

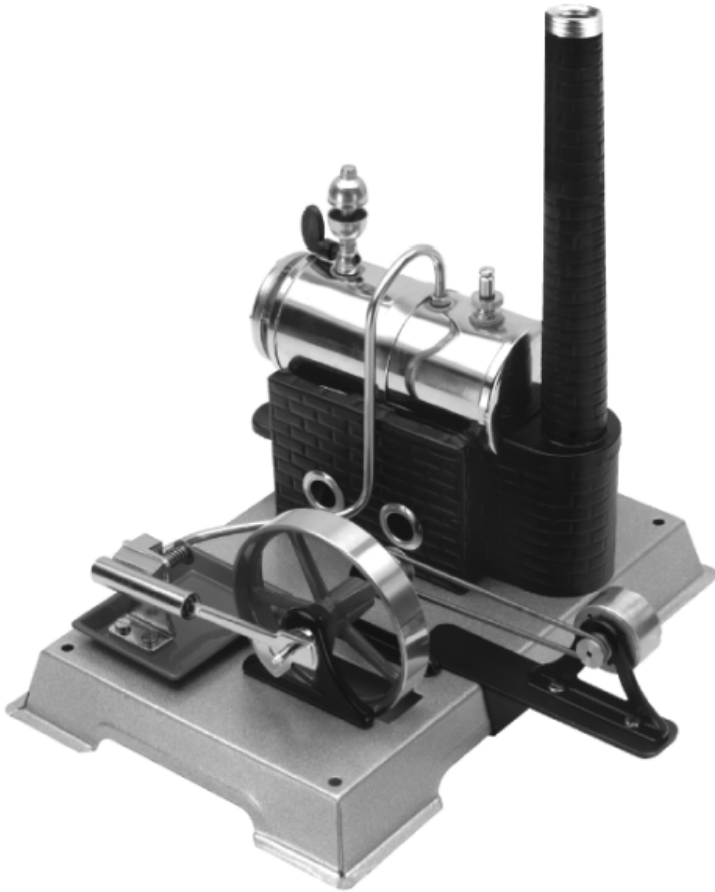
# ***Wilesco***

**Begeleidende handleiding**

**voor D100<sup>NL</sup> Stoombox**

**met experimenteerdoos,**

**en experimenteerdoos E50<sup>NL</sup>**



**Stoombox D100E en E-box E50**

Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG

D-58511 Lüdenscheid Schützenstrasse 12

Telefoon +49 (0)180 5002996 (€0,12/min) e-mail: [info@wilesco.de](mailto:info@wilesco.de)

# Belangrijke aanwijzingen

Leest u voor de inbedrijfname de **Bedrijfshandleiding** goed door. Daarin vindt u belangrijke aanwijzingen voor een juist gebruik.

Bij schade die ontstaat door het niet in acht nemen van de bedrijfshandleiding of de veiligheidsinstructies, vervalt uw aanspraak op garantie.

De aanduidingen zijn zorgvuldig ontwikkeld, samengesteld en getest. Toch blijft een fout nooit volledig te vermijden. Wilesco zowel als de auteur kunnen in het kader van productaansprakelijkheidswetgeving slechts aansprakelijk worden gesteld voor overlijden, schade aan het lichaam of de gezondheid, of voor het niet nakomen van contractverplichtingen door grove nalatigheid. Hierbij is de aanspraak op een eventuele schadevergoeding beperkt tot de uit het contract voortvloeiende, direct te voorziene schade, in zoverre er geen aansprakelijkheid geldt volgens de productaansprakelijkheidswetgeving.



Een in een driehoek geplaatst symbool duidt op mogelijk gevaarlijke situaties, waar u beslist aandacht aan moet besteden.

## Colofon:

Dit is een publicatie van Wilesco®, Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG, D-58511 Lüdenscheid. Alle rechten inclusief vertaling zijn voorbehouden. Reproductie in welke vorm dan ook, bijv. fotokopie, microfilm, invoer in elektronische dataverwerking is alleen toegestaan met uitdrukkelijke toestemming van de uitgever. Nadruk, geheel of gedeeltelijk, is verboden. Deze publicatie geeft de technische stand weer op het moment van druk. Wijzigingen in de techniek of de samenstelling zijn voorbehouden.

© Copyright 2012 by Wilesco, Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG

Stoombox D100E: EAN 4009807051013  
E-box E50: EAN 4009807012502

Zetwerk: Dipl. Ing. Thomas Schröder, Ulrich Stempel

Auteur: Ulrich Stempel

Nederlandse vertaling: Gert Luithing

In samenwerking met:

Sweering b.v.

Postbus 50002

1351 AW Almere-Haven

Tel: +31(0)36-5310051

Fax: +31(0)36-5312284

E-mail: [Wilesco@planet.nl](mailto:Wilesco@planet.nl)

## Voorwoord:

Met de aanwezige stoombox of de e-box E50 en het Begeleidende Boek kunt u in combinatie met een modelstoommachine de werking van een stoommachine en de energie-omzetting in elektriciteit op kleine schaal in de praktijk beleven. De daarvoor noodzakelijke componenten zijn door WileSCO voor u samengesteld in de stoombox D100E en de e-box E50.

Heeft u stoombox D100E dan bouwt u stap voor stap uw eigen model van een stoommachine op. Alleen al het samenbouwen van de losse onderdelen maakt u bewust van het door de uitvinders als Dennis Papin, James Watt en andere ontwikkelde concept en van het principe dat in de stoommachine schuilt. Het model helpt niet alleen begrijpen hoe een stoommachine werkt, het is ook leuk om het model dat u heeft, zelf verder uit te breiden.

Zowel met de stoombox als met de e-box E50 is het mogelijk om met de componenten het omzettingsproces van thermische energie via mechanische energie in elektrische energie zelf in de praktijk te onderzoeken en te 'ontervinden'. De experimenten worden op elkaar volgend opgezet en zijn eenvoudig en in korte tijd te realiseren.

U vindt in het Begeleidende Boek informatie over de huidige techniek van de stoommachine evenals voorbeelden en mogelijkheden van ontwikkelingen voor de tijd van nu.

Wij brengen de leuke hobby van stoommachinemodelbouw een stukje dichterbij en wensen u veel plezier bij het opbouwen van dit en eventuele volgende stoommachinemodellen en de ervaringen die u daarmee opdoet.

Ulrich Stempel

PS: sommige afbeeldingen zijn in het PDF bestand niet duidelijk, wanneer dit het geval is kunt u de duidelijke afbeeldingen in het bijgeleverde boek terug vinden.

# Inhoudsopgave

<b>1 Basisprincipes bij een stoommachine.....</b>	<b>8</b>
1.1 De stoommachine en haar ontwikkeling.....	8
1.2 kennis van de stoommachine.....	9
1.2.1 Zo wordt uit water stoom .....	9
1.2.2 De ketel.....	10
1.2.3 Het vliegwiel .....	10
1.2.4 De oscillerende stoommachine.....	11
1.2.5 Schuifgestuurde stoommachines .....	12
1.3 Vermogen en rendement .....	13
1.3.1 Vergelijk: oscillerende tegenover schuifgestuurde stoommachine.....	13
1.4 Welke functie heeft stoommachine tegenwoordig? .....	14
1.4.1 Hybridesystemen bestaande uit een fotonvoltaïsche installatie en een stoommachine.....	14
<b>2 Het model samenbouwen.....</b>	<b>16</b>
2.1 Tips en trucs voor het succesvol samenbouwen .....	16
2.2 Bouwhandleiding stap voor stap .....	17
Stap 1: Montage van de ketel .....	17
Stap 2: montage van de brandergeleiding en het ketelhuis.....	18
Stap 3: Montage van het vliegwiel .....	18
Stap 4: Montage van de cilindereenheid .....	19
Stap 5: Montage van de stoomleiding en de schoorsteen, eindmontage 20	
2.3 Veiligheidsbepalingen .....	23
2.4 Voorbereiding voor de eerste keer proefdraaien.....	25
<b>3 Experimenten met de stoommachine en extra componenten .....</b>	<b>28</b>
3.1 Componenten en hun beschrijving .....	28
3.1.1 Generator.....	28
3.1.2 Riem (aandrijfspiraal).....	29
3.1.3 Steekbord .....	30
3.1.5 Leds (lichtdioden) .....	33
3.1.6 Elco (elektrolytische condensator).....	34
3.1.7 Diode .....	36

3.1.8	Weerstand	37
3.1.9	Experimenteersnoeren (rood/zwart)	38
3.1.10	Verbindingsdraad (rood/zwart)	38
3.1.11	Drukknop	39
3.2	Van mechanische energie in elektrische energie	41
3.2.1	Aansluiting en werking van de elektrische machine	41
3.4	Draairichtingaanwijzer	43
3.4.1	Maken van de schakeling	44
3.4.2	De elektrische en de werkelijke stroomrichting	46
3.5	Generator monteren	48
3.5.1	Generator mechanisch met het vliegwiel van de stoommachine verbinden	49
3.5.2	Generatorspanning meten	50
3.5.3	De draairichting van stoommachine en generator	52
3.6	Gebruik van stoomenergie voor elektriciteit	52
3.7	Uit stoom wordt stap voor stap helder licht	56
3.7.1	Meer licht met twee witte leds	60
3.7.2	Licht van 4 leds met de stoommachine	61
3.8	Bufferen van elektrische energie	62
3.8.1	Met de stoommachine een buffercondensator opladen	63
3.8.2	Diode als bescherming tegen ontladen, schottkydiode	66
3.8.3	Laadindicatie voor de buffercondensator	68
3.8.4	Opgeslagen energie benutten	71
3.8.5	De stoommachine als laadstation voor de zaklamp	72
<b>4</b>	<b>Aanhangsel</b>	<b>76</b>
4.1	Formuleverzameling	76
4.1.2	Parallelschakeling van weerstanden	77
4.1.3	Serieschakeling van weerstanden	78
4.1.4	Vermogensberekening	78
4.2	Troubleshooting	78
4.2.1	Stoommachine	79
4.3	Leveringsmogelijkheden voor reserveonderdelen en elektronica-componenten	80
4.3.1	Verbruiksmateriaal voor stoommachines	80

# 1 Basisprincipes bij een stoommachine

Stoommachines zijn warmte-krachtmachines die, in tegenstelling tot verbrandingsmotoren, werken zonder inwendige verbranding. Mechanische energie wordt geleverd door stoomdruk. Er kunnen verschillende warmtebronnen worden gebruikt om de machine te laten werken; dus ook alle vloeibare, gasvormige en vaste brandstoffen. Stoommachines zijn ook geschikt om zonne-energie en weer aangroeiende brandstoffen emissiearm en klimaatneutraal voor ons doel om te zetten.

## 1.1 De stoommachine en haar ontwikkeling

Constructies die door middel van stoom iets aandrijven en voorlopers daarvan waren er al in de Griekse oudheid. Er zijn bijvoorbeeld vermeldingen van met stoom aangedreven inrichtingen waarmee na het ontsteken van het heilige vuur tempeldeuren op een geheimzinnige manier worden geopend.

Belangrijke stappen in de ontwikkeling naar het stoommachineprincipe zoals we het nu kennen, werden gezet in de tijd van de industriële revolutie. Dennis Papin bij voorbeeld, bedacht de stoomkookpan en ontwikkelde in 1690 een prototype van een stoommachine met cilinder en zuiger. De Britse ingenieur Thomas Savery construeerde in 1698 een door stoom aangedreven machine om grondwater op te pompen. In 1712 ontwikkelde ingenieur Thomas Newcomen dit principe verder tot de atmosferische stoommachine.

### **Verklaring:**

De atmosferische stoommachine is een voorlopermodel met de volgende werking: in de cilinderruimte onder de zuiger wordt waterdamp ingeblazen die door eveneens ingelaten koud water afkoelt en condenseert. Hierdoor ontstaat een onderdruk in de cilinder waarna de zuiger door de hogere druk van de buitenlucht in de cilinder wordt gedrukt. De uitgaande beweging van de zuigerstang wordt door een vliegwiel veroorzaakt terwijl de stoomklep is geopend. Het energie-rendement bedraagt slechts 1%.

In het jaar 1769 liet James Watt een dubbelwerkende stoommachine patenteren. Bij deze constructie wordt de zuiger door stoom in de cilinder afwisselend heen en weer geschoven, waardoor het rendement enorm

toenam. James Watt gaf het vermogen van zijn machines in paardenkrachten aan, waarna dit ook lange tijd de eenheid was voor andere krachtwerktuigen als bijvoorbeeld automobielen.

De stoommachine bracht in die tijd vele mogelijkheden voor transport en productie met zich mee. Deze machine kan vanaf de eerste omwenteling een hoog draaimoment aan de as geven en kan zowel vooruit als achteruit draaien. Stoomvoertuigen kunnen belast aanlopen en hebben geen koppeling of tandwielkast nodig.

## **1.2 kennis van de stoommachine**

De stoomkracht is na de windkracht de oudste techniek van de mensen om mechanische energie op te wekken. Bij de stoommachine is, zoals de naam al zegt, de energiedrager stoom. De energie in de stoom werd en wordt nog steeds met verschillende constructies zoals een zuigerstoommachine of een stoomturbine omgezet in andere energievormen.

Principieel zijn voor stoomenergie twee componenten nodig: een stoomketel en een zuigermachine of een turbine. Aan dit principe is tot op de dag van vandaag niets veranderd. Bij moderne stoommachines zijn echter wel de materialen en de technische uitvoering aangepast. Ook is er veel meer kennis opgedaan omtrent de mogelijkheden om het rendement te verbeteren.

Het rendement van zuigermachines was vroeger erg laag. Daarom werden ze al snel vervangen door veel effectievere stoomturbines. De momenteel nog werkende kerncentrales zijn in principe ‘gewoon’ stoomcentrales. De warmte voor het verhitten van water tot stoom wordt hier door kernsplijting geleverd.

### **1.2.1 Zo wordt uit water stoom**

Om uit de vloeibare toestand van  $H_2O$  waterdamp te laten ontstaan, dient het te worden verhit tot het kookt. Als het water kookt, gewoonlijk bij  $100^\circ C$  en  $1013kPa$  (het kookpunt is afhankelijk van de luchtdruk), ontstaat waterdamp. Als de druk toeneemt, verandert ook de kooktemperatuur van het water (dit geldt per definitie voor alle vloeistoffen). Zo wordt het kookpunt bij 2 bar druk in de ketel  $120^\circ C$  (theoretische waarde).

Het verhitten vraagt een bepaalde hoeveelheid energie die als verdampingswarmte wordt aangeduid. Om 1 gram water 1 graad in temperatuur te laten stijgen, zijn 4,2 Joule nodig. Voor het laten verdampen van 1 gram water zijn echter 2257 Joule nodig. Deze hoge energiebehoefte



kan worden verklaard door de volumetoename van waterdamp ten opzichte van water als vloeistof. Uit één liter water ontstaan bij gelijkblijvende druk 1673 liter waterdamp. Als deze waterdamp zich in een gesloten vat bevindt, zal een drukverhoging optreden, die ook een ketel kan laten exploderen. Bij stoommachines is daarom een veiligheidsventiel ingebouwd, dat bij te hoge druk de stoom kan laten ontsnappen.

Het is de bedoeling, de stoomdruk te gebruiken, om daarmee in een cilinder een zuiger te laten bewegen en zo mechanische arbeid te laten verrichten.

### **Verklaring:**

In de natuurkunde wordt met 'p' de druk aangeduid die met een kracht 'F' op een oppervlak 'A' wordt uitgeoefend.

Als de stoom verder afkoelt, vindt het omgekeerde proces plaats, de stoom condenseert. Hierbij komt de eerder voor het verdampen gebruikte hoeveelheid energie weer vrij als condensatiewarmte. Waterdamp condenseert bijvoorbeeld op koudere metaaloppervlakken als kleine zichtbare waterdruppels.

### **1.2.2 De ketel**

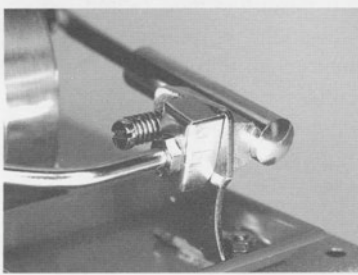
Afhankelijk van de toepassing en bouwwijze van de stoommachine wordt voor verschillende ketelvormen gekozen. Hoofddoel is altijd dat steeds een voldoende hoeveelheid stoom ter beschikking staat om de zuiger(s) van de stoommachine van de benodigde stoom te voorzien.

### **1.2.3 Het vliegwiel**

Bij een stoommachine wordt de heen-en-weergaande beweging van de zuiger in een draaiende beweging omgezet. Om een gelijkmatige omloop te krijgen werden klassieke stoommachines met een zwaar vliegwiel uitgerust. Hiermee wordt het bovenste en onderste dode punt overwonnen. Het vliegwiel vormt op deze manier een soort accu die tijdens de arbeidsslagen de bewegingsenergie opneemt en die tijdens de passieve gedeelten van de omwenteling weer afgeeft.

