Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie
ISSN: (Online) 2222-4173, (Print) 0254-3486

Insig van onderwysers in wanopvattings oor eenvoudige stroombane

Author:
Estelle Gaigher[1]

Affiliation:
[1]Department of Science, Mathematics and Technology Education, University of Pretoria, South Africa

Corresponding author:
Estelle Gaigher,
estelle.gaigher@up.ac.za

Dates:
Received: 12 Aug. 2015
Accepted: 06 May 2016
Published: 21 Sept. 2016

How to cite this article:
Gaigher, E., 2016, 'Insig van onderwysers in wanopvattings oor eenvoudige stroombane', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 35(1), a1363. http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v35i1.1363

Copyright:
© 2016. The Authors. Licensee: AOSIS. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.

Read online:
Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Hoewel daar heelwat internasionale navorsing gepubliseer is oor leerlinge se wanopvattings oor elektrisiteit, is daar weinig studies gedoen oor onderwysers se bewustheid van hierdie wanopvattings. Hierdie artikel doen verslag oor 'n gevallestudie om te ondersoek tot watter mate Suid-Afrikaanse onderwysers leerlinge se wanopvattings oor serie- en parallelstroombane verstaan, en tot welke mate dié insig geïntegreer word in onderwysers se pedagogiese inhoudskennis. Nege onderwysers uit staatskole is doelbewus geselekteer om aan die studie deel te neem. Kwalitatiewe data is uit vraelyste en onderhoude ingesamel. Daar is bevind dat onderwysers dikwels eenvoudige wanopvattings uitwys as oorsake van leerlinge se foute, maar dat wanopvattings wat verband hou met foutiewe analise, selde deur onderwysers genoem word. Verder is bevind dat onderwysers se kennis van wanopvattings gefragmenteerd is en nie met hulle begrip van basiese konsepte geïntegreer word nie. Die resultate toon dus dat hierdie onderwysers onvoldoende pedagogiese inhoudskennis betreffende wanopvattings oor serie- en parallelstroombane openbaar. Aanbevelings uit die studie is dat pedagogiese inhoudskennis rakende wanopvattings tydens onderwysersopleiding ontwikkel moet word.

Teachers' insight into misconceptions about simple circuits. Many studies on learners' misconceptions about electricity have been published internationally, but studies on teachers' awareness of these misconceptions are few. This article reports on a case study to investigate to what extent South African teachers understand learners' misconceptions about series and parallel circuits, and to what extent such understandings are integrated into their pedagogical content knowledge. Nine teachers from public schools were purposefully selected to participate in the study. Qualitative data were collected from questionnaires and interviews. It was found that teachers often indicate simple misconceptions as sources of learners' mistakes, but that misconceptions related to incorrect analysis are seldom mentioned. Furthermore, it was found that these teachers' knowledge about misconceptions was fragmented and not integrated with their understanding of basic concepts. The results indicate that these teachers display inadequate pedagogical content knowledge regarding misconceptions about series and parallel circuits. It is recommended that pedagogical content knowledge regarding misconceptions should be developed during teacher training.

Inleiding

Dit is algemeen bekend dat leerlinge elektrisiteit as 'n moeilike onderwerp beskou. Sedert die vroeë tagtigs is heelwat navorsing gedoen wat toon dat wanopvattings in elektrisiteit algemeen voorkom onder leerlinge en studente, onafhanklik van kultuur (Cohen, Eylon & Ganiel 1983; Küçüközer & Kocakülah 2007; Shipstone 1984; Shipstone *et al.* 1988). Uit 'n konstruktivistiese oogpunt is dit belangrik dat wanopvattings benut word as 'n uitgangspunt in onderrig (Hammer 1996; Morrison & Lederman 2003). Gevolglik is dit belangrik dat onderwysers kennis dra van wanopvattings en in staat is om raak te sien wanneer leerlinge se foute uit wanopvattings voortspruit. Daar is egter min literatuur beskikbaar oor onderwysers se bewustheid van wanopvattings (Gunstone, Mulhall & McKittrick 2009; Larkin 2012; Pardhan & Bano 2001). Sou wanopvattings nie reggestel word nie, belemmer hulle die begripsontwikkeling van die aanvaarde wetenskaplike model. Die huidige studie poog om by te dra tot die literatuur deur eerstens te ondersoek tot watter mate Suid-Afrikaanse onderwysers leerlinge se foute oor serie- en parallelskakeling as wanopvattings verstaan, en tweedens, hoe onderwysers hulle kennis van wanopvattings integreer met hul eie basiese kennis en insig in elektriese stroombane.

Literatuurstudie

Wanopvattings kan beskryf word as spesifieke, stabiele, herhalende denkpatrone wat nie strook met aanvaarde wetenskaplike modelle nie, en wat lei tot foutiewe begrip en verklarings van

natuurlike verskynsels (Hammer 1996). As voorbeeld is die mees bekende wanopvatting in elektrisiteit dat stroom deur resistors verbruik word, met die gepaardgaande foutiewe voorspelling dat stroomsterkte verminder namate dit deur 'n stroombaan beweeg. Wanopvattings spruit voort uit alledaagse belewenisse in die werklikheid soos ervaar deur individue, en hierdie ervarings word verwerk tot ontoepaslike modelle en wat ook bekend staan as *alternative conceptions* [alternatiewe opvattings], *preconceptions* [voorafgaande opvattings] en *Childrens' science* [kinderwetenskap] (Gilbert & Watts 1983). Dit is belangrik dat onderwysers insig toon in wanopvattings sodat hulle reggestel kan word om leerlinge se begrip van die wetenskaplike model te ondersteun (Larkin 2012).

