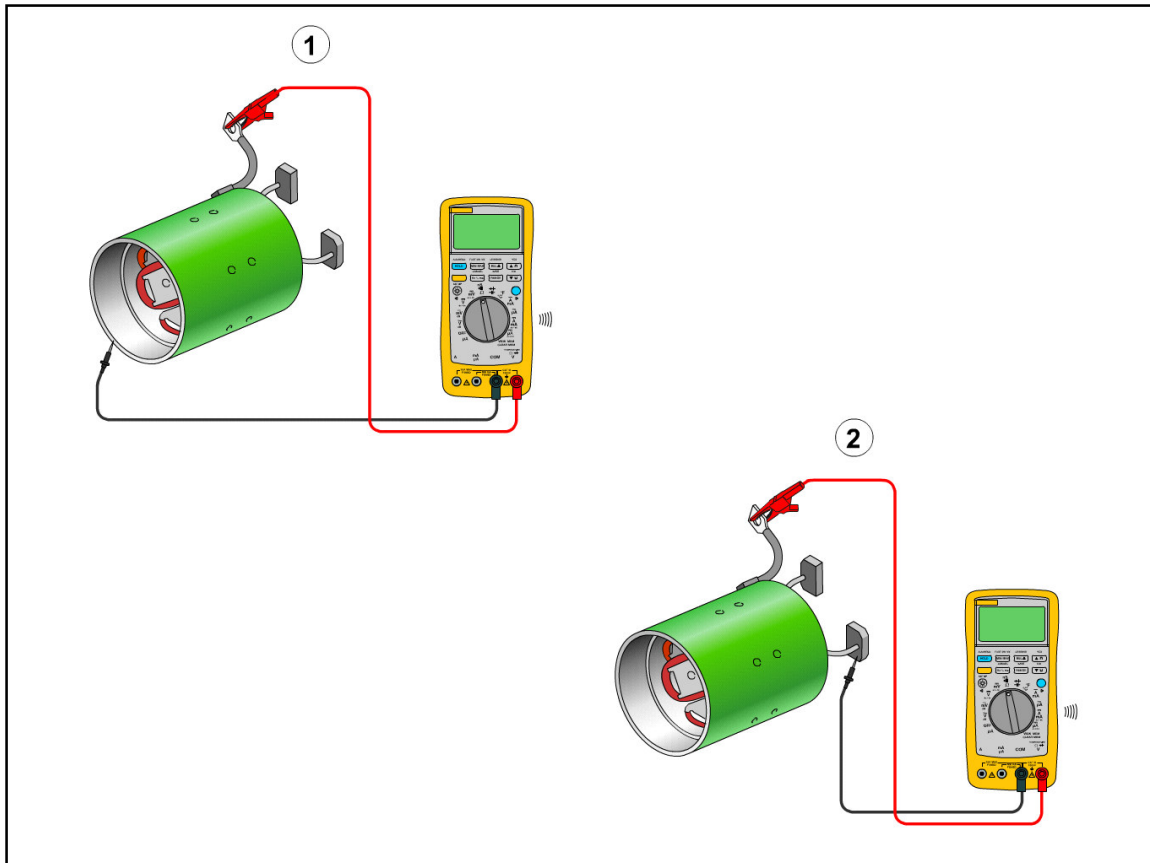
Strooi enkele ijzeren vullingen op een A4-vel en plaats de magneet onder het papier. Schud het papier een beetje en u ziet dat het magnetische veld verschijnt...

Het fenomeen dat we magnetisme noemen kan op vele manieren nuttig zijn, als we weten hoe we het moeten gebruiken.



### Oefening: aanwijzen en meten

- 1) Haal de startmotor uit elkaar.
- 2) Wijs de onderdelen aan.
- 3) Controleer met multimeter 9812519 of er een massastoring in de wikkelingen van het anker (rotor) zit. Sluit de testsondes aan zoals in de afbeelding.



### Oefening: meten en in elkaar zetten

#### Veldwikkeling

1) Controleer de massa:

Sluit de multimeter aan op de veldwikkeling en de statorhuis.

Zet de knop van de multimeter in de modus zoemen. De zoemer moet in deze fase niet klinken.