### 1.2.4 De oscillerende stoommachine

Met het oscillerende principe kan op eenvoudige wijze een functioneel stoommachinemodel worden gevormd. Bij een oscillerende stoommachine worden stoomin- en -uitlaat geregeld door een bewegende cilinder. De daarvoor noodzakelijke beweegbaarheid van de cilinder wordt in de regel bereikt, door een in het midden aangebrachte draaibare lagering. De cilinder wordt met behulp van een schroefveer tegen het bevestigingsvlak gedrukt. Beide glijvlakken dienen absoluut vlak te zijn.



*afb. 1.01: oscillerende cilinder  
stoommachinemodel uit deze box*

De cilinder heeft aan de achterzijde een boring die als ‘stoomgat’ wordt aangeduid. Tevens bevinden zich in het aansluitende bevestigingsvlak een stoomtoevoer- en een stoomafvoergat. Ligt het ‘stoomgat’ van de cilinder over het toevoergat, dan wordt stoom in de cilinder geblazen en zal de zuiger naar buiten bewegen. Hierbij wordt de hefbeweging via het krukaslager en de krukas (excentrische lagering) in een draaiende beweging omgezet. De massa van het vliegwiel duwt de zuiger terug, daarbij kantelt de cilinder en komt het ‘stoomgat’ voor het afvoergat te liggen en kan de afgewerkte stoom ontsnappen. Als de zuiger het achterste dode punt heeft overwonnen, kantelt de cilinder weer, komt het ‘stoomgat’ weer voor de stoomtoevoer en kan het spel van voor af aan beginnen.

#### **Principe van de oscillerende stoommachine:**

De uit de ketel afkomstige waterdamp komt door de stoominlaat in de beweegbare cilinder en drukt de zuiger naar buiten. Door de krukbeweging kantelt de cilinder en wordt de stoomtoevoer gesloten. Door de opwaartse beweging van de zuiger kantelt de cilinder verder en wordt de stoomafvoer bereikt. De afgekoelde stoom wordt uitgedreven en ontsnapt aan de zijkant. Het proces begint opnieuw.

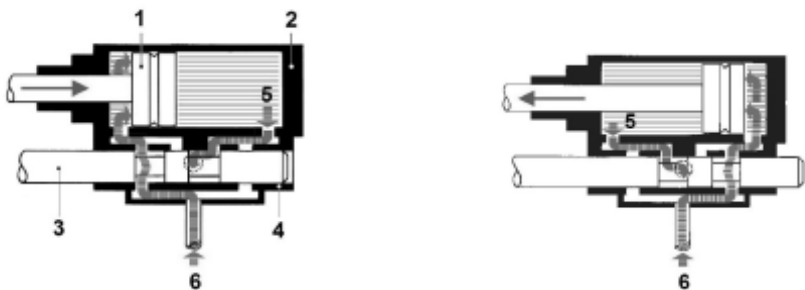
Het voordeel van deze machine is de aanmerkelijk eenvoudigere constructie, terwijl het toch een volwaardige stoommachine is. Dit type werd in de stoomscheepvaart toegepast.

### 1.2.5 Schuifgestuurde stoommachines

In tegenstelling tot de eenvoudige constructie zijn er ook modellen met schuif-sturing. Die kun je tegen komen bij de modellen D9/D10, D20 en verdere modellen van Wileco.

De schuifgestuurde stoommachine functioneert zodanig, dat de uit de ketel afkomstige waterdamp via de stoomtoevoer in de schuifkast wordt geleid en vandaar via de schuif in de cilinder aan de ene kant tegen de zuiger duwt. De stoom duwt door de overdruk de zuiger in de cilinder en omdat de zuiger via de drijfstang met de krukas is verbonden, zal het vliegwiel een halve slag maken.

Nu wordt de schuif bewogen. De stoomtoevoer komt nu aan de andere kant van de zuiger. Die wordt daardoor teruggedrukt. De afgekoelde stoom kan ontsnappen door de stoomafvoer en wordt bijvoorbeeld door de schoorsteen van het stoommachinemodel geleid. Het proces herhaalt zich.



*Afb 1.02: functioneel principe van een schuifgestuurde stoommachine (doorsnede door cilinder en schuifkast) a) stoom drukt de zuiger (1) naar rechts, b) naar links. 1 = zuiger, 2 = cilinder, 3 = schuifstang, 4 = schuifkast, 5 = stoomafvoer, 6 = stoomtoevoer*

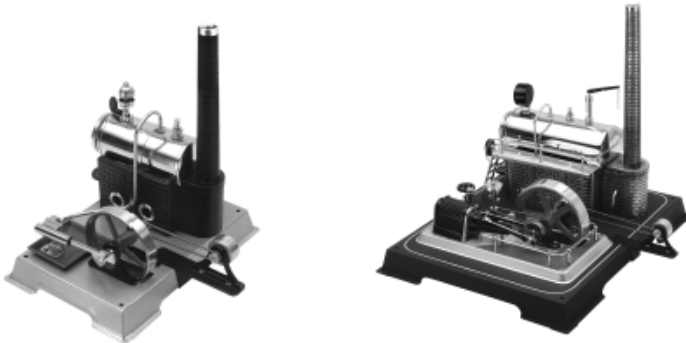
De stoommachine kan uit één of meerdere cilinders bestaan. Het voordeel van meer cilinders is, dat er een constante krachtomzetting plaatsvindt.

### **1.3 Vermogen en rendement**

Een groot voordeel van de stoommachine is, dat er geen inwendige verbranding plaats vindt en er dus ook geen hoge eisen worden gesteld aan de brandstof. Een stoommachine werkt met alles wat maar kan branden – kolen, olie, hout, turf, afval van een of andere soort, enz. Dat geldt natuurlijk niet voor het Wileco-stoommachinemodel, dat wordt met droge brandstof gestookt. Een ander voordeel van de stoommachine is, het relatief geringe bedrijfsgeluid. Wat je hoort is het mechaniek en de uitblaasgeluiden van de stoom. De machine zelf loopt praktisch geruisloos. Daar tegenover staat echter een wezenlijk nadeel: de stoommachine heeft maar een rendement van ca. 10 tot 12%. Dat wil zeggen, slechts 12% van de energie-inhoud van de brandstof wordt omgezet in bewegingsenergie.

#### **1.3.1 Vergelijk: oscillerende tegenover schuifgestuurde stoommachine**

Aan de beide modellen, bijvoorbeeld uit deze box en het model D20 kunt u zelf het verschil tussen oscillerend en schuifgestuurd goed onderzoeken. Ook met de experimenten uit de stoombox kunnen de verschillen prima worden uitgewerkt.



*Afb. 1.03: links het stoommachinemodel uit de stoombox met oscillerende cilinder, rechts het model D20 (schuifgestuurd)*

Naast het onderscheid in technische uitvoering, verschillen de modellen ook wat betreft vermogen en rendement. Het model uit de stoombox heeft meer brandstof nodig dan de D20 voor hetzelfde vermogen. Speciaal met de generator kan het verschil in vermogensafgifte goed worden aangetoond.

#### **1.4 Welke functie heeft stoommachine tegenwoordig?**

Op het gebied van krachtwerktuigen werd de stoommachine verdrongen en haar plaats ingenomen door de verbrandingsmotor. Vanwege de hoge energie-inhoud (10-12kWh per liter) van de brandstoffen kan een veel hoger vermogen bij geringer gewicht worden opgewekt en op een comfortabelere manier worden geregeld. En toch zijn er ook vandaag de dag nog toepassingen voor de stoommachine. Bijvoorbeeld in de kolenmijnbouw wordt deze techniek nog toegepast voor het transporteren van kolen. Hier kan de stoommachine dienen als ‘ophaalmachine’ voor de kolen en tegelijk als rem bij het neerlaten van vulmateriaal. De bij het neerlaten gewonnen kinetische energie wordt gebruikt om stoom op te wekken.

En er zijn altijd weer constructeurs die het principe van de stoommachine oppakken en het met moderne materialen in onze wereld brengen. Het voordeel ten opzichte van de verbrandingsmotor is immers extern verbrandingsproces dat met een veelvoud aan brandstoffen kan worden gevoerd. Een ander voordeel van de stoommachine is het goede gedrag bij overbelasting. De nominale belasting kan zonder problemen voor korte tijd overschreden worden. Dit kan in de hier beschreven experimenten worden aangetoond door de generator kortstondig kort te sluiten.

Bij moderne stoommachines die over een emissiearme externe verbranding beschikken, wordt stoom opgewekt met een hoog rendement en dan, vergelijkbaar met een dieselmotor, via ventielen ingespoten. Deze machines werken meestal in tweetaktproces en kunnen bovendien praktisch zonder de gebruikelijke smeermiddelen werken, omdat de slijtende delen uit moderne koolstofcomponenten zijn vervaardigd.

##### **1.4.1 Hybridesystemen bestaande uit een fotovoltaïsche installatie en een stoommachine**

Er zijn verschillende onderzoeken gaande met proefopstellingen bestaande uit moderne fotovoltaïsche installaties (zonnepanelen) gecombineerd met een stoommachine. Zo'n systeem kan zinvol zijn in gebieden waar qua klimaat voornamelijk in de zomer zonne-energie kan worden toegepast en

voor het winterhalfjaar een aanvulling nodig is. Hier kan het beste een warmte-krachtkoppeling worden toegepast die hoofdzakelijk in het stookseizoen wordt ingezet. Met zo'n installatie kunnen particuliere huishoudens of verbruikers binnen een bedrijf het hele jaar door onafhankelijk van energie worden voorzien.

In plaats van de stoommachine kan ook een Stirlingmotor worden toegepast. Beide technieken kunnen werken met bijna alle vaste, vloeibare en gasvormige brandstoffen, zoals kolen, hout, of biogas.

**Tip:**

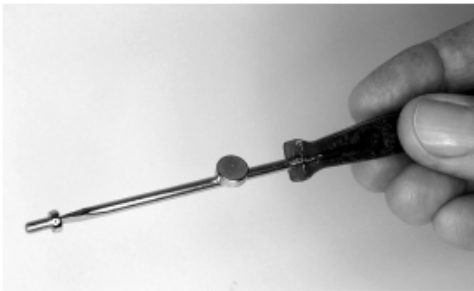
Als u met de e-box E50 en een bestaand stoommachinemodel werkt, kunt u het volgende hoofdstuk (2) overslaan en direct naar hoofdstuk 3, Experimenten in combinatie met een bestaand stoommachinemodel, gaan.

## 2 Het model samenbouwen

Afhankelijk van of u de stoombox D100E heeft, of een bestaand model stoommachine, gaat u hier verder met het samenbouwen, of gaat u verder in het volgende hoofdstuk naar de Experimenten in combinatie met een bestaand stoommachinemodel.

### 2.1 *Tips en trucs voor het succesvol samenbouwen*

Soms is iets lastig, schroeven op onbereikbare plaatsen aan het stoommachinemodel (bijv. bij het vliegwiel) vastdraaien. Dan kan het handig zijn een kleine magneet aan de schroevendraaiersteel te ‘plakken’, zodat de schroevendraaier magnetisch wordt en je makkelijker schroefjes in de gaatjes kunt plaatsen.



*Afb. 2.01: schroevendraaier wordt magnetisch en houdt de schroef vast.*

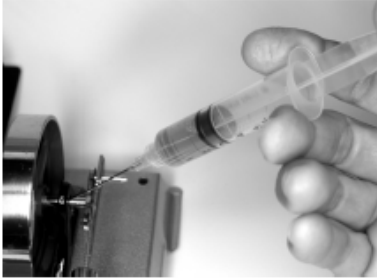
Om schroeven vast te draaien is het handig tegelijkertijd met een moersleutel de moer tegen te houden.

Om kleine onderdelen zoals schroefjes, moertjes en pakkingen niet kwijt te raken, kunnen ze als hulp in een platte schaal worden gelegd.

Over het oliën van bewegende delen:

Een kleine weggooispuiter met stompe naald kan heel goed dienen om olie te doseren. (scherpe naalden eventueel omknippen of afslijpen om het gevaar voor verwonding weg te nemen). Hiermee kan de stoommachine-olie precies op de te smeren delen worden gedoseerd.

Voor het smeren van zuiger en cilinder, geen dunne olie gebruiken.  
Gebruikt u uitsluitend Wileco-stoommachine-olie.



*Afb. 2.02: oliën met een weggooisput*

Voordat u de droge brandstof die in de branderschuif is gedaan aansteekt, kunt u het beste even proberen of de schuif makkelijk in de geleider (in het ketelhuis van het stoommachinemodel) kan worden geschoven. Als dat niet zo is, kan de geleider zijdelings een beetje ruimer worden gemaakt.

## **2.2    *Bouwhandleiding stap voor stap***

Alle delen – ook de gereedschappen die voor het samenbouwen van de modelstoommachine nodig zijn – zijn in de stoombox D100E aanwezig. Volgt u de beschreven stappen precies, anders kan de werking van de stoommachine nadelig worden beïnvloed.

### **Stap 1: Montage van de ketel**

De ketelvasthoudbeugel (4) van onderaf door het ketelhuis (2) naar boven schuiven. De beugel moet met de omgebogen zijkanten goed aanliggen in de uitsparingen midden in de bovenrand van het ketelhuis (2). Nu de ketel (3) zoals afgebeeld, tussen de beugel (4) en het ketelhuis schuiven. Het peilglas moet aan de kant van het stookgat zijn. Daarna de ketel (3) van onderaf tegen de beugel duwen en tegelijk naar achteren schuiven, tot hij in de achterste steun klikt.

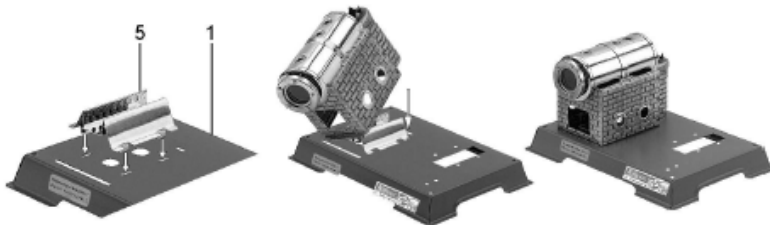




*Afb. 2.2.1: montage van de ketel*

### **Stap 2: Montage van de brandergeleiding en het ketelhuis**

De brandergeleiding (5) met z'n lipjes in de daarvoor bestemde sleufjes in de bodemplaat (1) steken (punt naar voren). De bevestigingslipjes van de brandergeleiding aan de onderkant van de bodemplaat met een stomp voorwerp (bijv. een schroevendraaierhandvat) naar buiten vouwen. Nu het hele ketelhuis met de erop gemonteerde ketel (3) in de grondplaat steken. Eerst de kant van het peilglas in de lange sleuf inhaken, dan de twee andere lippen ook door de grondplaat steken en ombuigen. De waarschuingssticker "Let op het waterniveau" onder het peilglas op de bodemplaat (1) plakken. Het typeplaatje komt ook op de bodemplaat (1)

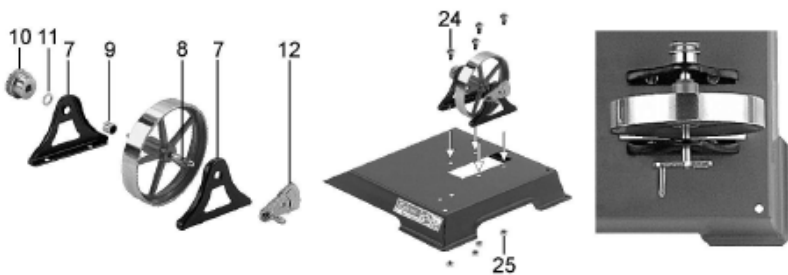


*afb.2.2.2 Brandergeleiding en ketelhuis monteren*

### **Stap 3: Montage van het vliegwiel**

Over de korte zijde van de vliegwielas (8) eerst een lagerblok (7) schuiven, daarna de krukschijf (12) erop schroeven. Aan de andere kant van het vliegwiel eerst het snaarwiel verwijderen, dan achtereenvolgens een afstandbusje (9), een lagerblok (7) en een ring (11) over de as schuiven en

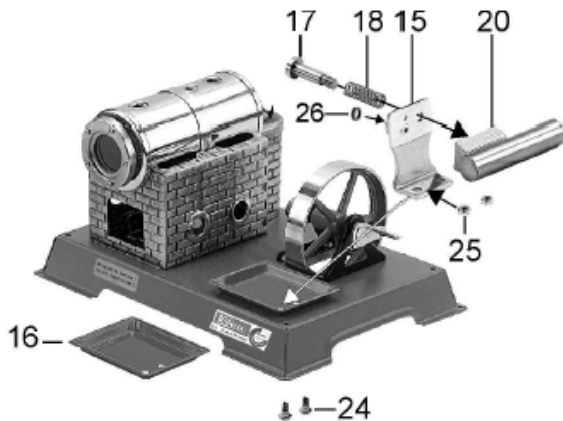
daarna het snaarwiel er weer op schroeven. De krukschijf (12) en het snaarwiel (10) beurtelings goed vast draaien. Deze vliegwieleenheid wordt nu met schroeven M3x6 (24) en moeren (25) op de bodemplaat gemonteerd en wel zo, dat de krukschijf naar buiten wijst. De schroeven door de lagerbokken en de bodemplaat vastschroeven is wat lastig. Het kan helpen daarbij een magneetje aan de steel van de schroevendraaier te plakken, waardoor de schroevendraaier magnetisch wordt en de schroefjes makkelijker in de boringen gestoken kunnen worden zonder dat ze vallen. (zie ook het gedeelte Tips en trucs).