Verskeie studies het bygedra tot 'n omvattende stel bekende wanopvattings oor eenvoudige stroombane (bv. Cohen, Eylon & Ganiel 1983; Shipstone 1984). Daar bestaan oorvleuelings van verskillende wanopvattings, asook verskillende name vir eenderse wanopvattings. Sencar en Eryilmaz (2004) het 'n lys van algemene wanopvattings saamgestel: die unipolêre model; botsende strome; stroomverswakking; stroomdeling; empiriese model; lokale en opeenvolgende redenasie; wanopvatting oor kortsluiting; parallel-wanopvatting en die konstante stroombron. Engelhardt en Beichner (2004) het die superposisie- model bygevoeg wat 'n wanopvatting oor die skakeling van selle beskryf. Sommige wanopvattings is besonder gehard en weerstaan onderrig. Die unipolêre model word maklik oorkom, terwyl stroomverswakking en die konstante stroombron die mees hardnekkige wanopvattings is wat selfs onder universiteitstudente voorkom (Chambers & Andre 1997; Stocklmayers & Treagust 1996; Dupin & Joshua 1987). Daar is bevind dat wanopvattings dikwels herlei kan word na swak begrip van potensiaalverskil, en 'n neiging onder leerlinge en onderwysers om hoofsaaklik in terme van elektriese stroom te dink terwyl spanning vermy word (Cohen *et al.* 1983; Liégeois *et al.* 2003; Tsai *et al.* 2007).

Die konsep van fenomenologiese primitiewe (*phenomenological primitives*) word ook gebruik om foutiewe denkpatrone te beskryf (Di Sessa 1993; Smith, Di Sessa & Roschelle 1993). Soos wanopvattings, is fenomenologiese primitiewe (f-prims) ook gebaseer op alledaagse lewenservarings, met die verskil dat f-prims algemeen toepasbare reëls verteenwoordig, terwyl wanopvattings spesifieke onderwerpe en situasies beskryf. Di Sessa (1993) beskryf f-prims soos volg: *'… p-prims constitute the basic encoding of the naïve sense of mechanism'* [f-prims bestaan uit basiese enkodering van 'n naïewe sin van meganisme] (bl. 203), met ander woorde 'n patroon wat verskeie verskynsels beskryf. 'n Bekende f-prim dra die naam 'Ohm's p-prim', maar is beslis nie tot Ohm se wet beperk nie; Ohm se wet is eerder 'n voorbeeld van hierdie f-prim. Dié f-prim beskryf die verband tussen 'n agent, 'n effek en 'n opponent: hoe sterker die agent, hoe groter die effek; en hoe sterker die opponent, hoe kleiner die effek. Hierdie f-prim is 'n voorloper om direkte en omgekeerde eweredigheid te verstaan en maak dit dus makliker om fisiese wette soos bv. Newton se tweede wet, asook inderdaad Ohm se wet te verstaan. Dit gebeur egter ook dat hierdie f-prim verkeerdelik aangewend word in gevalle waar leerlinge nie in staat is om tussen agent, opponent en effek te onderskei nie.

Die konstruk van pedagogiese inhoudskennis (PIK) (*pedagogical content knowledge* [PCK]) word as teoretiese raamwerk vir hierdie studie gebruik. Shulman (1986) het die konstruk PIK voorgestel om die belangrikheid van vakinhoud in die studie van opvoedkunde te bevorder. Sedertdien het die konstruk gegroei tot 'n studieveld in eie reg (sien bv. Kind 2009 vir 'n oorsig). Shulman beskryf PIK as die kennis wat 'n onderwyser gebruik om sy eie vakkenis te transformeer tot 'n bruikbare vorm wat aan leerlinge oorgedra kan word. In sy beskrywing van PIK verwys Shulman ook na begrip van leerlinge se eie voorkennis en wanopvattings as 'n belangrike deel van PIK. Hierdie aspek van PIK word *knowledge of content and students* [kennis van inhoud en leerders] genoem in Hill, Ball en Schilling (2008) se beskrywing van PIK. Hierdie model van PIK bevat drie kennisvelde, naamlik inhoud van die kurrikulum, hoe leerders spesifieke inhoud verstaan, en hoe om spesifieke inhoud te onderrig. Laasgenoemde twee velde is van belang in die studie: kennis van hoe leerders spesifieke inhoud verstaan, sluit in hoe onderwysers leerders se foute en wanopvattings begryp. Onderrig van spesifieke inhoud bevat die integrering van kennis oor wanopvattings tydens die onderrig van die wetenskaplike model.