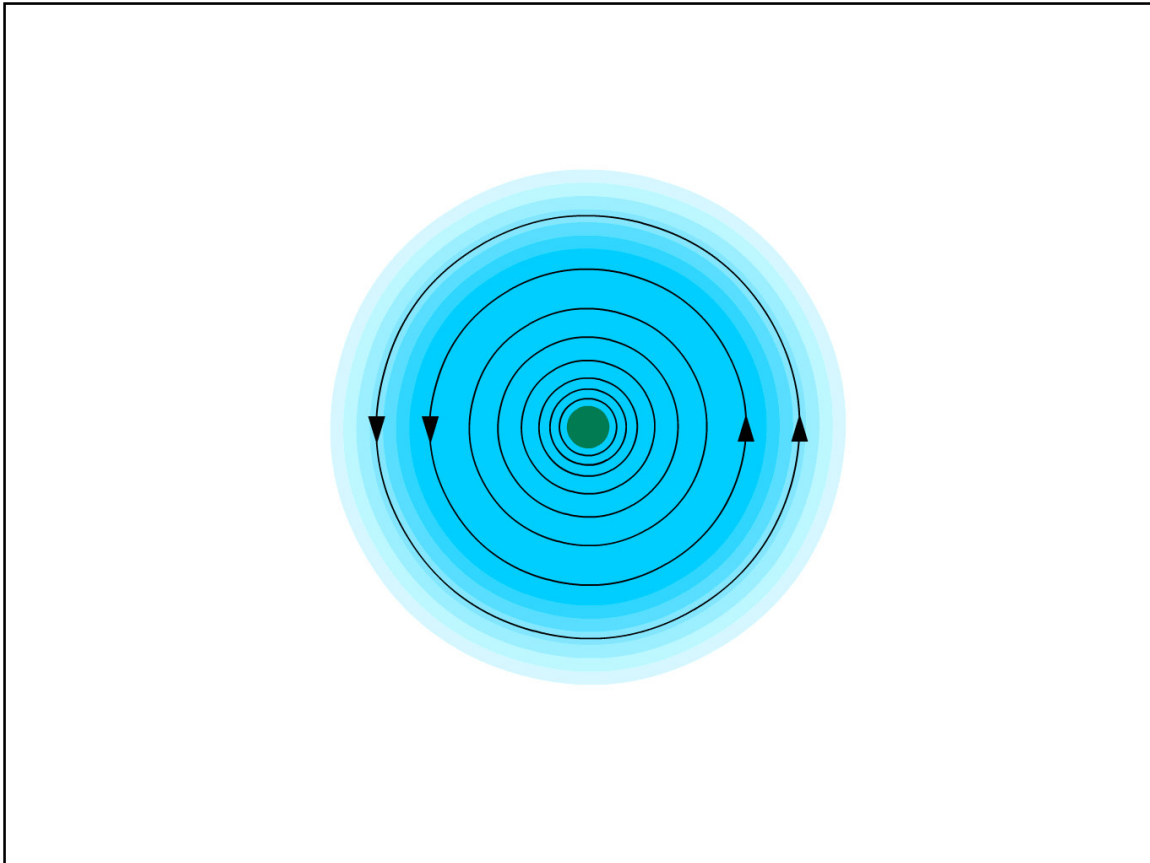
—

2) Controleer de kabel van de veldwikkeling op kortsluiting of een breuk. Gebruik multimeter 9812519.

Controleer op een breuk: sluit de multimeter aan op de kabel van de veldwikkeling en de borstel.

Zet de knop van de multimeter in de modus zoemen. De zoemer moet nu klinken

3) Zet de startmotor weer in elkaar.



### Samenvatting

In de afbeelding ziet u de vorm van het magnetische veld rondom de draad. In deze afbeelding kijkt u recht op de doorgesneden draad. De groene cirkel in de afbeelding is de dwarsdoorsnede van de draad zelf. Rondom de draad ontwikkelt zich een cirkelvormig magnetisch veld, zoals wordt aangegeven door de cirkelvormige lijnen in de onderstaande afbeelding. Het veld wordt zwakker naarmate u verder van de draad af gaat (de lijnen staan dus verder uit elkaar naarmate ze verder van de draad verwijderd zijn). U kunt zien dat het veld loodrecht op de draad staat en dat de richting van het veld afhankelijk is van de richting waarin de elektrische stroom in de draad stroomt. De kompasnaald gaat op dezelfde lijn liggen als dit veld (loodrecht op de draad). Gebruik het apparaat dat u in de vorige sectie heeft gemaakt. Als u de batterij omdraait en het experiment herhaalt, ziet u dat de kompasnaald in de tegengestelde richting gaat liggen.



# Test

## De startmotor

### Test

- 1) Wat gebruikt een elektrische motor om beweging te veroorzaken?
- 2) Noem vier van de zes onderdelen van een startmotor.
- 3) Wat gebeurt er wanneer de startmotor het magnetische veld omdraait?
- 4) Wat voor soort motor is de startmotor?



**VOLVO**

Aftermarket Training