*Afb. 2.2.3: Montage van het vliegwiel*

#### **Stap 4: Montage van de cilindereenheid**

Eerst bouwt u de cilindereenheid samen. De veer (18) en de schuifwand (15) over de M3x16-schroef schuiven en deze één a twee slagen in de schroefdraadopening van de cilinder (20) draaien. (Niet verder inschroeven, omdat anders de cilinder wordt beschadigd). Nu de schuifwand samen met het condenswaterschaaltje (16) met 2 schroeven M3x6 (24) en moeren (25) in de bodemplaat bevestigen. De schroeven van onder door de betreffende boringen steken en met een moertje vastzetten.



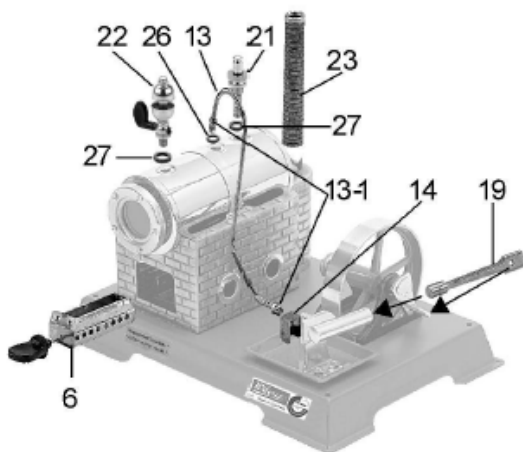
*Afb. 2.2.4: Montage*

*van de cilindereenheid*

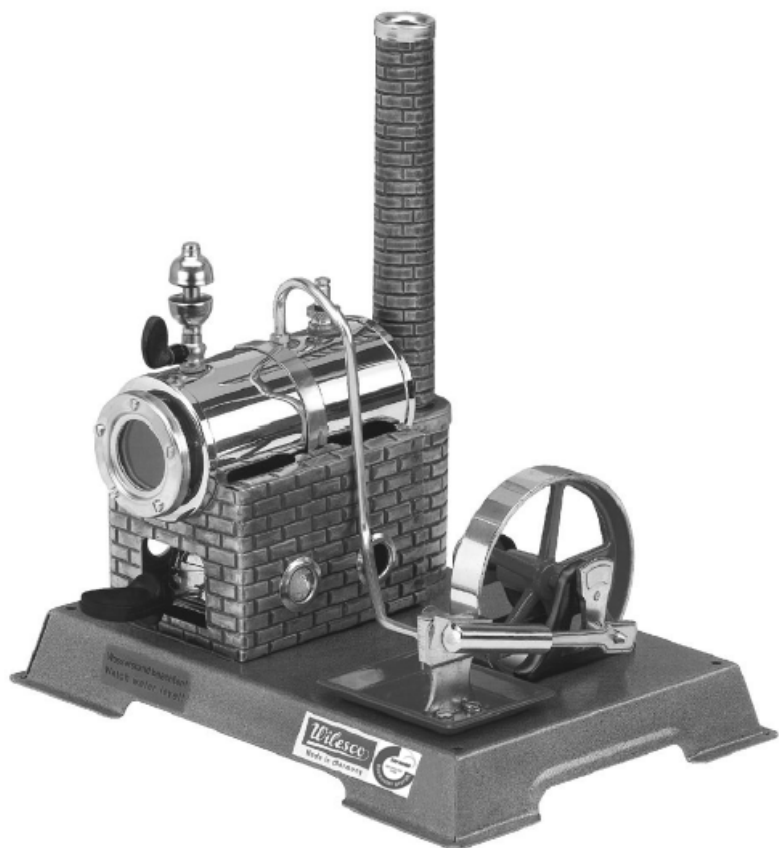
### **Stap 5: Montage van de stoomleiding en de schoorsteen, eindmontage**

In de ketel zijn 3 schroefdraadboringen aangebracht. In de middelste, die gelijk is aan de boring in de schuifwand, legt u een kleine afdichting (26). Eerst de afscherming (14) met de opening naar beneden aan de zijde van de schuifwand over een wartel (13-1) schuiven en dan beide wartels (13-1) van de stoomleiding (13) met de hand in de betreffende boringen schroeven. Als de zuiger in de cilinder is geschoven en de zuigerstang over de pen aan de krukschijf, moet worden gecontroleerd of de cilinder haaks op de vliegwielas staat. Eventueel kunt u dit corrigeren door de schroeven in de schuifwand iets los te maken en na het richten weer vast te zetten. Hierna schroeft u beide wartels van de stoomleiding lichtjes vast met de meegeleverde steeksleutel. Nu schroeft u met de hand – niet met gereedschap – de stoomfluit (22) en het veiligheidsventiel (21) beide met een grote afdichting in de ketel. De fluit kan door combineren van afdichtingen in de gewenste stand worden gebracht. De kunststof handel van de fluit moet beslist naar voren steken, opdat hij niet kan verbranden. De branderlade (6) kan nu onder de ketel worden geschoven. De schoorsteen na het opzetten vastschroeven met twee kleine plaatschroeven.

De samenbouw is nu compleet. Tot slot plakt u de sticker “Getest bouwmonster” van TÜV/Nord op de bodemplaat.



*Afb. 2.2.5: Eindmontage*



*Afb. 2.3.1: Kompleet stoommachinemodel zonder generator*

## 2.3 Veiligheidsbepalingen

### Belangrijke aanwijzingen en veiligheidsmaatregelen voor uw eigen veiligheid:



Vanwege de veiligheid mogen kinderen de stoommachine alleen onder toezicht van volwassenen in bedrijf stellen. (Aanbevolen leeftijd vanaf 8 jaar). De machine nooit zonder veiligheidsventiel gebruiken. Vanaf het opstoken totdat de machine geheel is afgekoeld mag het model geen moment zonder toezicht zijn.

Uitsluitend Wileco-stoommachineolie en vaste brandstoftabletten gebruiken.

1. Elke onregelmatigheid bij het gebruik van de stoommachine mag alleen door geautoriseerde vakhandelaren of Wileco zelf worden opgelost.
2. Iedere eigenmachtige wijziging, reparatie of manipulatie – afwijkend van de gebruiksinstructies – leidt tot verlies van aanspraak op garantie, tenzij de schade is te herleiden tot een productiefout.
3. De onderdelen die onder stoomdruk komen te staan zoals de ketel, veiligheidsventiel enz. verlaten onze fabriek alleen nadat ze 100% zijn gecontroleerd. Het veiligheidsventiel mag niet worden versteld. Gebruik van de stoommachine zonder veiligheidsventiel is niet toegestaan. De werking van het veiligheidsventiel moet voor elke keer gebruiken worden getest door indrukken van de veer of kort optillen van de ventielstang. Als zich door gebruik van hard water kalk heeft afgezet op het ventiel, dient het ventiel direct door een nieuwe te worden vervangen.
4. Hoge temperaturen: vanwege hun functie worden de branderlade, ketel en ketelhuis, veiligheidsventiel, stoomleiding enz. **heet**. **PAS OP!** Niet aanraken er is kans op brandwonden!
5. Beschermingsmaatregelen: Tijdens bedrijf moet er op worden gelet, dat kinderen niet in de draaiende machinedelen kunnen grijpen.

6. Gevaar bij het stoken zonder voldoende water in de ketel: Er moet voortdurend op worden gelet, dat de stoommachine alleen met voldoende water in de ketel in bedrijf wordt gesteld. Het is aan te bevelen, om elke keer dat nieuwe brandstoftabletten in de lade worden gedaan, ook het water aan te vullen.



7. Het waterpeil moet in het kijkglas minimaal aan de onderrand zichtbaar zijn, anders raken soldeerpunten lek en wordt de ketel verwoest. Hierdoor ontstane schade of vervolgschade kan niet worden verhaald. Indien er aan de ketel of de appendages lekken optreden waar water of stoom uittreedt, moet de stoommachine onmiddellijk buiten bedrijf worden gesteld (brandstoflade uittrekken en stoomfluit bedienen). Noodzakelijke reparaties mogen alleen door een geautoriseerd vakman of WileSCO zelf worden uitgevoerd.
8. De stoommachine voldoet aan de veiligheidsnorm, resp. de geldende wettelijke bepalingen. Iedere stoomketel wordt met water op 5 bar afgeperst. De bedrijfsdruk bedraagt maximaal 1,5 bar. De ketelinhoud van het beschreven model bedraagt  $135\text{cm}^3$
9. De bedrijfshandleiding moet beslist worden bewaard.
10. Het is aan te raden, de stationaire stoommachine op een stroeve ondergrond te plaatsen of met vier schroeven (3,5x45) op een stuk (bekleed) spaanplaat van ca. 16mm dik te bevestigen. De afmetingen van de plaat zijn afhankelijk van het aantal modelapparaten dat de stoommachine moet gaan aandrijven.

**Let op!** Zorg voor voldoende afstand tussen de stoommachine en brandbare voorwerpen. De machine niet gebruiken op temperatuurgevoelige ondergronden.

## 2.4 Voorbereiding voor de eerste keer proefdraaien

Componenten: gedestilleerd water, stoommachineolie, droge-brandstoftabletten

Aanwijzing:

De stoommachine dient alleen overeenkomstig de bedrijfshandleiding en de veiligheidsbepalingen in bedrijf te worden gesteld.

1. Het veiligheidsventiel uitschroeven en met behulp van de meegeleverde trechter de ketel voor  $\frac{3}{4}$  (bovenrand peilglas) met liefst warm water vullen. De trechter tijdens het vullen iets optillen om de lucht uit de ketel te laten ontsnappen. Alleen kalkarm of kalkvrij (bijv. gedestilleerd) water gebruiken.
2. De stoomfluit op de ketel bevestigen. Bij het inschroeven dient de hendel zoveel mogelijk naar voren te wijzen (eventueel verschillende afdichtingen gebruiken), om de fluit te kunnen bedienen zonder de ketel aan te raken. Niet aan de hendel trekken of met de hendel uittrekken, maar deze voorzichtig heen en weer bewegen.

Aanwijzing:

Met de stoomfluit kunt u eenvoudig door het bedienen van de hendel de overdruk in de ketel regelen, of voor het smeren testen of er nog genoeg stoomdruk is.

3. De zuiger alleen smeren als er geen stoomdruk in de ketel aanwezig is. Oom te controleren de stoomfluit een paar keer bedienen. Om te smeren de zuigerstang van de krukstift afnemen, 2 – 3 druppels Wileco-stoommachineolie op de zuiger aanbrengen en nog eens 2 - 3 druppels in de cilinder. De zuiger weer in de cilinder schuiven en de zuigerstang op de krukstift. 2 – 3 druppels zijn genoeg voor ongeveer 10 minuten bedrijf. Alle lagers en gewrichten licht smeren. Voor elke keer dat de ketel moet worden gevuld, testen of er nog druk in de ketel aanwezig is door de fluit te bedienen.
4. Droge-brandstoftabletten in twee lagen in de lade aanbrengen. De onderste plat en daarbovenop een laag





op-z'n-kant. Voor één keer draaien niet meer dan 3 stuks gebruiken. Direct daarna de tabletten aansteken. Alleen de originele Wileco-branderlade gebruiken. **Pas op! Beslist de nodige veiligheidsmaatregelen treffen voor het omgaan met open vuur en deze ook toepassen.**

De branderlade is via de in de zijkant aangebrachte openingen verstelbaar ten opzichte van de openingen in de brandergeleiding in het ketelhuis. Hiermee laat zich de zuurstoftoevoer en daarmee de vlamhoogte regelen. Om droogkoken te voorkomen, dient voor het navullen van de branderlade het waterpeil in de ketel gecontroleerd en zonedig aangevuld te worden. De verhouding tussen brandstoftabletten en waterinhoud van de ketel zijn zo bepaald, dat tijdens het branden van één tabletten vulling droogkoken uitgesloten is. De branderlade moet geheel ingeschoven zijn. Belangrijk: na het stoken de branderlade uitschuiven terwijl die nog warm is, dus voor het afkoelen. Anders kan de lade door verbrandingsresten aan de geleider vastplakken. Mocht de lade toch vastzitten, dan kunt u die door voorzichtig naar links en rechts kantelen weer loswerken.

**LET OP!** Het stoken met droge-brandstoftabletten vraagt veel zuurstof. Een goede ventilatie is daarom noodzakelijk



**Aanwijzing:**

Brandstoftabletten die nog niet helemaal zijn opgebrand, vanwege de nare geur die dit oplevert, niet uitblazen, maar laten opbranden. Indien er niet genoeg water in de ketel is, kan de branderlade op een vuurvaste ondergrond worden gelegd om hier de brandstoftabletten compleet te laten opbranden.

5. Bij zichtbare stoomvorming het vliegwiel even een zetje geven, dan kan het condenswater uit de stoomleiding en de cilinder ontsnappen en loopt de stoommachine aan.
6. Na het beëindigen van het stoombedrijf en het afkoelen dient de stoommachine te worden onderhouden. Het water dat nog in de ketel is achtergebleven, moet worden uitgeschud. Hiertoe schroeft u het veiligheidsventiel uit de ketel en verwijdert u alle losse onderdelen van de

machine. Voorzichtig met het nog hete water! Eventueel in de ketel achtergebleven water heeft geen invloed op de werking, maar kan wel voor aanslag op het peilglas zorgen. Afzettingen in de ketel of aan het peilglas nooit met azijn of iets dergelijks verwijderen! (Tip: kalkoplosser gebruiken die messing en soldeertin niet aantast). Roetaanslag op de onderzijde van de ketel heeft ook geen invloed op de werking, maar kan met een zachte borstel worden verwijderd. Ten slotte het model droog poetsen.



*Afb. 2.3.2: Stoommachine uit de stoombox met generator*

## **3 Experimenten met de stoommachine en extra componenten**

Met extra componenten kunnen samen met de stoommachine elektrische en elektronische schakelingen worden opgebouwd.

### **3.1 Componenten en hun beschrijving**

Hierna worden de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden beschreven van de extra onderdelen uit de stoombox D100E en de e-box E50.

#### **3.1.1 Generator**

De stoombox D100E en de e-box E50 bevatten een permanent bekrachtigde gelijkstroommachine, die bij de experimenten vooral als generator wordt gebruikt. Strikt genomen is er geen onderscheid tussen motor en generator. Elektrische machines werken, afhankelijk van schakeling en toepassing als motor of als generator.

Bij een generator heeft de permanente bekrachtiging het voordeel, dat voor het magnetische veld dat voor de stroomopwekking nodig is, een permanentmagneet wordt gebruikt in plaats van een spoel. De extra energie die voor de bekrachtiging nodig is, hoeft niet apart te worden toegevoerd. Vooral bij langzaam draaien is voor het veld meer energie nodig, dan uit de mechanische energie kan worden omgezet.

De gelijkstroomgenerator bestaat uit een rotor (spoel met lakdraad) die in een permanentmagneet (stator) draait. De rotorspoel is via borstels met de aansluitingen (rode en zwarte aansluitdraad) verbonden. Door een zogenaamde commutator die wordt gevormd door de vlakjes waar de borstels tegenaan lopen, wordt elke halve omwenteling de polariteit van de spoel omgekeerd.



*Afb.3.01: schakelsymbool, generator*



*Afb. 3.02: Gelijkstroommachine*

*verbonden met lagerblok*

De aansluitingen (rood en zwart) zijn uitgevoerd als soepele snoeren en kunnen met bijvoorbeeld krokodillenklemmen met het steekbord worden verbonden.

### **3.1.2 Drijfriem (aandrijfspiraal)**

De meegeleverde aandrijfspiraal kan door draaien in elkaar worden gestoken, of uit elkaar getrokken. Houd het in de afbeelding links getekende einde vast en draai het rechts getekende deel 1 - 2 slagen naar links (a) dan blijft de spiraal later niet onder spanning staan. Steek dan het conische (rechts getekende) gedeelte in het cilindrische (linkse) deel en draai het 1 - 2 slagen in elkaar (b) om de windingen goed in elkaar te laten grijpen. Demonteren gaat in omgekeerde volgorde.



*Afb. 3.03: Riem*

*samenstellen a) stap 1, b) stap 2*

In de stoombox zijn aandrijfspiralen meegeleverd. Langere aandrijfspiralen uit de toebehoren kunnen op de gewenste lengte worden gemaakt, door afknippen met een stevige schaar. Voor het overbrengen van mechanische energie van de stoommachine op de generator is een lengte van 175 tot 185mm optimaal. Het teveel aan lengte moet van het cilindrische deel worden afgeknipt, dan blijft het conische deel voor het samenstellen van de riem beschikbaar.

### **3.1.3 Steekbord**

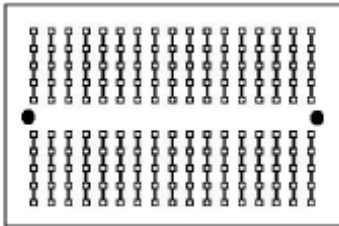
Het stookbord, ook wel aangeduid als experimenteerbord, bestaat inwendig uit contactveren die in rijen met elkaar zijn verbonden.