Metodologie

'n Ondersoekende gevallestudie is onderneem om ryk inligting in te samel wat insig kan gee in die navorsingsprobleem. Die doel van kwalitatiewe studies soos dié is nie om te veralgemeen nie, maar juis om die deelnemers se eie insigte te verstaan. Gevolglik moet die grootte van die monster beperk word om oorlading van data en verlies aan diepte te voorkom (Cohen, Manion & Morrisen 2011).

Nege onderwysers wat Fisiese Wetenskappe in die Verdere Onderwys en Opleidingfase (VOO) onderrig, het aan die studie deelgeneem. Die skole is doelbewus geselekteer om staatskole uit verskillende sosio-ekonmiese groepe te verteenwoordig, en een gewillige onderwyser per skool is genooi om deel te neem. Dit is as vereiste gestel dat deelnemende onderwysers gekwalifiseerd is om Fisiese Wetenskappe op die VOO-vlak te onderrig. Gerieflike reisafstande en toeganklikheid tot skole vir die navorser was verdere kriteria. Die voertaal is Engels in al hierdie skole. Vyf van die skole is voormalige sogenoemde model C-skole in voorstedelike gebiede, terwyl die ander vier skole in buitestedelike gebiede geleë is. Twee van die voorstedelike skole is geleë in gegoede omgewings, gemeet aan skoolgelde van meer as R20 000 per jaar. Die ander drie voorstedelike skole bedien middelklas gesinne, soos gemeet aan jaarlikse skoolgelde van minder as R20 000. Die vier buitestedelike skole bedien leerders uit arm huishoudings en hef geen skoolgelde nie. Tabel 1 gee 'n opsomming van onderwysers se biografiese inligting en agtergrond van die skole. Skuilname is deurgaans gebruik om anonimiteit te verseker.

TABEL 1: Biografiese data van onderwysers en skoolagtergrond.

Onderwyser	Kwalifikasie	Ervaring (jare)	Skool- agtergrond	Jaarlikse skoolgeld (R)
Martha	Graad	4	Voorstedelik	>20 000
Neo	Graad en Diploma	8	Voorstedelik	>20 000
Owen	Graad	12	Voorstedelik	<20 000
Sipho	Diploma en Sertifikaat	30	Voorstedelik	<20 000
Thembi	Diploma en Sertifikaat	8	Buitestedelik	gratis
Uve	Diploma	4	Buitestedelik	gratis
Philip	Diploma en Sertifikaat	3	Buitestedelik	gratis
Quinten	Graad	11	Buitestedelik	gratis
Regina	Twee Diplomas	12	Voorstedelik	<20 000

Vraelyste en semigestruktureerde onderhoude is as instrumente gebruik. Die vraelyste sentreer om twee tipiese toetsitems oor serie- en parallelstroombane, geskik vir leerlinge in die VOO-fase. Die toetsitems is soortgelyk aan items wat in bekende studies oor wanopvattings in stroombane gebruik is, waar interne weerstand buite rekening gelaat word (Engelhart & Beichner 2004). Pardhan en Bano (2001) het bevind dat onderwysers in Pakistan skaam gevoel het tydens 'n studie waar hulle eie wanopvattings ondersoek is. So 'n situasie is vermy in die huidige studie om te verseker dat die onderwysers gemaklik voel en bereid sou wees om aan die studie deel te neem. Die onderwysers is nie gevra om die toetsitems te beantwoord nie; om die waarheid te sê, die korrekte antwoorde is aan hulle verskaf om seker te maak dat hulle nie bedreig voel nie. Die vrae aan die onderwyser is gerig op foute wat leerlinge moontlik sou maak tydens beantwording van die twee items. Die versoek aan die onderwysers was om aan te dui watter verkeerde opsies hulle verwag dat leerlinge sou kies. Voorts moes hulle verduidelik waarom hulle daardie foute verwag. Hierdie tegniek is voorheen gebruik in studies met onderwysers van jonger leerlinge (Gaigher 2014; Moodley 2013).

Die twee toetsitems in die vraelys handel oor serie- en parallelstroombane respektiewelik, wat elk 'n lampie en twee resistors bevat (sien Aanhangsel). In beide toetsitems word gevra watter verstellings aan die resistors gemaak kan word om die lampie in die baan te laat verdof. Die afleiers vir die twee items is identiese kombinasies van verhoging of verlaging van een of albei weerstande. Die afleiers is duidelik gebaseer op bekende wanopvattings en f-prims uit die literatuur, soos opgesom in Tabel 2 en Tabel 3.

Terwyl die vraelys spesifiek op serie- en parallelskakelings gefokus is, dek die semigestruktureerde onderhoude algemene vrae oor die onderrig van elektriese stroombane. Die betroubaarheid van die studie word dus verhoog deurdat onderwysers die onderwerp van elektristeit in geheel kan beskou sonder om deur die vraelys gelei te word. Tog is daar geleentheid vir triangulasie deur antwoorde op die onderhoude te vergelyk met antwoorde op die vraelyste. Inhoudsanalise (*content analysis*) (Denzin & Lincoln 2005) is gebruik om data van sowel vraelyste as onderhoude te analiseer.

Die studie voldoen aan etiese beginsels en is goedgekeur deur die etiese komitee van die Universitieit van Pretoria, asook die Gautengse Departement van Onderwys.

TABEL 2: Afleiers vir vraag 1 met bypassende verduidelikings of wanopvattings of f-prims.