Het steekbord leent zich prima voor het opbouwen van elektronische schakelingen in combinatie met de stoommachine. De elektronische componenten als leds, weerstanden en ook verbindingsdraden kunnen steeds weer in de openingen worden gestoken. Het steekbord maakt het mogelijk zonder solderen of schroeven een schakeling op te bouwen en door verwisselen van de componenten met de schakeling te experimenteren. Gegevens: het meegeleverde steekbord heeft totaal 170 contacten in 2,54mm-steekraster. De 170 contacten zijn telkens door verticale stroken samengesteld tot rijen van 5.

- Afmetingen: 45mm x 33mm x 9mm
- Contactafstand: 2,54mm (100 mil)
- Kabelaanluiting: dikte 0,3 – 0,8mm (AWG20-28)
- Gatvorm: rechthoekig
- Bevestiging: met plakfolie aan de onderzijde

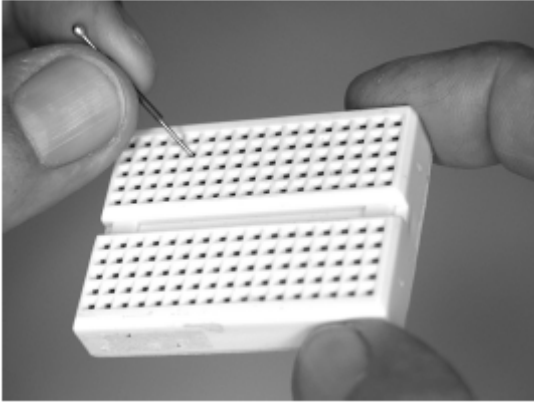


*Afb. 3.04: steekbord*



*Afb. 3.05: Inwendig schakelprincipe van het steekbord (verbinding van de steekcontacten in rijtjes van 5)*

Als het steekbord nog nieuw is, kan het insteken van aansluitdraden van componenten nog wat lastig gaan. Neem dan een naald en duw die in de gaatjes om de contactveren wat op te ruimen. De klemmen zijn bedoeld voor draaddiktes van ca. 0,3 – 0,6mm, dus neem niet een te dikke naald, anders worden de contactveren te wijd en lijdt het contact met de ingestoken aansluitingen daaronder.



*Afb. 3.06: Met een naald de contactveren wat ruimer maken*

Alle componenten kunnen zonder solderen worden ingestoken. Dit insteken moet worden geoefend om niet direct alle pootjes om te knikken. Neem de pootjes stuk voor stuk in de hand en steek ze vertikaal in het contactpunt, eventueel met behulp van een kleine platbektang. Schuin afgeknipte aansluitdraden maken het insteken makkelijker. Korte draadjes – zoals van leds – kunt u ook met een platbektang of pincet insteken om ze niet te laten knikken. Draadbruggetjes kunnen van het meegeleverde schakeldraad van 0,6mm worden gemaakt. Hiertoe de lengte afschatten of afmeten van het bruggetje plus de lengten die moeten worden ingestoken. De eindjes afstrippen met een fijne striptang of met een mesje rondom insnijden en de isolatie er aftrekken.

Het steekbord kan op een onderlegplaat, bijv. van hout worden gemonteerd. De onderlegplaat op de gewenste maat maken en afwerken. De achterzijde van het steekbord is voorzien van plakfolie. Als het bescherm papier wordt afgenomen, kan het steekbord op een gladde stofvrije ondergrond worden geplakt.

Let op! Als het steekbord eenmaal is opgeplakt kan moeilijk worden weer los gemaakt zonder dat het wordt beschadigd.

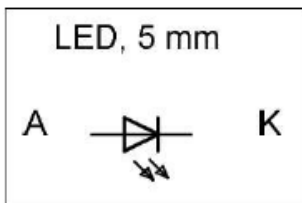


Afb. 3.07: Steekbord op een onderplaat geplakt. (onderplaat niet meegeleverd)

### 3.1.5 Leds (lichtdioden)

Een led (Engels: **l**ight **e**mitting **d**iode = licht uitzendende diode) heeft naast de eigenschappen van een gewone diode nog een extra kenmerk! Hij geeft licht als er een stroom doorheen loopt. In de verpakking treft u een rode, een oranje, twee witte leds en een rode knipperled. De knipperled herkent u aan het kleine zwarte puntje in de rode behuizing. De zwarte punt is een geïntegreerde schakeling die voor het knipperen zorgt.

Lichtdioden (leds) mogen in de regel alleen met een voorschakelweerstand worden gebruikt, omdat ze anders defect raken.



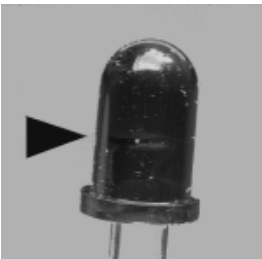
Afb. 3.08: Schakelsymbool voor een led. De grote pijl wijst de richting van de elektrische stroom aan. A staat voor anode (+) en K voor kathode (-)



Voor enkele experimenten in combinatie met de generator zijn voorschakelweerstand van  $100\Omega$  tot  $1k\Omega$  geschikt. In tegenstelling tot gloeilampen hebben leds geen gloeidraad. Om die reden gaan ze lang mee en hebben een gering stroomverbruik.



*Afb. 3.09: aansluitingen van een led. De anode (+) heeft een langere aansluitdraad dan de kathode (-) en bij de kathode heeft de behuizing tevens een platte kant*



*Afb. 3.10: knipperled met ingebouwd knipper-ic*

### **3.1.6 Elco (elektrolytische condensator)**

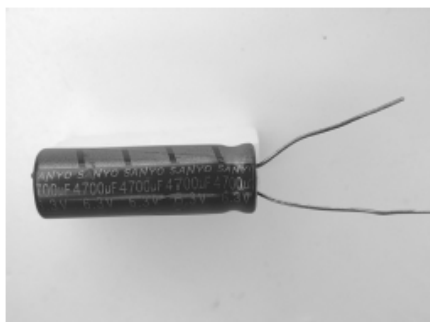
Elektrolytische condensatoren hebben in vergelijking met gewone condensatoren een hoge capaciteit. Een condensator kun je je voorstellen als twee metalen platen (zoals het schakelsymbool er eigenlijk uit ziet). De eerste plaat van de elektrolytische condensator is door een oxidelaag (diëlektricum) geïsoleerd. De tweede plaat bestaat uit een elektrolyt, waar

de condensator zijn naam aan dankt (een geleidende vloeistof). Vanwege het elektrolyt is de elco polariteitafhankelijk en zijn de aansluitingen met een + en een - aangeduid. Als de component voor langere tijd langere tijd “verkeerd om” wordt aangesloten, raakt daardoor het elektrolyt van de condensator beschadigd. De op de behuizing aangegeven spanning mag niet worden overschreden, anders raakt de isolatielaag defect. In de verpakking bevinden zich radiale elco’s met de waarden  $1000\mu\text{F}$  en  $4700\mu\text{F}$ .



Afb. 3.11: schakelsymbool, elektrolytische condensator, kortweg elco. Links de pluspool

Verklaring:  
 $\mu\text{F}$  betekent micro-Farad. De eenheid  $\mu$  is een miljoenste deel van de grondeenheid.



Afb. 3.12: Elektrolytische condensator (elco) met aansluitdraden. De plus is de langere aansluitdraad. Tevens is de minus aan de behuizing gemerkt met een lichte streep.

Verklaring:  
De elektrolytische condensator wordt door vaklui eenvoudigweg elco genoemd. Deze aanduiding wordt ook in de handleiding gebruikt.

### 3.1.7 Diode

Dioden laten de stroom maar in één richting door, daarom worden ze onder andere gebruikt voor het gelijkrichten van wisselspanningen en voor het blokkeren van ongewenste polariteiten bij gelijkspanning. Van het meegeleverde model kan de functie het beste worden voorgesteld als een terugslagventiel (zoals in waterinstallaties toegepast). Als druk (spanning) in sperrichting op dit ventiel (diode) wordt uitgeoefend, wordt de stroming geblokkeerd.

#### SCHOTTKYDIODE



*Afb. 3.13: Schakelsymbool van de schotkydiode. Links met A aangeduid is de anode (+) Rechts met K aangeduid is de kathode (-).*

In de tegenrichting (de richting van de pijl) moet de druk groot genoeg worden om de veerdruk in het ventiel (sperspanning) te overwinnen. Daarna gaat het ventiel open en kan de stroom lopen. De spanning die in het mechanische voorbeeld nodig is om de veerdruk te overwinnen, komt overeen met de zogenaamde drempelspanning bij een diode. Hierbij moet een bepaalde spanning in geleiderichting over de diode staan, om deze te laten geleiden.



Afb. 3.14:

schotkydiode type BAT48. De kathode is herkenbaar aan de opgedrukte zwarte ring, de andere aansluiting is de anode. De elektrische stroom loopt van anode naar kathode.

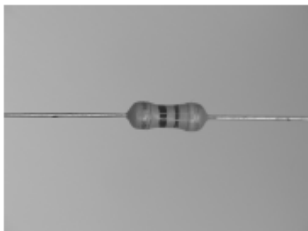
Verklaring:

Bij de meegeleverde Schottkydiode begint de geleiding al bij 0,25V, hiermee is een verliesarme overdracht mogelijk.

### 3.1.8 Weerstanden

Een weerstand is een passief element in elektrische en elektronische schakelingen. Zijn hoofddoel is het reduceren van de stroom die er loopt tot een zinvolle waarde. (Zie ook bij leds). De bekendste verschijningsvorm van weerstanden is de cilindrische keramische drager met axiale aansluitdraden. De weerstandwaarden zijn gecodeerd met opgedrukte gekleurde ringen. In de verpakking bevinden zich koelfilmweerstand met waarden volgens onderstaande tabel:

Aantal	Weerstand waarde	1 <sup>e</sup> ring 1 <sup>e</sup> cijfer	2 <sup>e</sup> ring 2 <sup>e</sup> cijfer	3e ring vermenigvuldigingsfactor	4e ring tolerantie
1	1 ohm	Bruin	Zwart	Goud	Goud
1	10 ohm	Bruin	Zwart	Zwart	Goud
1	100 ohm	Bruin	Zwart	Bruin	Goud
2	1000 ohm	Bruin	Zwart	Rood	Goud



R = Widerstand



Afb. 3.15: links foto van een weerstand, rechts schakelsymbool. Bij weerstanden is de aansluitrichting willekeurig.

### 3.1.9 Experimenteersnoeren (rood/zwart)

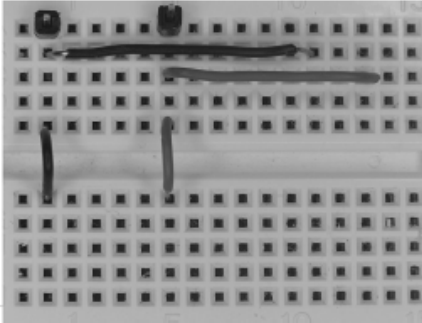
Met experimenteersnoeren met aan elk einde een krokodillenklem kunt u snel en eenvoudig losse onderdelen elektrisch aansluiten en verbinden (zonder soldeerbout). Het is zinvol om voor de pluspool het rode snoer te gebruiken en voor de minpool het zwarte snoer.



*Afb. 3.16: Experimenteersnoeren met krokodillenklemmen.*

### 3.1.10 Verbindingsdraad (rood/zwart)

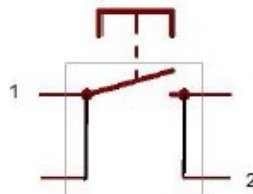
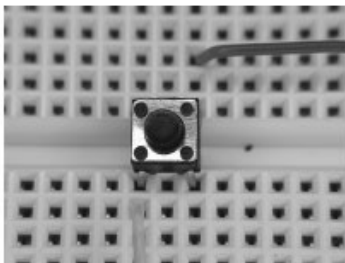
In de verpakking vindt u ook schakeldraad. Het draad dient aan de einden ca. 8mm te worden afgestript en kan dan direct in gaatjes van het steekbord worden gestoken. Van het schakeldraad kunt u naar behoefte verschillende lengten afknippen en de eindjes afstrippen. Met deze draadstukken kunt u verbindingen maken tussen de verschillende contacten van het steekbord. Een keer gemaakte verbindingen kunnen altijd weer opnieuw worden gebruikt.



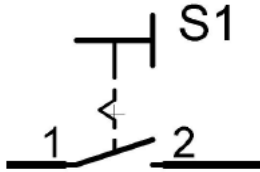
*Afb. 3.17: Toepassingsvoorbeeld van schakeldraad. In de bovenste rij contacten zijn steekpennen te zien voor aansluiting met krokodillenklommen. De bovenste 5 rijen zijn met de onderste 5 rijen verbonden.*

### 3.1.11 Drukknop

De verpakking bevat een drukknop overeenkomstig de afbeelding. De getekende vorm geeft twee aansluitingen weer die dubbel zijn uitgevoerd. Deze vorm is zeer geschikt voor gebruik in het steekbord. De verbinding komt zolang tot stand als de knop wordt ingedrukt. Bij loslaten is de verbinding weer verbroken. Bij het aansluiten moet erop worden gelet, dat de 4 pootjes worden aangesloten zoals getekend, anders werkt de drukknop niet omdat de aansluitingen inwendig zijn doorverbonden.



*Afb. 3.18: a) drukknop in het steekbord en b) aansluitingen*



Afb. 3.19: Schakelsymbool van de drukknop

Componenten in het overzicht:

Aantal	Soort	Detail
1	Generator, permanent gelijkstroom	
1	Houder voor de generator	
1	Steekbord	170 contacten
1	Drukknop	
1	Led rood	5mm
1	Led oranje	5mm
2	Led wit extra helder	5mm, 2500mcd
1	Knipperled rood	5mm
1	Elco	1000 $\mu$ F, 10V of hoger
2	Elco	4700 $\mu$ F, 10V of hoger
1	Diode, Schottky	BAT48
2	Experimenteersnoer met krokodillenklemmen	Rood en zwart
2	Steekstift	
5	Weerstand, koolfilm, ¼ watt	1, 10, 100 ohm, 2st 1k-ohm
0,5m	Draad, rood	0,6mm
0,5m	Draad, zwart	0,6mm

Tip:

Het is aan te bevelen, de volgorde in de handleiding aan te houden. Dat vergemakkelijkt het begrijpen en voorkomt dat er later moet worden omgebouwd. Later kunt u de experimenten eenvoudig in willekeurige vorm herhalen.

Aanbevolen volgorde:

1. Instructies lezen
2. Experimenten opzetten
3. Opzet controleren
4. Bouwelementen en varianten voor de experimenten voorbereiden
5. Stoommachine starten

De generator mag alleen voor het hier beschreven doel worden gebruikt!

### **3.2 Van mechanische energie in elektrische energie**

Om met de geproduceerde stoom elektriciteit te maken, zijn meer stappen nodig. Eerst de omzetting van stoomenergie in mechanische energie en als volgende stap de omzetting van mechanische in elektrische energie. Elektrische energie heeft het voordeel, dat het in ons dagelijks leven via het reeds aanwezige stroomnet kan worden getransporteerd en bij de gebruikers universeel kan worden toegepast.

#### **3.2.1 Aansluiting en werking van de elektrische machine**

In de stoombox D100E en in de e-box E50 bevindt zich een permanent bekrachtigde gelijkstroommotor, die voor de experimenten bij voorkeur als generator wordt toegepast. De elektrotechniek maakt geen onderscheid tussen motor en generator. Elektrische machines werken afhankelijk van toepassing en schakeling als motor of als generator.

De eigenschappen en werking van de generator worden u duidelijk in de volgende hoofdstukken en door de praktische experimenten. In de volgende tekst wordt de elektrische machine als generator aangeduid als deze mechanische energie omzet in elektrische energie.

**Generator aansluiten:**



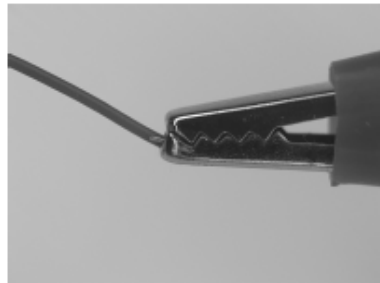
Componenten: Generator, krokodillenklemmen

De generator heeft twee aansluitingen. Eén met een rode en één met een zwarte draad. De stroomsoort die de generator levert, is pulserende gelijkstroom. Derhalve is er net als bij een batterij een pluspool en een minpool. Aan de uitgang van de generator krijg je om precies te zijn twee halve positieve golven. Voor de hierna beschreven experimenten verbindt u de generaoraansluitdraden met de krokodillenklemmen.

Sluit u de zwarte draad aan op de zwarte krokodillenklem en de rode draad op de rode klem zoals in 3.20 aangegeven. U kunt de aansluitingen van de generator voor de meeste van de volgende experimenten zo aangesloten laten.

**Tip:**

**Voor een goed contact tussen de generaoraansluitingen en de krokodillenklemmen kan het helpen als u de gestripte uiteinden van de draden tot aan de isolatie ombuigt en dan het geheel tussen de tanden van de krokodillenbek klemt. De aansluitingen van de generator kunnen voor de meeste experimenten zo verbonden blijven.**



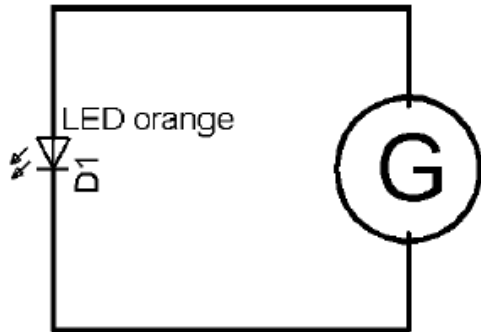
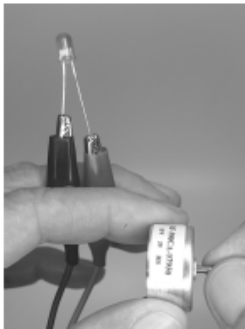
*Afb. 3.20: a) Verbinding van generatordraad en krokodillenklem b) Detail, hoe de draad wordt ingeklemd voor een goed contact.*

Voor de eerste experimenten wordt de generator nog niet aan de stoommachine gemonteerd!

Eerste experimenten met de generator

Componenten: als voorheen, met extra een oranje led.

Voor het eerste experiment met de generator (nog niet aan de stoommachine gemonteerd), bouwt u de schakeling op met de oranje led. Het langere pootje is de 'pluspool' en dat komt aan de kant van de rode aansluitdraad. Als alle onderdelen zijn gemonteerd kunt u de generatoras (met de riemschijf) tussen duim en wijsvinger heen en weer draaien. In de ene richting licht de led op, in de andere blijft hij donker.



Afb. 3.21: a) Opzet van het experiment en b) schema

**Uitleg:**

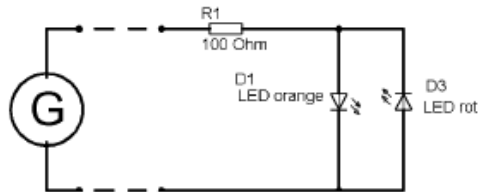
**De volgorde van de experimenten is zo gekozen, dat de proeven steeds een stapje verder gaan. U hoeft dus niet telkens alles weer uit elkaar te nemen, maar kunt op het vorige voortborduren door er een extra element aan toe te voegen, of er een af te nemen, of te verwisselen.**

### 3.4 Draairichtingaanwijzer

Met deze schakeling kan een draairichtingaanwijzer worden opgebouwd. Afhankelijk van hoe om de generator wordt gedraaid, licht de ene of de andere led op. Met deze schakeling kon ook worden geoefend of de leds juist zijn ingestoken.

### 3.4.1 Maken van de schakeling

Het maken van een schakeling vanaf een schema op het steekbord wordt hierna beschreven met het voorbeeld van de draairichtingaanwijzer. In afbeelding 3.22a wordt het schema afgebeeld. Hierin staan symbolen voor de componenten.

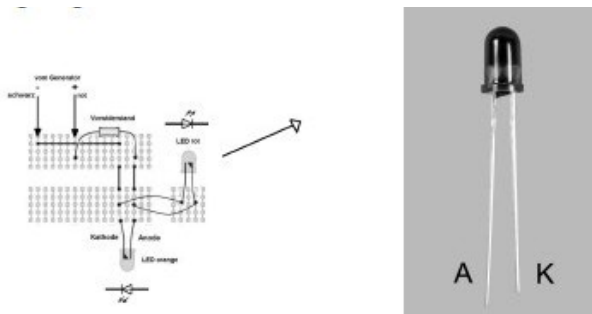


*Afb.3.22a: Het eerste schema, G is de generator, R1 is de voorschakelweerstand, D1 de oranje led en D3 een rode led*

De elektronische componenten, zoals de weerstand R1, of de leds (lichtdioden) D1 (oranje) en D3 (rood) kunnen zonder solderen in het steekbord worden gestoken. Door de interne verbindingen in het steekbord en de extra draadbruggen ontstaat de elektronische schakeling en een stroomkring.

Bij weerstanden maakt het niet uit hoe om ze worden ingestoken. Bij dioden en lichtdioden is dat anders. De lichtdioden hebben een langer en een korter aansluitdraadje. Het langere is de plusaansluiting, de anode, het kortere de minaansluiting, de katode. Maar zelfs als de leds verkeerd om worden ingestoken, gaan ze niet kapot.

De generatoraansluitingen worden via de snoeren met krokodillenklemmen rood en zwart, en via steekstiften aan het steekbord aangesloten. De zwarte leiding (-pool) links en de rode (+pool) rechts, zoals in de afbeelding aangegeven.



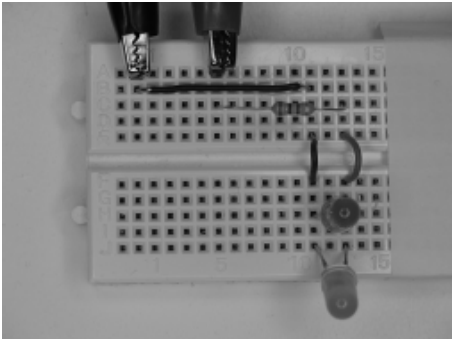
Afb. 3.22b: opbouw van de componenten op het steekbord, rechts de rode led als foto.

In afbeelding 3.22b zijn de aansluitingen en de vorm ervan binnen de led-behuizing herkenbaar. De katode (min-aansluiting) heeft een kortere aansluitdraad en binnen de doorschijnende behuizing heeft het metaal een driehoekige vorm. In de afbeelding is te zien, hoe de leds in het steekbord worden gestoken. Voor een beter overzicht is de rode led rechts ernaast getekend. Ook zijn de contacten van het steekbord (rijtjes van 5) en de verticale verbindingen herkenbaar (grijs).

Opzet van het experiment: componenten als voorheen, met extra een rode led en een voorschakelweerstand van 100 ohm. Het is verstandig om voor leds altijd een voorschakelweerstand te gebruiken, dan gaan ze bij hogere toerentallen en dus hogere spanningen aan de generator niet kapot.

De nog niet aan de stoommachine bevestigde generator wordt voor de eerste experimenten los van de stoommachine gebruikt. De leds kunnen door krachtig draaien van de generatoras (snaarwiel) tussen duim en wijsvinger tot oplichten worden gebracht. Als de eenvoudige schakeling correct is opgebouwd, zal per draairichting maar één led oplichten. Bijvoorbeeld de rode bij rechtson draaien en de oranje bij linksom (of omgekeerd). Als in een richting beide leds oplichten, is er één verkeerd om ingestoken.

Het experiment toont aan: mechanische beweging wordt omgezet in elektrische energie. Daar komt nog de ervaring bij, dat met de draairichting ook de polariteit verschillend is, aangeduid door de beide leds, die in tegengestelde richting (verschillende polariteit) werden ingestoken.



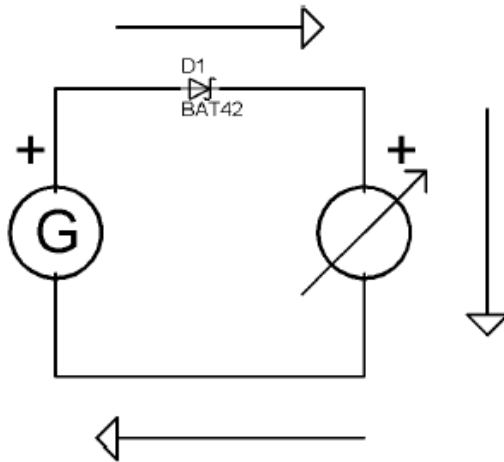
*Afb. 3.23: Zo ziet de schakeling op het steekbord eruit, 2 leds antiparallel, voorschakelweerstand, snoeren met krokodillenklemmen, generator*

### 3.4.2 De elektrische en de werkelijke stroomrichting

In welke richting lopen de elektronen in een elektrische stroomkring?

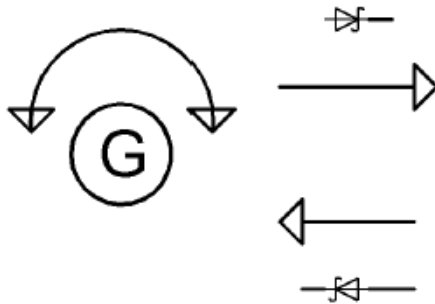
**Informatie betreffende de elektrische en de werkelijke stroomrichting:**

Beschouwt men de elektronenstroom (bijv. bij elektrolyse), dan ziet men dat inderdaad de elektronen van de minpool naar de pluspool gaan. Dat is de 'natuurkundige stroomrichting' in tegenstelling tot de 'elektrische stroomrichting'. Daarvan werd gedefinieerd dat de elektrische stroom loopt van de pluspool naar de minpool. In de schema's wordt telkens de elektrische stroomrichting gehanteerd.



Afb. 3.25: Principeweergave van de elektrische stroomrichting (bij gesloten stroomkring) van de pluspool naar de minpool.

Een diode werkt als een ventiel, dat de elektrische stroom slechts in één richting doorlaat en in de andere verhindert.



Afb. 3.24: principe van draai/ en stroomrichting

### 3.5 Generator monteren

Componenten± generator met lagerblok en riemschijf, generatorklemhouder, schroeven

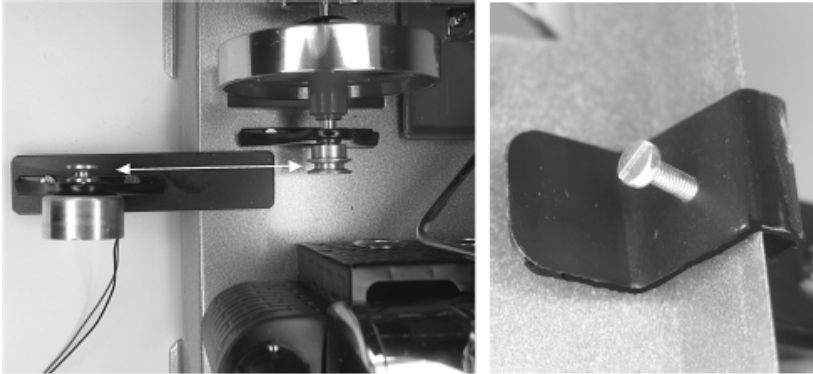
De montage geschiedt met een tweedelige klembeugel gecombineerd met een lagerblok voor de generator.

De aanbouwonderdelen maken het mogelijk generatoren te monteren op bijna alle bodemplaten van Wileco-modelstoommachines. De stoommachinemodellen leveren – afhankelijk van het type – toerentallen tussen 1000 en 2000 omw/min aan de krukas.



*Afb. 3.26: Aanbouwonderdelen voor generatormontage, a) tweedelige generatorarm, b) lagerblok en stelschroef*

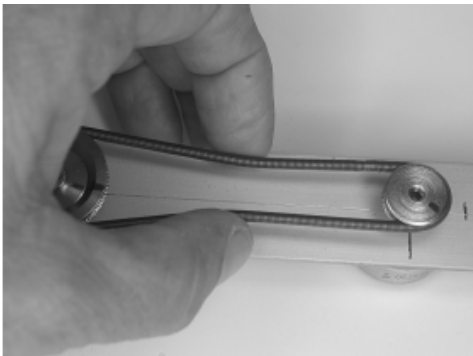
Het onderste deel van de klembeugel onder en het bovenste deel boven de bodemplaat positioneren en samen met het lagerblok met generator met behulp van twee schroeven en moeren vast zetten. Voordat de schroeven helemaal worden vastgedraaid, eerst de generatorhouder zo positioneren, dat de beide riemschijven – die van de generator en die op de krukas van de stoommachine – met elkaar in lijn zijn. Na het aandraaien van de twee verbindingsschroeven, de klemschroef aan de onderzijde zover aandraaien, dat de generatorhouder goed gefixeerd is.



*Afb. 3.27: Generatormontage: a) riemschijven in lijn b) klemschroef aan de onderzijde van de bodemplaat*

### **3.5.1 Generator mechanisch met het vliegwiel van de stoommachine verbinden**

De aandrijfspiraal samenvoegen (zie ook hoofdstuk componenten) en om de riemschijven van de generator en de vliegwielas leggen. De spanning in de aandrijfspiraal moet zodanig zijn, dat de overbrenging licht loopt.



*Afb. 3.28: De juiste riemspanning is belangrijk voor het resultaat!*

De juiste riemspanning draagt ertoe bij, dat het mechanische vermogen optimaal en slipvrij op de generator wordt overgebracht en er tegelijkertijd



zo min mogelijk wrijvingsverlies ontstaat. Als de riem te krap wordt bemeten, kost het de stoommachine meer moeite de generator aan te drijven en bereikt daardoor niet het gewenste toerental.

**Belangrijke aanwijzing:**

De generator mag ook bij grotere stoommachinemodellen alleen met een kleine riemschijf worden aangedreven. Bij grotere riemschijven (op de vliegwielas) wordt het toerental en daarmee de spanning van de generator te hoog. Hierdoor kunnen de generator en de elektronische schakelingen beschadigd raken.

### **3.5.2 Generatorspanning meten**

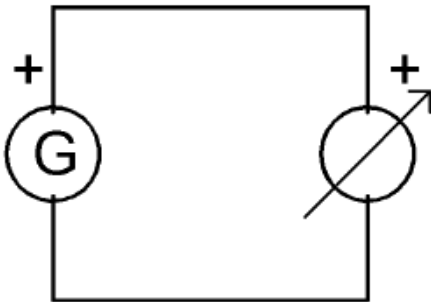
Componenten: generator, multimeter

Als u over een multimeter beschikt, kan de generatorspanning worden gemeten. Instelling van de multimeter op “gelijkspanning”(DCV) meetbereik bijv. 20V.

Met het stoommachinemodel uit de stoombox D100E kan bij volle kracht ca. 2,9 – 3V worden gemeten. Bij grotere stoommachinemodellen tot boven de 7 volt.



*Afb. 3.29: meten van de generatorspanning met een multimeter, meetopstelling.*



*Afb. 3.30: prinsipschema: links het generatorsymbool, rechts het meetinstrument.*

**Tip:**

De elektronische schakelingen die op het steekbord zijn gemaakt, moeten niet te dicht bij de stoomuitlaat (cilinder) worden geplaatst. Daarom zijn de twee snoeren met krokodillenklemmen meegeleverd, opdat de schakeling op een afstand van de stoommachine kan worden opgesteld en de experimenten daar kunnen worden gedaan.



*Afb. 3.31: een goede positie voor het steekbord.*

De te meten spanning is afhankelijk van het maximale toerental van de stoommachine en de overzetverhouding naar de generator. Vooral bij grotere stoommachines kun je hiermee experimenteren door de stoomtoevoer wat meer of minder open te draaien.

### **3.5.3 De draairichting van stoommachine en generator**

Afhankelijk van welk stoommachinemodel wordt gebruikt, kan ook met de draairichting in combinatie met de generator worden geëxperimenteerd. Oscillerende stoommachines, zoals het model uit de stoombox D100E kennen maar één draairichting. Andere modellen met een schuif-gestuurde cilinder, zoals bijv. het model D10 of D20, kunnen in beide draairichtingen werken. De beschreven experimenten maken gebruik van de draairichting met de klok mee (tegen het vliegwiel gezien met de ketel erachter).

### **3.6 Gebruik van stoomenergie voor elektriciteit**

Om uit stoomenergie elektrische energie te krijgen is een generator nodig. Het woord ‘generator’ komt uit het latijn (generare) en dat betekent zoveel als “te voorschijn halen” of “opwekken”. Strikt genomen wordt natuurlijk

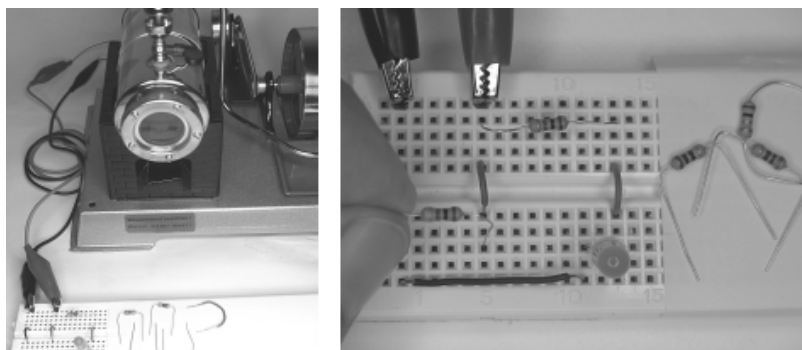
geen energie opgewekt, maar van de ene in de andere vorm omgezet. In die zin betreft het hier een energie-omzetter.

De hier gebruikte generator is een gelijkstroomgenerator met permanentmagneet. De stroom wordt in de rotor geïnduceerd, de permanentmagneet is aan de buitenkant. De opgewekte stroom wordt door een commutator gelijkgericht en kan via de rode en de zwarte aansluitdraad worden afgenomen.

De opgewekte spanning is afhankelijk van het toerental, de af te nemen stroom is in wezen afhankelijk van de generatorconstructie en het draaimoment (de kracht) van de stoommachine.