Afleier	Verduideliking of wanopvatting of f-prim
A	Lokale of opeenvolgende redenasie: om stroom in die lampie te verlaag moet die weerstand 'voor' die lampie vergroot word.
B	Korrek: lampie verdof omdat die totale weerstand verhoog kan word deur enige van R1 of R2 te vergroot.
C	F-prim: Weerstand as agent van stroom.
D	F-prim: Weerstand as agent van stroom.
E	Onbekend.

TABEL 3: Afleiers vir vraag 2 met bypassende verduidelikings of wanopvattings of f-prims.

Afleier	Verduideliking of wanopvattings of f-prim
A	Empiriese model: Die tak 'naaste aan die bron' ontvang meer stroom, die lampie ontvang dus minder.
B	Parallelbaan-wanopvatting: as R1 of R2 verhoog word, sal die 'weerstand verhoog' en die stroom verlaag (soos in 'n serieskakeling).
C	Konstantestroombron-model: Die tak met laer weerstand trek nou meer stroom, daarom sal die lampie 'minder' stroom as voorheen ontvang. F-prim: Weerstand as agent van stroom.
D	Konstantestroombron-model: Die takke met laer weerstand trek nou meer stroom, daarom sal die lampie 'minder' stroom as voorheen ontvang. F-prim: Weerstand as agent van stroom.
E	Korrek. Verstellings aan die resistors verander nie die spanning oor die lampie nie, want dit is parallel oor die bron geskakel sodat die stroom in die lampie konstant bly.

Resultate

Vraelyste

By vraag 1 het die meeste van die onderwysers (ses uit nege) opsie D gekies en twee het opsie A as die verwagte fout gekies. Een van die onderwysers het die korrekte antwoord B gekies, en verduidelik dat sy verwag dat leerlinge hierdie vraag korrek sou antwoord. Tabel 4 gee 'n opsomming van al die onderwysers se antwoorde op vraag 1 in die vraelys.

Volgens die populêre keuse D, sal die lampie dowwer brand indien die weerstand van enige van die twee resistors *verlaag* word. Die onderwysers verwag dus 'n fout geassosieer met die f-prim 'minder lewer minder', waar leerlinge weerstand as 'n agent van stroom sou beskou eerder as opponent van stroom. Hierdie onderwysers verwag dus dat leerlinge weinig begrip toon van die basiese rol wat weerstand in 'n stroombaan speel. Owen verduidelik soos volg: '*Confuse current in a series circuit with resistance and voltage … think that if one decreases, all of them decreases.*' ['Verwar stroom in 'n seriebaan met weerstand en spanning … dink dat as een verminder, sal almal verminder'.] Neo verwys ook na die gesamentlike uitwerking van weerstande in

'n seriestroombaan: *'They don't realise that in series, if you add resistance, the current will decrease*.' ['Hulle begryp nie dat in serie sal stroom verminder as weerstand bygevoeg word nie'.] Die keuse van D kan ook selfs dui op 'n blote woordassosiasie tussen konsepte 'vermindering' en 'dowwer' in die bewoording van die vraag sonder om na te dink oor die fisiese hoeveelhede wat deur hierdie konsepte verteenwoordig word, soos wat beskryf word deur Quinten: '*Learners match decrease in the question so they match the two*.' ['Leerders assosieer afname in die vraag, dus assosieer hulle die twee'.]

Die keuse van A hou verband met die welbekende wanopvatting van opeenvolgende gebeure (*sequential reasoning*). Volgens A sal die lampie verdof, slegs indien die weerstand van R1 verminder word. So 'n keuse impliseer dat veranderings in 'n stroombaan invloed uitoefen op stroombaanelemente 'ná' die verandering, m.a.w. dat die stroom eers verander nadat dit 'verby' die verstelling beweeg het. Die verandering word dus in 'n ruimtelike sin beskou eerder as 'n verandering in die sisteem op 'n gegewe tydstip. Dit is egter ook moontlik dat die antwoord A gekies word, bloot op grond van die wanopvatting oor 'stroomvermindering', met die gedagte dat elke weerstand 'n deel van die stroom 'opgebruik' sodat 'minder' stroom uiteindelik na die sel terugkeer. Philip verduidelik soos volg: '*When current flows through the resistor, some current will be blocked and hence the light bulb will receive lesser current*.' ['As stroom deur die weerstand vloei, word 'n deel van die stroom geblokkeer sodat die lampie minder stroom ontvang'.] Dit is nie moontlik om uit dié antwoord af te lei watter een van die twee wanopvattings hier ter sprake is nie.

TABEL 4: Samevatting en analise van onderwysers se antwoorde† op vraag 1 van die vraelys.