Vermogen van de stoommachine en vermogen van de generator bepalen

Componenten: generator, oranje led, voorschakelweerstand 1k-ohm, weerstanden volgens de lijst

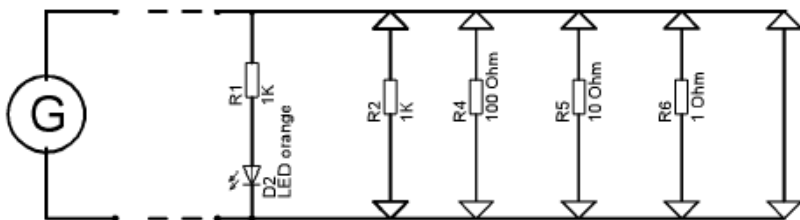


Afb. 3.32: belastingstest met meerdere weerstanden, a) proefopstelling, b) opbouw van het steekbord

Voor het gemakkelijk hanteren hier nogmaals de kleurcodetabel en de volgorde van de in het experiment gebruikte weerstanden

Weerstand waarde	1 <sup>e</sup> ring	2 <sup>e</sup> ring	3e ring	4e ring
1000 ohm	Bruin	Zwart	Rood	Goud
100 ohm	Bruin	Zwart	Bruin	Goud
10 ohm	Bruin	Zwart	Zwart	Goud
1 ohm	Bruin	Zwart	Goud	Goud
ca. 0 ohm	draad			

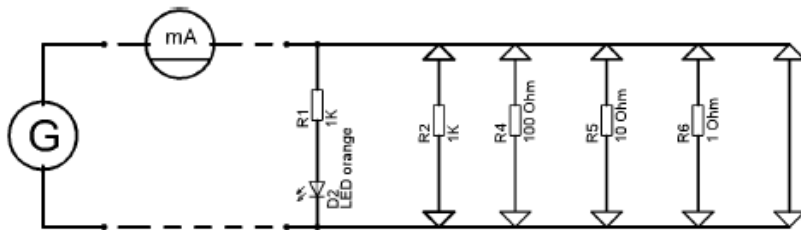
De weerstanden kunnen het beste worden klaargelegd voordat de stoommachine wordt gestart en kunnen dan terwijl het stoommachinemodel werkt in het steekbord worden gestoken. Met twee droge-brandstoftabletten en de voorgeschreven hoeveelheid water hebt u met het model uit de stoombox iets meer dan 5 minuten de tijd om de experimenten uit te voeren. De oranje led met voorschakelweerstand geeft optisch aan, of de spanning aan de generator minder wordt of gelijk blijft. Pas als het toerental van de stoommachine stabiel is geworden en de led gelijkmatig oplicht, heeft het zin om met de experimenten te beginnen.



Afb.3.33: schema bij de belastingstest.

### Waarnemingen bij de belastingstest in combinatie met het stoommachinemodel uit de stoombox D100E:

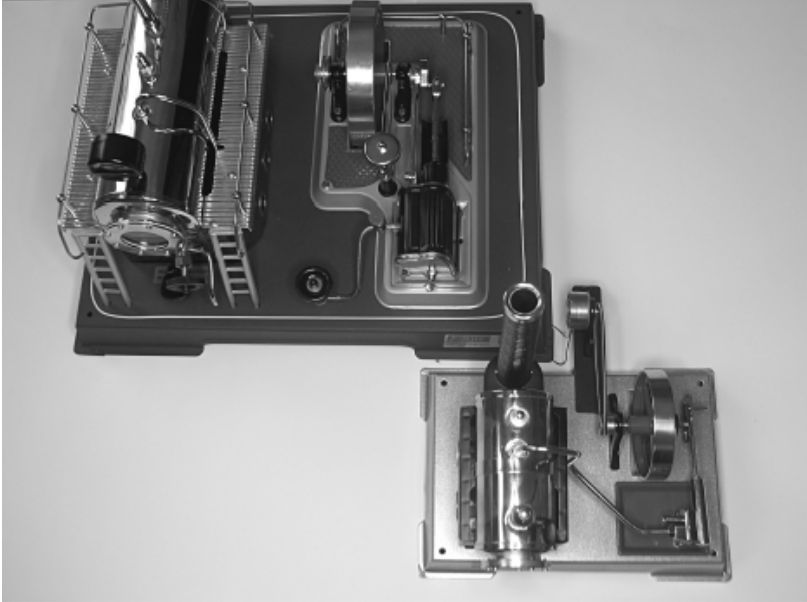
Wordt de 1k-weerstand (k staat voor 'kilo-ohm') toegepast, dan is nauwelijks een verandering waar te nemen. De extra stroombelasting bedraagt slechts een paar mA. Als de volgende weerstand met 100 ohm wordt ingestoken, dan is te merken, dat de oranje led gaat knipperen en het toerental van het stoommachinemodel lager wordt. De extra stroombelasting bedraagt nu zo'n 20mA. Met de 10-ohm-weerstand dooft de led helemaal en wordt het toerental nog lager. De extra stroombelasting ligt nu in de buurt van 40mA. Met de 1-ohm-weerstand komt de stroombelasting tussen 45 en 50mA en wordt het toerental van de stoommachine heel erg laag. Met een draadbruggetje is de generator kortgesloten en loopt de kortsluitstroom door de generator. Het kan zijn, dat dan de riem gaat slippen, of de stoommachine helemaal wordt afgeremd. Dit is niet schadelijk voor de stoommachine of de generator.



*Afb. 3.34 schakelprincipe: belastingstest met een multimeter in de stroomkring voor stroommeting*

Als een multimeter beschikbaar is, kunnen na een nieuwe start van de stoommachine de weerstanden opnieuw na elkaar in het steekbord worden gestoken. Afhankelijk van het gebruikte stoommachinemodel kan direct de reactie van de stoommachine op de variërende stroomvraag, nagebootst door de verschillende weerstanden, worden waargenomen.

Voor systematisch onderzoek kunnen de weerstandwaarden en de daarbij afgelezen stroomwaarden in een tabel worden gezet en zo het vermogen van de generator resp. de stoommachine worden bepaald. Het vermogen in milliwatt kan met de formules in het aanhangsel worden bepaald.



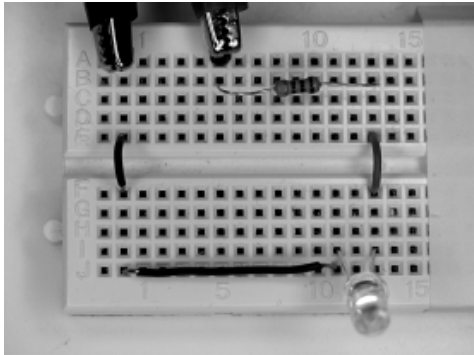
*Afb 3.35: twee verschillende stoommachinemodellen met verschillend vermogen. Stoombox D100E en D20 ter vergelijking.*

Twee sterk verschillende modellen, ook wat betreft vermogen, zijn de stoombox D100E en de D20. De experimenten met de belastingsweerstand tonen ook aan, dat een groter stoommachinemodel de belasting probleemloos aankan. Als een multimeter beschikbaar is, kan daarbij tevens de stroom worden afgelezen.

### **3.7 Uit stoom wordt stap voor stap helder licht**

Componenten: generator, elco 1000 $\mu$ F en elco 4700  $\mu$ F klaarleggen, voorschakelweerstand 1k-ohm, witte leds, snoertjes met krokodillenklemmen

De schakeling opbouwen volgens de afbeelding door de onderdelen in het steekbord te steken.



Afb. 3.36: Licht door stoom.

*Opbouw van de schakeling. Te zien zijn de voorschakelweerstand (rechts boven) de draadbruggen en de witte led (rechtsonder), de langere aansluitdraad van de led (+) aan de rechterzijde.*

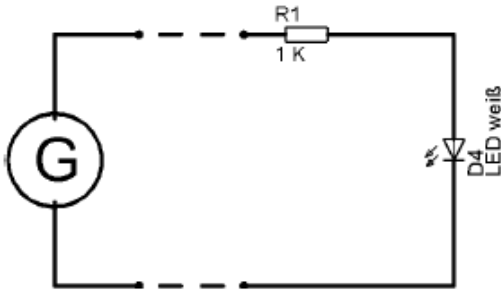
Het stoommachinemodel volgens hoofdstuk 2.4 voorbereiden voor de start. De riemschijven van het vliegwiel en de generator zijn via de aandrijfriem (aandrijfspiraal) met elkaar verbonden. De overzetverhouding moet bij ieder stoommachinemodel zodanig worden gekozen, dat de kleinere riemschijf op de vliegwielas van de stoommachine door een riem is verbonden met de riemschijf van de generator.

**Tip:**

Een grotere overzetverhouding naar de generator – bij sterkere stoommachines – brengt schade toe aan de generator en de elektronica omdat de hogere toerentallen spanningen van meer dan 10V aan de generator laten ontstaan.

De aansluitdraden van de generator zijn met de snoeren met krokodillenklemmen verbonden. Bij dit experiment worden ze nog niet elektrisch met de schakeling op het steekbord verbonden. Het stoommachinemodel wordt nu getart. Pas als de stoommachine goed op toeren is gekomen, wordt de generator met de schakeling op het steekbord verbonden.





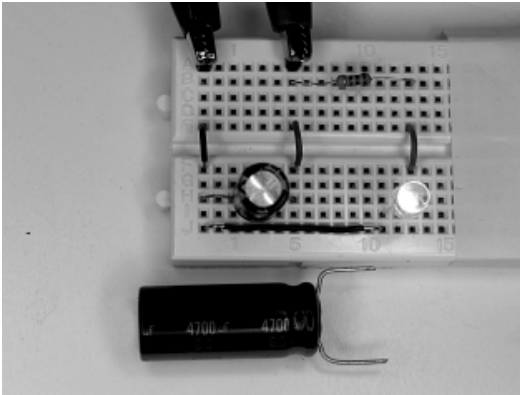
Afb. 3.37: Het schema bij

de opstelling 'licht door stoom'

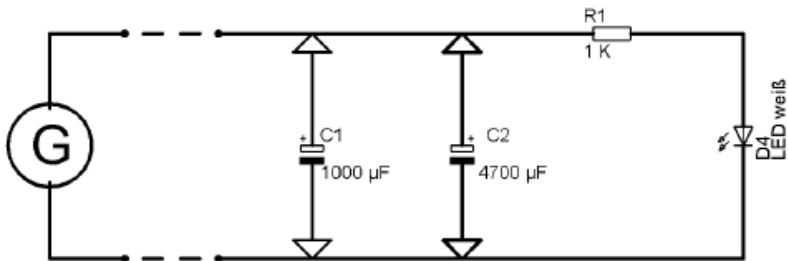
Nu kan worden waargenomen, vooral bij kleinere stoommachines, dat het toerental iets terug loopt en de witte led licht begint te geven. Zodra het toerental is gestabiliseerd, brandt de witte led helder, maar mogelijk nog wel steeds met pulserend licht, ofwel knipperend. Zou je de uitgangsspanning met een oscilloscoop (een professioneel apparaat voor het grafisch afbeelden van spanningen) meten, dan had de getoonde spanning een golfvorm gebaseerd op het voortdurend onderbreken door de commutator in de generator.

Om hierin verbetering aan te brengen kan met deze opstelling bij draaiende machine volgend experiment worden uitgevoerd:

Als de wens bestaat, een 'golfvormige' spanning af te vlakken, wordt in het volgende experiment een elco aan de schakeling toegevoegd. Zorgt u er beslist voor, dat de positieve (+) pool van de condensator bij de rode draad en de negatieve (-) pool bij de zwarte draad komt.



Afb. 3.38: eerst wordt de elco van  $1000\mu\text{F}$ , dan alternatief die van  $4700\mu\text{F}$  juist gepoold in het steekbord gestoken



Afb. 3.39: schema, de beide elco's zijn met pijlen ingetekend, om aan te geven dat ze alternatief kunnen worden toegepast

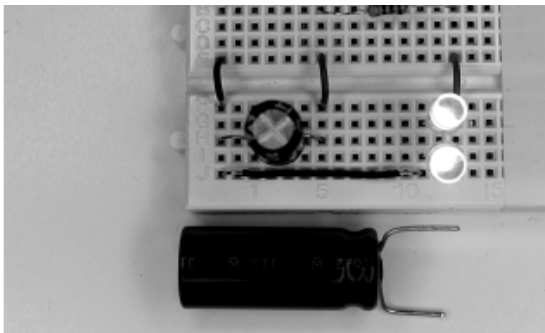
Na het insteken van de elco van  $1000\mu\text{F}$  dooft de witte led kort en daarna knippert hij minder. In de volgende stap wordt de  $1000\mu\text{F}$ -elco vervangen door een van  $4700\mu\text{F}$ . Nu is een rustiger licht waarneembaar. Zou je de door de elco afgevlakte spanning met een oscilloscoop meten, dan zou nog slechts een kleine rimpel waarneembaar zijn.

### **Het elektronische afvlakproces aanschouwelijk voorgesteld:**

Om het begrip afvlakken van elektriciteit door een condensator beter te kunnen begrijpen, nemen we aan dat de elektrische spanning zich als water gedraagt, en dat het onderdeel condensator zich gedraagt als een emmer met een gat in de bodem. Als je nu de emmer met een schepkan scheutsgewijs vult, dan kun je zien dat het scheutsgewijs ingevoerde water gelijkmatig door het gat in de bodem uitstroomt.

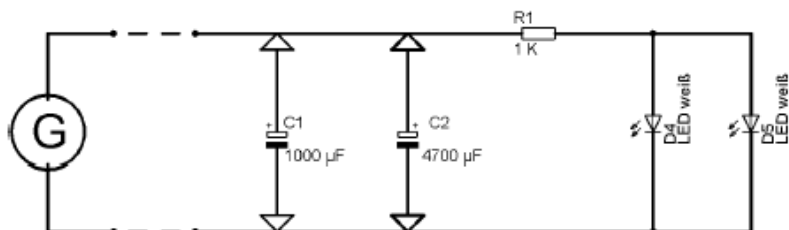
#### **3.7.1 Meer licht met twee witte leds**

Opbouw van het experiment: componenten als voorheen, extra 1 witte led parallel aan de eerste insteken. Beide leds zijn gemeenschappelijk met de voorschakelweerstand van 1k-ohm (bruin, zwart, rood, goud) verbonden.



*Afb. 3.40:*

*steekbordopbouw met een tweede witte led parallel aan de eerste. Bij beide witte leds is de langere (+) aansluitdraad aan de rechterzijde*



Afb. 3.41: schema met twee leds, ook hier kunnen de elco's alternatief worden gebruikt

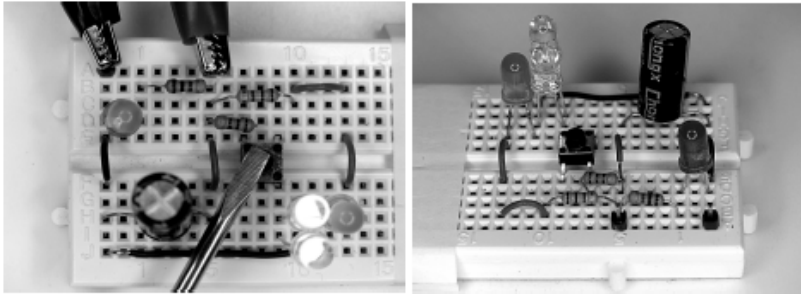
### 3.7.2 Licht van 4 leds met de stoommachine

Nu worden alle leds (behalve de knipperled) gebruikt en je kunt zien wat zelfs de kleine stoommachine uit de stoombox D100E aankan.

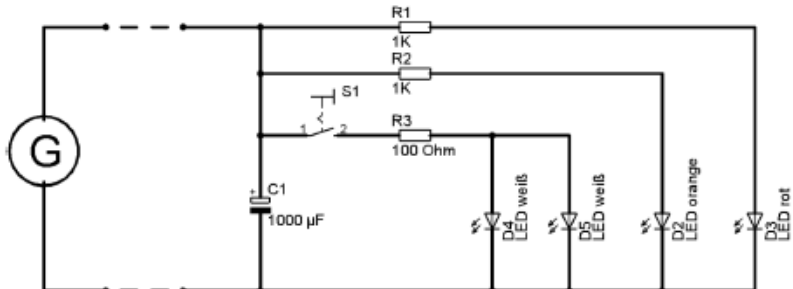
De voorschakelweerstand en de rode led worden, zoals in volgende afbeelding te zien is, in het bovenste gedeelte van het steekbord gestoken. Door draadbruggen en de drukknop wordt de stroomtoevoer naar de volgende leds en de buffercondensator en de onderste helft van het steekbord geleid. De tweede afbeelding toont de schakeling op het steekbord van de andere zijde opgenomen. De rode en de oranje led lichten op zodra de schakeling met de draaiende generator verbonden wordt. Als de drukknop wordt ingedrukt, lichten ook de beide witte leds op.

De voorschakelweerstand voor de leds staan in volgende tabel:

Weerstand waarde	1 <sup>e</sup> ring	2 <sup>e</sup> ring	3 <sup>e</sup> ring	4 <sup>e</sup> ring
1000 ohm	Bruin	Zwart	Rood	Goud
100 ohm	Bruin	Zwart	Bruin	Goud



Afb. 3.42: steekbordopzet en b) de opzet vanaf de andere kant gezien



Afb. 3.43: Schema met extra leds

**Tip:**

Als de stoommachine iets in toerental terug gaat, kunt u bij wijze van proef even het vliegwiel afremmen, een moment stilhouden en dan weer laten aanlopen. De leds zullen dan weer helderder oplichten.

### 3.8 Bufferen van elektrische energie

Bij dit experiment gaat het erom, te onderzoeken of de met de stoommachine gewonnen elektrische energie ook kan worden opgeslagen.

Het opslagproces kan het beste weer aanschouwelijk worden voorgesteld: neem weer het voorbeeld van de emmer, alleen deze keer is het gat voorzien van een kraan, dus als je nu met de schepkan de emmer vult, en de kraan is

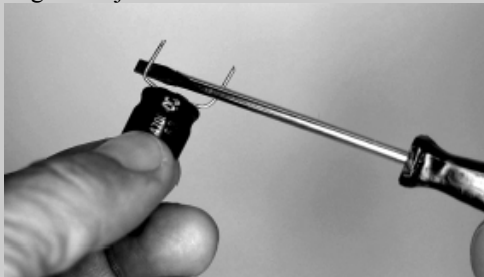
dicht, zal het waterniveau alleen stijgen. De waterremmer stelt nu een buffer voor, die het mogelijk maakt op een later tijdstip het water te gebruiken door de kraan open te draaien.

### 3.8.1 Met de stoommachine een buffercondensator opladen

De energiebuffer kan in de praktijk verschillende uitvoeringsvormen hebben. De meegeleverde elektrolytische condensatoren vormen een opslagmogelijkheid. Het voordeel van de buffercondensator zit 'm daarin dat die een lange levensduur bezit. In vergelijking met een accu is de opslagcapaciteit echter gering. Dit heeft bij de experimenten wel weer het voordeel, dat het principe van buffering in een overzichtelijke korte periode kan worden gedemonstreerd.

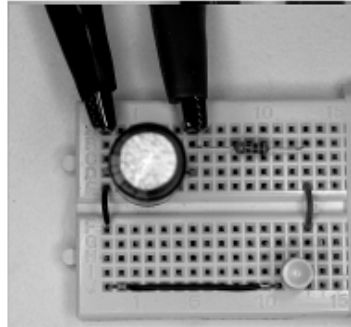
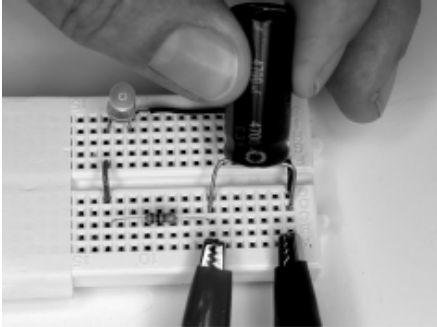
Tip:

Ontlaad de elco's voor elk experiment om het laadeffect realistisch te kunnen onderzoeken. Pas op: bij het ontladen van de elco's kan een kleine, ongevaarlijk vonk ontstaan.



Afb. 3.44: elco voor de experimenten met een schroevendraaier ontladen

Proefopstelling: generator, steekbord, een rood en een zwart snoer met krokodillenklemmen, oranje led, voorschakelweerstand 1k-ohm (bruin, zwart, rood, goud), 2x elco 4700 $\mu$ F.



*Afb.3.45: a) laadschakeling en b) met een elco en leds als laad- en ontlaad-aanduiding*

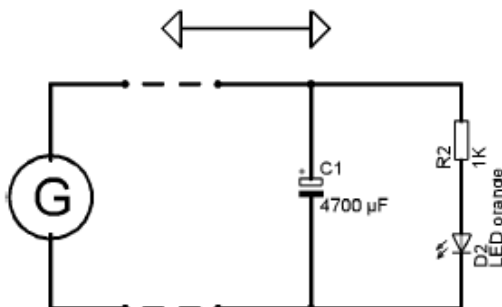
Experimenteerstappen:

Schakeling opbouwen volgens de afbeeldingen resp. het schema. Een elco in het steekbord steken (de pluspool is speciaal gemarkeerd!) en terwijl de stoommachine draait enkele seconden door de generator laten opladen.

Extra experiment: het vliegwiel van de stoommachine kort afremmen en tegen houden, dan weer laten aanlopen.

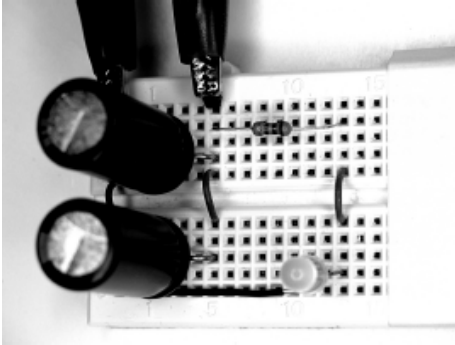
De oranje led licht op zolang de generator loopt, zodra het vliegwiel stopt dooft de led relatief snel.

Extra experiment: een van de krokodillenklemmen van het steekbord losmaken, de stroomtoevoer is nu onderbroken. Toch licht de led nog op.



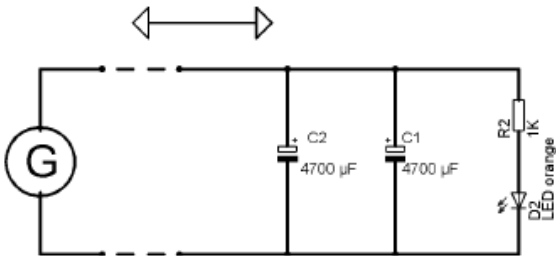
*laadelektronica*

*Afb. 3.46: schema van de*



Afb. 3.47: laadschakeling met 2 elco's en een led als laad- resp. ontlaad-indicatie

De hiervoor beschreven experimenten kunnen nu worden herhaald, deze keer echter met een volgende elco parallel ingestoken. Op die manier worden beide elco's gelijktijdig door de generator geladen.



Afb. 3.48: schema met 2 elco's en een led als laad- en ontlaad-indicatie

Met beide experimenten wordt aangetoond, dat de buffer de lading niet vast houdt als het vliegwiel wordt tegen gehouden, maar als de generator wordt afgekoppeld (een klem wordt losgenomen), brandt de led nog een tijdje door.

Is er een lek, of wat gebeurt er? Wel, bij deze laadschakeling ontladte de buffer (elco) zich in tegenrichting via de generator. Daarmee is het niet mogelijk de energie nuttig en duurzaam op te slaan. Om ontladen tegen te gaan, is een elektrisch ventiel nodig, dat de stroom maar in één richting doorlaat, resp. in de andere richting spert. Met dit ventiel wordt het



mogelijk, dat de laadstroom in de buffer stroomt, echter de buffer zich niet ongewild via de generator kan ontladen.

### 3.8.2 Diode als bescherming tegen ontladen, schottkydiode

Componenten: zoals hiervoor, tevens een schottkydiode BAT48

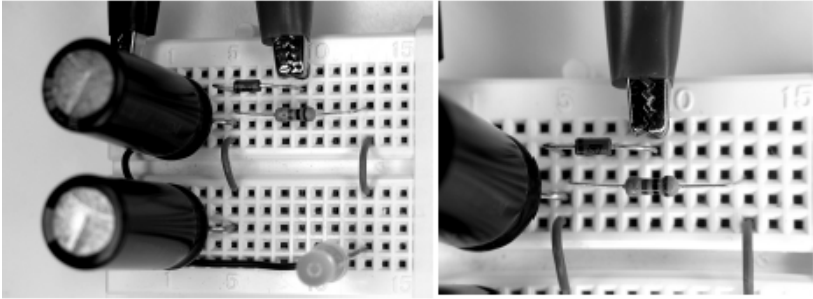
Zoals u in het vorige experiment heeft kunnen zien, werd de in de elco opgeslagen lading vermoedelijk direct via de generator weer afgevoerd. Bij het laden van een energie-opslag als een elco, een gold-caps, of zelfs een accu is het derhalve belangrijk, dat een terugstroomsper in de vorm van een diode wordt ingebouwd. De diode fungeert als een ventiel dat de stroom in de ene richting doorlaat en in de andere verhindert.

In doorlaatrichting (richting van de symbolische pijl) begint bij een silicium-diode eerst vanaf  $0,6 - 0,7V$  noemenswaard stroom te lopen. Bij een schottkydiode daarentegen, begint de stroom al vanaf ca.  $0,25V$  te lopen.

#### Verklaring:

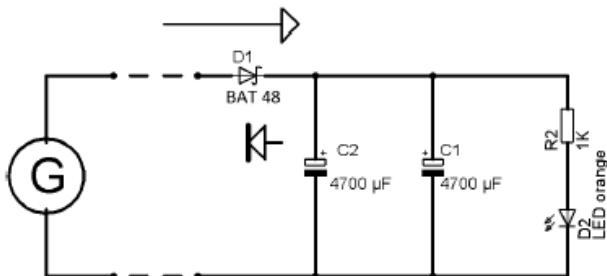
Sperdioden verhinderen het ontladen van een buffer. Normale siliciumdioden (als sperdiode) 'vernietigen' ca.  $0,6V$  van de gewonnen spanning. schottkydioden slechts  $0,25V$ .

Het gegeven van spanningsverlies is in het bijzonder in de laadtechniek van belang waar het op de kleinste spanningen aankomt. Achter de diode staan immers  $0,6$  of  $0,25V$  minder voor het laden van de buffer ter beschikking. In het nu volgende experiment heeft dat tot gevolg dat door de extra tussen geschakelde diode minder spanning bij de buffer, de elco aankomt. Dit manifesteert zich vooral, als in een experiment de laadspanning relatief laag is.



Afb. 3.49: a) opbouw van het experiment, b) detail van de inbouw van de diode. De zwarte ring (katode) is in deze afbeelding aan de linker zijde

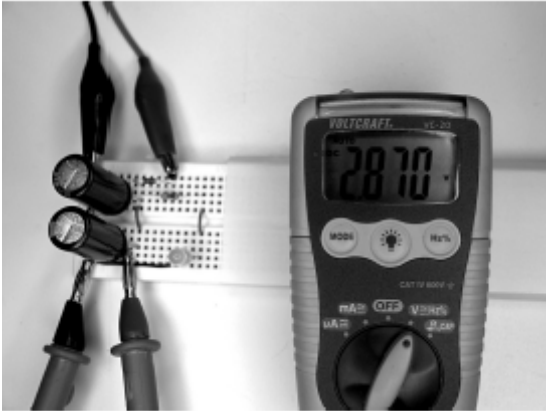
Met dit experiment kan worden aangetoond, dat de elco's door de stoommachine via de generator worden opgeladen en de lading in de condensator behouden blijft, resp. wordt opgeslagen.



Afb. 3.50:

schema diode als bescherming tegen ontladen.

Als u over een multimeter beschikt, kunt u de gebufferde spanning over de elco meten. Zet u de multimeter daartoe op een spanningsmeetbereik (DC 20V) en houd de meetpennen in de juiste volgorde tegen de aansluitdraden van de elco.



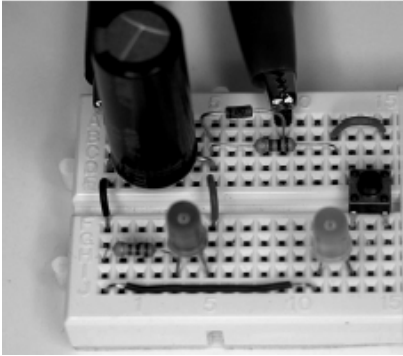
*Afb. 3.51: meten van de spanning met een multimeter. Links in beeld zijn de meetpennen aan de elco-aansluitingen te zien.*

Bij het opladen van een buffer kun je je afvragen: is de energie-opslag nu leeg, halfvol of vol? Deze vraag kan – voor zover die beschikbaar is – met een multimeter worden beantwoord door de laadspanning te meten. Het volgende experiment maakt hiertoe gebruik van een eenvoudige knipperled. In het volgende gedeelte wordt getoond hoe de eenvoudige laadtoestandindicatie is opgebouwd. Deze geeft via spanningsindicatie de laadtoestand van de elco weer.

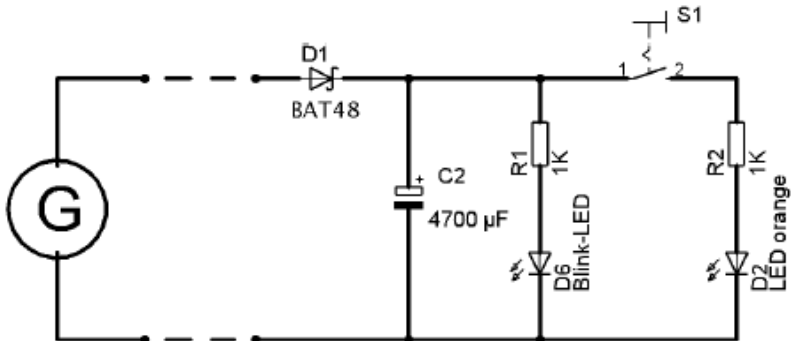
### **3.8.3 Laadindicatie voor de buffercondensator**

Opbouw van het experiment: componenten als hiervoor, tevens een extra voorschakelweerstand van 1k-ohm (bruin, zwart, rood, goud) en een knipperled

De schakeling opbouwen op het steekbord volgens de afbeelding. In het bovenste deel van het steekbord de bufferelco, +pool rechts en in dezelfde contactrij de aansluitdraad van de diode (katode, ring op de behuizing), een aansluitdraad van de voorschakelweerstand en de draadbrug naar de drukknop. In het onderste deel de voorschakelweerstand en de knipperled en de oranje led (de langere aansluitdraad telkens rechts).



Afb. 3.52: laadindicatie met knipperled. Opbouw van de schakeling op het steekbord



Afb. 3.53: schema van de laadindicatie

Het is belangrijk, dat vóór het experiment de aansluitingen van de elco bijv. met een schroevendraaier worden kortgesloten, om zeker te zijn dat er geen lading meer in de buffer aanwezig is.

Nu de stoommachine overeenkomstig hoofdstuk 2.4 voorbereiden voor de start. De riemschijf van de generator en de stoommachine zijn via de drijfriem (aandrijfspiraal) met elkaar verbonden.

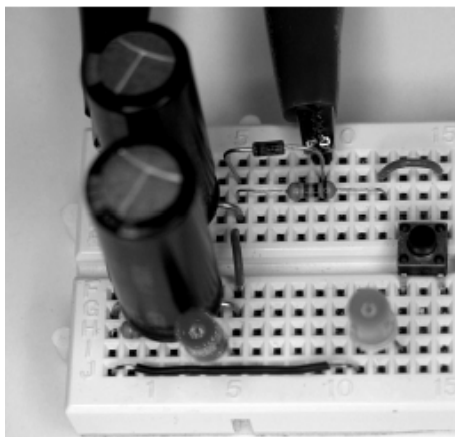
Het stoommachinemodel starten en wachten tot het vliegwiel op toeren komt. Dan de met de generator verbonden krokodillenklemmen aan de steekstiften op het steekbord klemmen. Na enkele seconden kan worden waargenomen, dat de knipperled eerst zwak en dan steeds sterker gaat knipperen. De knipperled geeft met zwak knipperen een lading, resp.

condensatorspanning aan van ca. 1,7V en door fel knipperen een spanning rond de 2,5V.

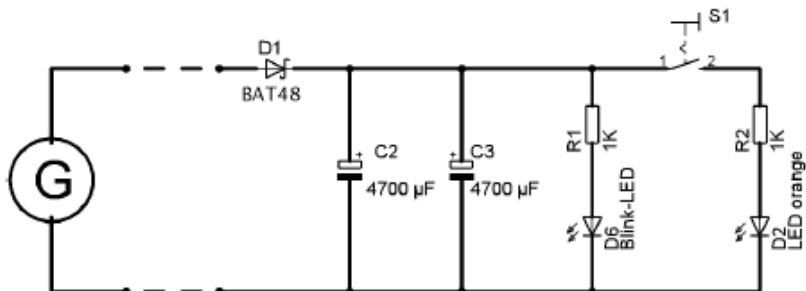
Met deze proefopstelling en lopende stoommachine kunnen verdere experimenten worden uitgevoerd, als bijvoorbeeld:

De rode krokodillenklem van de steekstift afnemen, even wachten en dan weer aansluiten.

Nog een extra elco van 4700 $\mu$ F parallel aan de eerste in het steekbord steken. Kort nadat de extra elco is ingestoken licht de knipperled niet meer op. Het duurt een tijdje na het insteken tot de knipperled weer oplicht, resp. knippert. Reden: de extra elco moet eerst worden opgeladen.