Onderwyser	Keuse	Verduideliking†	Analise
Martha	B	In 'n seriebaan maak dit vir hulle sin, want al die komponente is sonder takke geskakel.	Korrekte keuse en verduideliking.
Neo	D	Hulle verstaan nie dat as jy weerstand in serie byvoeg, sal die stroom afneem nie.	F-prim: Weerstand as agent van stroom.
Owen	D	Verwar stroom in 'n seriebaan met weerstand en spanning … dink dat as een afneem, sal almal afneem.	F-prim: Weerstand as agent van stroom.
Sipho	D	Miskonsep omtrent die verband tussen I en R.	F-prim: Weerstand as agent van stroom.
Thembi	A	Hulle dink R1 ontvang meer stroom, met stroom wat van positief na negatief vloei, daarom sal dit eerste meer stroom kry.	Wanopvattings: opeenvolgende redenasie en/of stroomverbruik.
Uve	D	Verwar helderheid met 'n afname in weerstand in 'n serieskakeling.	F-prim: Weerstand as agent van helderheid.
Philip	A	As stroom deur die weerstand vloei, word 'n deel geblokkeer sodat die lampie minder stroom ontvang.	Wanopvattings: opeenvolgende redenasie en/of stroomverbruik.
Quinten	D	Leerders wil normaalweg dinge bymekaar pas en hier noem die vraag afname, so hulle wil 'n antwoord met afname gee.	Woordassosiasie: Afname, dowwer.
Regina	D	Leerders assosieer weerstand met wrywingskrag, meer weerstand gee meer helderheid.	F-prim: Weerstand as agent van helderheid.

†, Vertaling deur die navorser

By vraag 2 was opsie B die populêre keuse (5 uit 9). Drie van die onderwysers het opsie D gekies en een het A gekies. Die onderwysers se antwoorde op vraag 2 van die vraelys is opgesom in Tabel 5. Die populêre keuse B pas by die sg. parallelbaan-wanopvatting, waar die uitwerking van weerstande in serie- en parallele stroombane nie onderskei word nie. Hierdie wanopvatting kan eweneens as 'n f-prim beskou word, waar weerstand verkeerdelik as 'n agent van stroom gesien word. Vyf onderwysers het opsie B gekies, maar slegs een onderwyser het 'n verduideliking gegee wat die parallelbaan-wanopvatting duidelik beskryf. Uve skryf: '*Confusing series connection with parallel connection.*' ['Verwar serieskakeling met parallelskakeling'.] Sipho se verduideliking '*misunderstanding of proportionalities …*' [misverstand van eweredighede'.] dui eerder op die f-prim; 'weerstand as agent van stroom'. Die redes van drie van die onderwysers wat B gekies het, het hul keuse nie duidelik verklaar nie, bv. Philip: '*Because they understand that in parallel the current is divided*.' ['Want hulle verstaan dat stroom in parallel verdeel word'], wat die wanopvatting omtrent die konstante stroombron impliseer.

Keuse D impliseer die wanopvatting oor die konstante stroombron. Hiervolgens sal veranderings aan resistors in 'n parallelbaan slegs 'n herverdeling van die 'vorige' stroom meebring. Die implikasie is dat die totale stroom eerder as die spanning oor elke tak as konstant beskou word. Drie onderwysers het D gekies, maar nie een van die drie gee 'n verduideliking wat hierdie keuse regverdig nie. Twee van die verduidelikings dui daarop dat onderwysers die wanopvatting oor die parallelbaan verwag. As voorbeeld verduidelik Quinten: '*They think when you increase the number of resistors in parallel you increase resistance*.' ['Hulle dink dat wanneer jy die getal weerstande in parallel vermeerder, vermeerder jy die weerstand'.] Owen gee 'n verduideliking wat eintlik die korrekte redenasie beskryf wat by opsie E pas, hoewel hy D gekies het.

TABEL 5: Samevatting en analise van onderwysers se antwoorde† op vraag 2 van die vraelys.

Onderwyser	Keuse	Verduideliking†	Analise
Martha	B	Takke verwar hulle. Dié wat die oefeninge gedoen het, sal weet, maar hulle is min.	Verwarring/ gebrek aan kennis.
Neo	D	As jy resistors byvoeg, dink hulle die stroom moet verminder.	Wanopvatting: Parallelbaan.
Owen	D	Hulle assosieer helderheid met spanning, so in 'n parallelbaan is die spanning en helderheid dieselfde.	Korrekte verduideliking, maar dit pas by opsie E, nie by die keuse D nie.
Sipho	B	Misverstaan van eweredighede.	F-prim: Weerstand as agent van stroom.
Thembi	A	Omdat hierdie baan takke het, dink hulle die eerste tak kry meer stroom.	Wanopvatting: Empiriese reël.
Uve	B	Verwar serieskakeling met parallelskakeling.	Wanopvatting: Parallelbaan.
Philip	B	Want hulle verstaan in parallel word die stroom verdeel.	Wanopvatting: Konstante stroombron.
Quinten	D	Hulle dink wanneer jy die aantal weerstande in parallel verhoog, word die weerstand verhoog.	Wanopvatting: Parallelbaan.
Regina	B	Stroom vloei die weg van die minste weerstand en meer stroom gaan deur die lampie, dus meer helderheid.	Wanopvatting: Konstante stroombron.

†, Vertaling deur die navorser.

Die empiriese model is in een geval aangedui. Thembi het A gekies, met 'n verduideliking: '*Since this circuit is having the branches to them the first branch have more current*.' ['Omdat hierdie stroombaan takke het, dink hulle dat die eerste tak sterker stroom ontvang'.]