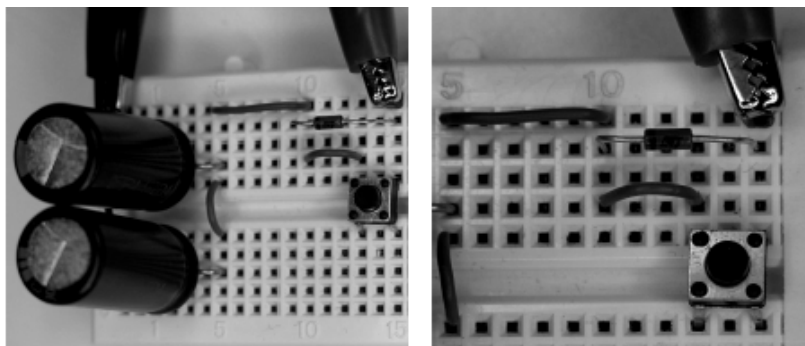
*Afb. 3.54: extra elco in het steekbord steken. De voorschakelweerstand van de knipperled bevindt zich nu onder de tweede elco onderaan links in beeld*



Afb. 3.55: schema van de laadindicatie en twee elco's

### 3.8.4 Opgeslagen energie benutten

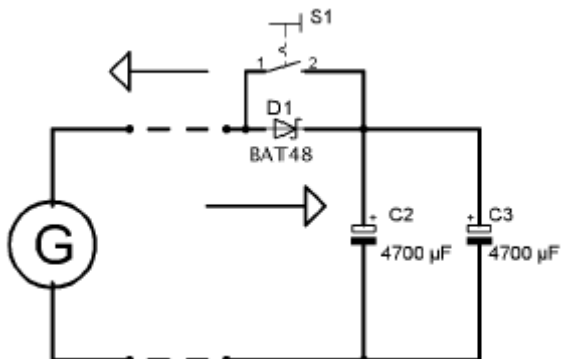
Opbouw van het experiment: de opbouw van de schakeling uit het voorgaande experiment wordt niet enigszins omgebouwd. De leds en de voorschakelweerstand worden verwijderd, de steekstift van de "+"-pool schuift op het steekbord geheel naar rechts en de schottkydiode wordt zodanig ingestoken, dat de drukknop parallel aan de diode is geschakeld. Zo wordt het mogelijk door het indrukken van de drukknop de schottkydiode te overbruggen en daarmee de elco's direct met de generator te verbinden.



Afb. 3.56: a) steekbordopbouw van de bufferschakeling, b) detail, diode met in beeld de katode (ring op de behuizing) naar links gericht

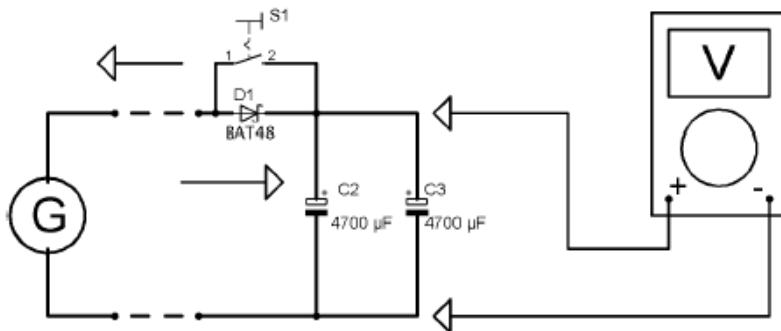
Na voldoende laadtijd door de stoommachine (via de generator), het vliegwiel afremmen, dan de riem eraf nemen en de drukknop indrukken en

daarmee de diode overbruggen. Hierdoor kan de opgeslagen energie uit de elco terugstromen naar de elektrische machine, die nu als motor werkt. De motoras draait voor een kort moment.



Afb. 3.57: Schema

met de drukknop om de sperdiode te overbruggen



Afb. 3.58: met de multimeter de spanning over de elco's meten

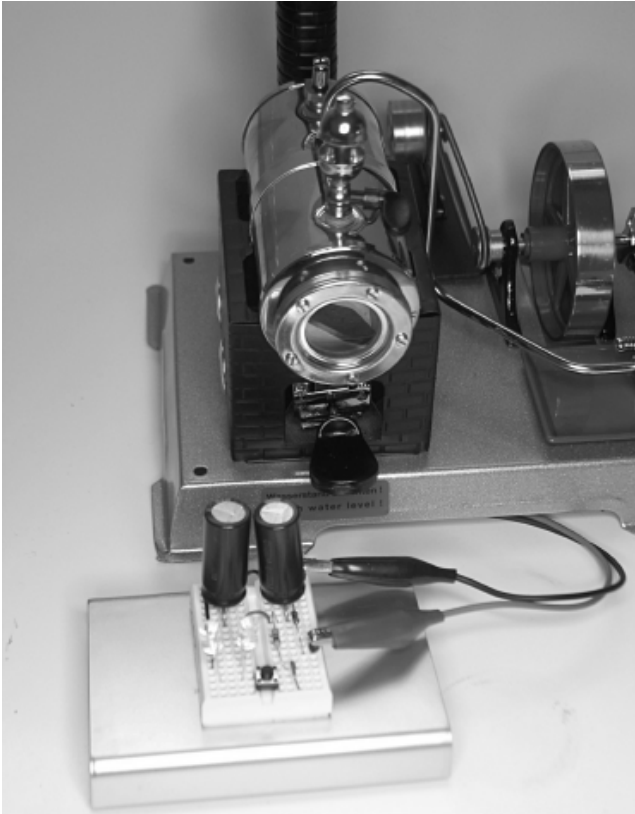
### 3.8.5 De stoommachine als laadstation voor de zaklamp

Opbouw van het experiment: de schakeling uit het voorlaatste hoofdstuk wordt in principe weer opgenomen. Nu worden in plaats van de oranje led de twee witte leds ingestoken.

Na een korte laadtijd door de stoommachine met generator kunnen de krokodillenklemmen van het steekbord worden losgenomen.

Als dan de drukknop wordt gedrukt, lichten de beide leds voor een korte tijd op. Hierna kan het steekbord met de 'led-zaklamp' weer aan het laadstation 'stoommachine' worden aangesloten.

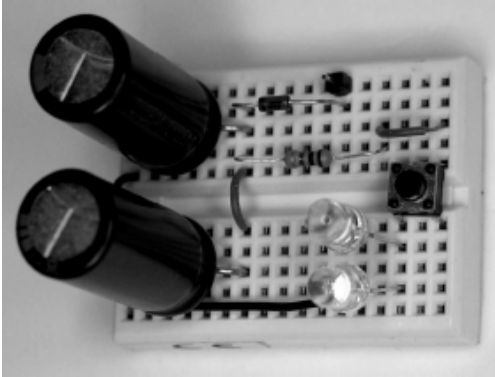
Hoewel de twee elco's maar een kleine opslagcapaciteit hebben, is het verbluffend hoe lang de twee leds daarmee licht geven.



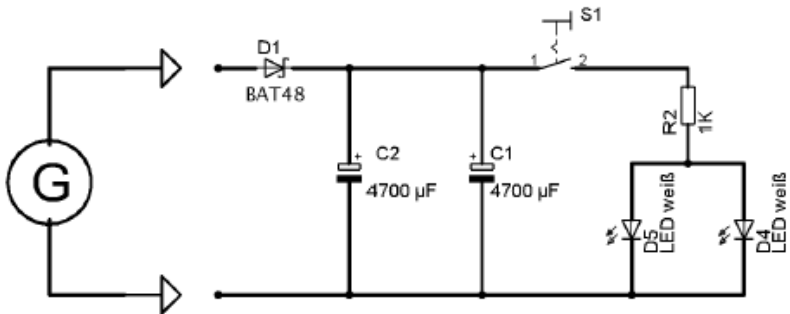
*Afb. 3.59:*

*Laadstation, led-lamp met stoommachinemodel*

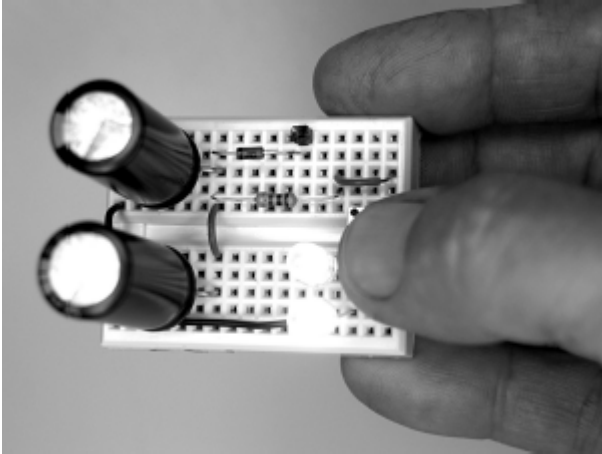




Afb. 3.60: opbouw van het steekbord met 2 parallel gestoken elco's van  $4700\mu\text{F}$ , schottkydiode, voorschakelweerstand, drukknop, 2 witte leds en draadbruggen



Afb. 3.61: schema van het laadstation



*Afb. 3.62:*

*Afgekoppelde led-zaklamp in werking*

Met de componenten uit de stoombox D100E resp. de e-box E50, zijn natuurlijk nog veel meer experimenten mogelijk. Ik wens u veel creativiteit en plezier!

## 4 Aanhangsel

### 4.1 Formuleverzameling

Hierna volgen enkele berekeningsformules voor de typische basisschakelingen zoals ze bij de experimenten worden opgezet en uitgevoerd.

Spanning, stroom en weerstand

De belangrijkste grootheden in de elektrotechniek zijn spanning, stroom en weerstand, samengevat in de wet van Ohm, met onderstaande symbolen en eenheden.

Grootheid	Symbool	eenheid
Spanning	U	V (volt)
Stroom	I	A (ampere)
Weerstand	R	$\Omega$ (ohm)

Als in een eenvoudige stroomkring de spanning wordt verhoogd, zal ook de door de schakeling lopende stroom stijgen. De stroomsterkte 'I' is dus evenredig met de aangelegde spanning 'V'. Wordt bij constante spanning de weerstand verhoogd, dan zal de door de schakeling lopende stroom afnemen. Van deze eigenschap wordt bijvoorbeeld voor het voeden van de leds gebruik gemaakt. De stroomsterkte 'I' is dus omgekeerd evenredig met de weerstand 'R'.

De drie grootheden laten zich met volgende vergelijking berekenen:

Stroom = spanning / weerstand; of in formulevorm:

$$I = \frac{U}{R}$$

Voorbeeld:

Spanning  $U = 3V$ , weerstand  $R = 100\Omega$

Berekende stroom  $I = 3V/100\Omega = 0,03A$  of  $30mA$

Hieruit kunnen de volgende twee vergelijkingen worden afgeleid

Spanning = weerstand x stroomsterkte; of in formulevorm:

$$U = R \cdot I$$

en weerstand = spanning / stroomsterkte; of in formulevorm:

$$R = \frac{U}{I}$$

#### 4.1.2 Parallelschakeling van weerstanden

Als twee weerstanden R1 en R2 parallel worden geschakeld, ontstaat een gezamenlijke weerstand van  $R = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$

Voorbeeld:

Weerstand R1 = 1kΩ parallel aan weerstand R2 = 100Ω

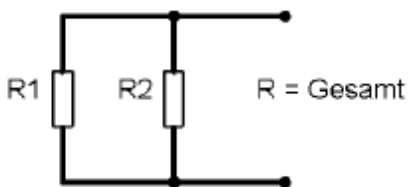
Bereken de vervangingsweerstand  $R = \frac{1 \times 100}{1 + 100} = 99,9 \Omega$

De gezamenlijke weerstand wordt lager.

Een volgend voorbeeld toont aan, als twee gelijke weerstanden van 1kΩ parallel worden geschakeld:

$\frac{1 \times 1}{1 + 1} = 0,5 \text{ k}\Omega$

De gezamenlijke weerstand wordt gehalveerd!



Afb. 4.01: parallelschakeling van weerstanden

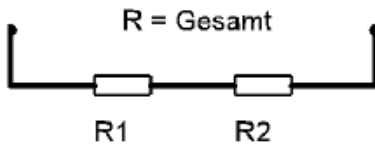
### 4.1.3 Serieschakeling van weerstanden

Als weerstanden in serie worden geschakeld, dwz. achter elkaar, dan worden de waarden van R1 en R2 opgeteld tot een gezamenlijke weerstand  $R=R1+R2$

Voorbeeld:

Weerstand R1 = 100Ω en weerstand R2 = 1kΩ in serie

Bereken de vervangingsweerstand:  $R=100\Omega+1k\Omega=1100\Omega$



Afb. 4.02: serieschakeling van twee

weerstand

### 4.1.4 Vermogensberekening

Als het elektrisch vermogen moet worden berekend, kan dat met de volgende formule worden gedaan:

$$P=U \times I \quad (P = \text{elektrisch vermogen, } U = \text{spanning, } I = \text{stroomsterkte})$$

‘P’ wordt in watt uitgedrukt, ‘U’ in volt en ‘I’ in ampere.

#### **Berekeningsvoorbeeld:**

Een gelijkstroomgenerator levert een spanning van 3,0 volt en laat een stroom lopen van 50 milliampère.  $3,0V \times 0,05A$  geeft een vermogen van 0,015W.

## 4.2 Troubleshooting

Hierna ontvangt u enkele tips en aanwijzingen voor het geval dat uw stoommachine niet juist werkt, of de elektronica niet of matig functioneert.

### 4.2.1 Stoommachine

Of de modelstoommachine licht loopt en ‘dicht’ is, is niet direct bepalend voor de primaire functie. Tegelijkertijd is het wel belangrijk dat de machine licht loopt. Zoals voor alle modellen geldt ook voor de stoommachine, dat hoe lichter deze loopt, des te beter hij werkt.

Als de aandrijfriem van het vliegwiel naar de generator te strak gespannen is, kan een kleinere stoommachine niet voldoende op toeren komen. De generator heeft ca. 1000 omwentelingen per minuut van de stoommachine nodig om de spanning hoog genoeg te laten worden om de leds te laten oplichten.

Voor het vermogen is ook de mate van ‘dicht’ zijn bepalend. Derhalve is het belangrijk om er op te letten, dat afdichtingen tussen de ketel, stoomleiding en cilinder goed ingebracht zijn. De koppelingen moeten zo zijn aangedraaid, dat zijdelings geen stoom kan ontsnappen.

Als een schuifgestuurde stoommachine niet loopt, kan de belangrijkste reden daarvoor zijn, dat het stuurmoment verkeerd staat ingesteld. Stelt u het stuurmoment zo in als in de handleiding of de tekening is aangegeven.

Elektronica  
Als een door u zelf op het steekbord opgezette schakeling niet naar wens functioneert, dan let u op, resp. controleert u volgende punten:

- Gebeurt er na het opbouwen van de schakeling helemaal niets, dan niet nerveus worden, maar eerst de spanning die van de generator komt, controleren. Zijn alle contactverbindingen in orde? Vaak maakt de aansluitdraad van de generator slecht contact met een krokodillenklem.
- Maakt de stoommachine voldoende toeren? Om de door de generator opgewekte spanning te controleren kan een multimeter worden gebruikt of een simpele schakeling met 1 rode led. De led kortstondig aan de generator aansluiten, rode draad aan het lange pootje van de led.
- Dan alle componenten op het steekbord controleren. Zijn de polariteiten juist (plus- en minpool), is er misschien onderdeel niet of niet goed ingestoken?
- Zijn alle componenten zoals bijv. de leds in de juiste richting ingestoken? De langere aansluiting is de pluspool. Bij elco's is ook

de langere draad de pluspool en tevens bevindt zich op de behuizing bij de minpool een minus-markering.

- Functioneert de schakeling, maar is het resultaat niet bevredigend? Vraagt u zich dan als eerste af, of het stoommachinemodel wel genoeg vermogen heeft.
- Heeft u onder de vorige punten geen fout gevonden en de machine draait met volle kracht, dan moet de schakeling, te beginnen bij de generator, op alle componenten op bedradingsfouten worden onderzocht. Is er misschien een onderdeel vergeten?

### **4.3 Leveringsmogelijkheden voor reserveonderdelen en elektronica componenten**

De hieronder genoemde verbruiksmaterialen en reserveonderdelen voor stoommachines kunnen van een Wileco-vakhandelaar worden betrokken, [of via Sweering b.v. Almere - Haven](#)

#### **4.3.1 Verbruiksmateriaal voor stoommachines**

Beschrijving	Inhoud	bestelnummer
Aandrijfspiraal 260mm Z80	1 zakje = 5 stuks	00800
Droge brandstof Z81 Wi-Tab	1 pakje = 12 tabletten	01010
Wileco stoommachineolie Z83	1 flesje = 30ml	00801
Zakje toebehoren 'elektronica onderdelen'	Diverse onderdelen	01459
Generatorhouder	1 stuk	01460
Generator met sokkel	1 stuk	01461

### **4.4 Garantie**

Alle Wileco-stoommodellen worden aan een eindcontrole onderworpen. Bij een eventuele fout kunt u de stoommachine via uw vakhandelaar of direct aan ons opsturen. Wij vragen uw begrip, dat reeds opgestookte/gebruikte modellen niet tegen nieuwe kunnen worden omgeruild. De meeste klachten betreffen lekkende ketels. De soldeernaad

raakt beschadigd door stoken met te weinig water in de ketel. In zo'n geval vervormt de soldeernaad, het soldeer wordt vloeibaar en de ketel gaat lekken. Dit is een eenduidig bewijs dat de ketel werd drooggestookt. Houdt u alstublieft steeds het waterpeil in de gaten, bij droogstoken vervalt iedere aanspraak op garantie.

Dit model en de componenten zijn uitsluitend voor de hiervoor beschreven functie bestemd.

Technische wijzigingen behouden wij ons voor

Wilesco wenst u veel plezier met de stoombox D100NL en of de E-box E50NL, en nu: "Aan de slag, en veel plezier!"

Wilhelm Schröder GmbH & Co. KG  
D-58511 Lüdenscheid Schützenstrasse 12

Importeur Sweering b.v.  
De Postbus 50002, 1305AA Almere-Haven  
Tel: +31(0)36- 5310051  
E-mail: wilesco@planet.nl