Twee van die onderwysers het hul keuses verduidelik op 'n wyse wat aandui dat hulle die wanopvatting oor die konstante stroombron verwag, hoewel hulle keuse (B) nie met hierdie wanopvatting strook nie. Regina verduidelik soos volg: '*Current flows to less resistance route, more current pass through the bulb, hence more brightness.*' [Stroom vloei die roete van die minste weerstand, dus vloei meer stroom na die lampie, dus meer helderheid'.] Hoewel hy die verduideliking formuleer betreffende 'n helderder lampie, is die redenasie wel volgens die konstantestroombaan-model.

Semigestruktureerde onderhoude

Antwoorde op al die vrae in die onderhoude is deeglik bestudeer. Die bespreking word egter hier beperk tot antwoorde wat lig werp op die navorsingsprobleem. Gevolglik word antwoorde bespreek wat verband hou met onderwysers se insig in leerlinge se probleme en wanopvattings, asook hoe hulle hierdie insig integreer met hulle antwoorde oor die onderrig van elektrisiteit.

'Is jy bewus van foutiewe opvattings oor elektrisiteit wat by leerders voortbestaan ondanks onderrig?'

Drie van die onderwysers het spontaan na parallelbane verwys, en die rol van weerstand as 'n probleem vir leerlinge genoem. Martha verduidelik: '… *they really struggle with parallel … the thing where you say least resistance, most current, that is a hard concept for them to grasp*' ['… hulle sukkel regtig met parallel … die ding waar jy sê minste weerstand, meeste stroom, dit is 'n moeilike konsep vir hulle om te verstaan' …] Afgesien van weerstand in parallelskakelings, noem Owen ook potensiaalverskil oor parallelle resistors as 'n groot probleem vir leerlinge:

> '*Especially confusion that still exist with regard to uhm, resistance in parallel and series, or current in parallel or series, or voltage in parallel or series, especially voltage, they can't seem to understand that it is the same with parallel everywhere and changes with series*' ['Daar is veral steeds verwarring oor, hm, weerstand in parallel en serie, stroom in parallel en serie, spanning in parallel en serie. Veral spanning, hulle verstaan nie dat dit orals dieselfde is in parallel, maar dat dit verander in serie].

Die ander onderwysers noem uiteenlopende kwessies waarmee leerlinge sukkel, wat nie verband hou met serie- en parallelskakelings nie. Een verwys bv. na wat 'werklik' binne-in geleiers gebeur, 'n ander beskryf die wanopvatting van botsende strome. Hierdie 'irrelevante' antwoorde verleen geloofwaardigheid aan die resultate deur te toon dat onderwysers tydens die onderhoude nie gelei is om serie- en parallelskakeling as 'n probleem vir leerlinge uit te sonder nie.

'Hoe gaan jy te werk om serie- en parallelstroombane te verduidelik?'

Drie van die onderwysers kontrasteer die twee skakelings, twee gebruik analogieë om te verduidelik, een noem demonstrasies, en een verwys na bedrading van 'n huis. Thembi en Quinten beklemtoon potensiaal en stroomverdeling in serie- en parallelbane respektiewelik. Thembi verduidelik soos volg:

> *You think they already know from grade 10, and they are now in grade 11, series connection, they are potential dividers, they share potential difference … and parallel connection are current dividers, that's very important.* ['Jy dink hulle sal dit reeds weet van graad 10 en hulle is nou in graad 11, serieskakeling, hulle is potensiaalverdelers, hulle deel potensiaalverskil … En parallelskakeling is stroomverdelers, dis baie belangrik.']

Hierdie twee onderwysers toon dus insig dat verdeling van potensiaalverskil en stroom respektiewelik belangrik is in serie- en parallelskakelings. Hulle noem egter nie die ewe belangrike konstantheid van stroom in serieskakelings en konstantheid van potensiaalverskil oor parallelskakelings nie. Dié konstantes is juis die sleutel tot foute wat in die vraelys ondersoek is.

Slegs een van die onderwysers Owen verwys na die konstantheid van potensiaalverskil oor parallel geskakelde weerstand en hy noem dit ook as 'n oorsaak van foute by vraag 2 in die vraelys. Soos Thembi en Quinten noem hy egter ook nie die belangrikheid van konstantheid van stroom in 'n seriebaan nie, en beskryf dit ook nie as 'n oorsaak van foute by vraag 1 in die vraelys nie.

'Hoe verduidelik jy die verskil tussen stroom en potensiaalverskil?'

Drie onderwysers beklemtoon dat die potensiaalverskil die oorsaak van die stroom is, twee verwys na die konsepte 'vloei' en 'energie', een verwys slegs na stroom, een onderwyser gebruik 'n analogie, en een gebruik Ohm se wet. Owen betrek ook serie- en parallelskakelings by die verduideliking van stroom, maar nie by potensiaalverskil nie:

> '*Uhm, it is nice to explain current with a series and parallel circuit, because then you can physically draw little men and you can show how they run in series and you can show how they redistribute in a parallel circuit … Uhm, voltage I would explain by just, uhm, using the definition obviously and also just emphasising that it is the relationship between current and resistance and as the one increases the other decreases or vice versa.*' ['Hm, dit is lekker om stroom met serie- en parallelbane te verduidelik, want jy kan klein mannetjies teken en wys hoe hullle mekaar aflos en jy kan wys hoe hulle herrangskik in 'n parallelbaan … hm, spanning verduidelik ek net, hm, vanselfsprekend met die definisie en ek beklemtoon ook dat dit die verwantskap tussen stroom en weerstand is, en as een toeneem, neem die ander af, en omgekeerd.]

Bespreking

'n Sintese van die analise van antwoorde op die vraelys en onderhoude lei tot twee algemene gevolgtrekkings.

Die onderwysers is geneig om 'n lae peil van insig by leerlinge te verwag

Dit blyk dat onderwysers bewus is van eenvoudige wanopvattings en die foutiewe aanwendings van f-prims by leerlinge. In die vraelys skryf onderwysers leerders se foute meestal toe aan 'n gebrek aan kennis of foutiewe toepassing van kennis, terwyl foutiewe analise minder dikwels aangevoer word.

By vraag 1 gee vyf van die onderwysers verduidelikings wat impliseer dat leerlinge se foute voortspruit uit 'n gebrek aan begrip van die rol wat weerstand in 'n stroombaan speel. In hierdie gevalle beskou hulle die leerders se foute as f-prims, deurdat weerstand as agent eerder as opponent van stroom beskou word. Voorts dink een van die onderwysers dat leerlinge selfs op 'n laer peil dink, deur bloot van woordassosiasie gebruik maak, sonder om die probleem in terme van die fisiese hoeveelhede te vertolk. Slegs twee van die onderwysers (Tembi en Philip) toon insig in foute op 'n hoër vlak, wat spruit uit die wanopvatting oor plaaslike en opeenvolgende redenasie. Hier besef onderwysers dat hoewel leerders verstaan dat weerstand stroom teenwerk, hulle die probleem verkeerd analiseer in terme van 'n stel opeenvolgende gebeure i.p.v. as 'n stabiele toestand met 'n konstante stroom regdeur die baan. Hierdie twee onderwysers se siening van die probleem stem dus ooreen met die wanopvatting van opeenvolgende gebeure.

Foute op 'n lae vlak, nl. 'n gebrek aan begrip, word deur vier van die onderwysers verwag in die tweede vraag: Drie onderwysers beskryf die parallelbaan-wanopvatting en een beskryf die empiriese model. Hierdie onderwysers verwag dus dat leerlinge die rol van resistors in 'n parallelstroombaan nie begryp nie. Slegs twee onderwysers (Philip en Regina) verwag foute op 'n hoër kognitiewe vlak, deurdat hulle die wanopvatting oor konstante stroombron beskryf. Hiervolgens sou leerders die probleem wel analiseer, en die rol van resistors insien, maar die deurslaggewende invloed van die konstante potensiaalverskil oor die parallelle resistors word nie raakgesien nie.

Die geneigdheid van onderwysers om 'n lae vlak van kennis en begrip by leerlinge te verwag suggereer die moontlikheid dat swak basiese kennis en begrip van elektriese stroombane wel by 'n groot groep van Suid-Afrikaanse leerlinge voorkom. Hierdie moontlikheid is in ooreenstemming met 'n bevinding van Nkopane *et al.* (2011) waarvolgens ongedokumenteerde wanopvattings onder SA leerlinge voorkom. Hierdie wanopvattings is inderdaad verwant aan 'n gebrek aan basiese kennis van stroombane.

Die onderwysers se pedagogiese inhoudskennis toon min integrasie van insig in wanopvattings en begrip van die wetenskaplike model

Dit is opvallend in die vraelys, by vraag 2, dat sommige onderwysers se verduidelikings nie logies skakel met die verwagte fout wat hulle aandui nie. Dit suggereer dat onderwysers wel bewus is van wanopvattings, maar soms nie insien tot watter foutiewe antwoord 'n spesifieke wanopvatting sou lei nie. Gevolglik is dit te verwagte dat konstruktivistiese leer ingeperk sal wees in hierdie klaskamers. Om 'n wanopvatting reg te stel of uit te wis, vereis immers dat die oorspronklike fout ontdek moet word alvorens die leerling tot nuwe insig kan kom.

Hoewel die vraelys aandui dat onderwysers wel insig in sommige wanopvattings oor serie- en parallelbane toon, is hulle nie bedag op hierdie foute tydens die onderhoud wanneer hulle antwoord hoedat hulle hierdie skakelings aan leerlinge verduidelik nie. Hulle toon ook nie insig dat die genoemde wanopvattings by vraag 1 verband hou met swak begrip van konstante stroom regdeur 'n seriebaan nie. By vraag 2 toon hulle ook nie insig dat die genoemde wanopvattings verband hou met swak begrip van konstante potensiaalverskil in parallelbane nie. Slegs Owen verwys na die konstantheid van potensiaalverskil oor parallelle resistors as 'n probleem tydens die onderhoud en assosieer dit ook met foute in die vraelys. Dit blyk dus oor die algemeen dat die onderwysers se insig in leerlinge se foute meesal oppervlakkig en gefragmenteerd is, en dat hulle nie bedag is op leerlinge se wanopvattings tydens onderrig nie. Hierdie gevolgtrekkings stem ooreen met bevindings van Gunstone, Mulhall en McKittrick (2009) dat onderwysers selde tydens onderrig op leerlinge se begrip fokus.

Die gevolgtrekkings van die studie dui op geleentheid vir verdere navorsing. Eerstens, watter ooreenstemming bestaan tussen die werklike wanopvattings van Suid-Afrikaanse leerders, en die insig wat onderwysers hierin openbaar? Tweedens, tot welke mate spreek onderwysers leerders se wanopvattings aan tydens onderrig? Derdens kan 'n kwantitatiewe studie onderneem word om vas te stel tot watter mate onderwysers self die bekende wanopvattings oor elektrisiteit koester.

Die gevolgtrekkings van hierdie studie behoort nie veralgemeen te word nie, omdat dit 'n gevallestudie is. Dit is ook belangrik om daarop te let dat dié studie nie uitsluitsel gee oor die moontlikheid dat onderwysers self ook sommige wanopvattings koester nie. Hoe dit ook al sy, deur wanopvattings in onderwysersopleiding aan te roer, sal toekomstige onderwysers sowel as leerlinge baat. Onderwysstudente behoort eerstens deeglik ingelig te wees oor wanopvattings. Verder behoort hulle die vaardigheid aan te leer om spesifieke begrippe en prosesse in die wetenskaplike model met gepaardgaande insig in wanopvattings te integreer sodat wanopvattings reggestel kan word tydens onderrig.

Erkenning

Die outeur bedank studente mnre. P.E. Sehole en S.L. Sibanyoni, asook mev. M.A. Moolman wat die data-insameling vir die studie behartig het.

Mededingende belange

Die outeur verklaar hiermee dat sy geen finansiële of persoonlike verbintenisse het wat haar nadelig of voordelig beïnvloed het in die skryf van hierdie artikel nie.

Literatuurverwysings

Chambers, S. & Andre, T., 1997, 'Gender, prior knowledge, interest, and experience in electricity and conceptual change text manipulations in learning about direct current', *Journal of Research in Science Teaching* 34(2), 107–123. http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199702)34:2<107::AID-TEA2>3.0.CO;2-X

Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U., 1983, 'Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts', *American Journal of Physics* 51(5), 407–412. http://dx.doi.org/10.1119/1.13226

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., 2011, *Research methods in education*, 7th ed., Routeledge, London.

Denzin, N. K. & Lincoln, Y.S., 2005, *Handbook of qualitative research,* 2nd ed., Sage, Thousand Oaks.

Di Sessa, A. A., 1993, 'Towards an epistemology of physics', *Cognition and Instruction* 10(2), 105–225. http://dx.doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008

Dupin, J. J. & Joshua, S., 1987, 'Conceptions of French pupils concerning electric circuits: Structure and evolution', *Journal of Research in Science Teaching* 24(9), 791–806. http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660240903

Engelhardt, P. & Beichner, R.J., 2004, 'Students' understanding of direct current resistive electrical circuits', *American Journal of Physics* 72(1), 98–115. http://dx.doi.org/10.1119/1.1614813

Gaigher, E., 2014, 'Questions about answers: Probing teachers' awareness and planned remediation of learners' misconceptions about electric circuits', *African Journal of Research in Mathematics Science, and Technology Education* 18(2), 176–187. http://dx.doi.org/10.1080/10288457.2014.925268

Gilbert, J.K. & Watts, D.M., 1983, 'Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in Science Education', *Studies in Science Education 10*, 61–98. http://dx.doi.org/10.1080/03057268308559905

Gunstone, R., Mulhall, P. & McKittrick, B., 2009, 'Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity', *Research in Science Education* 39, 515–538. http://dx.doi.org/10.1007/s11165-008-9092-y

Hammer, D., 1996, 'Misconceptions or p-prims: How many alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions?', *Journal of the Learning Sciences 5*, 97–127. http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0502_1

Hill, H.C., Ball, D.L. & Schilling, S.G., 2008, 'Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students', *Journal of Research in Mathematics Education* 39(4), 372–400.

Kind, V., 2009, 'Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress', *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204. http://dx.doi.org/10.1080/03057260903142285

Küçüközer, H. & Kocakülah, S., 2007, 'Secondary school students' misconceptions about simple electric circuits', *Journal of Turkish Science Education* 4(1), 101–115.

Larkin, D., 2012, 'Misconceptions about "misconceptions": Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas', *Science Education* 96(5), 927–959. http://dx.doi.org/10.1002/sce.21022

Liégeois, L., Chasseigne, G., Papin, S & Mullet, E., 2003, 'Improving high school students' understanding of potential difference in simple electric circuits', *International Journal of Science Education* 25(9), 1129–1145. http://dx.doi.org/10.1080/0950069022000017324

Moodley, K., 2013, 'The relationship between teachers' ideas about teaching electricity and their awareness of learners' misconceptions', unpublished M.Ed. dissertation, University of Pretoria, Pretoria.

Morrison, J. A. & Lederman, N. G., 2003, 'Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions', *Science Education* 87(6), 849–867. http://dx.doi.org/10.1002/sce.10092

Nkopane, L., Kriek, J., Basson, I. & Lemmer, M., 2011, 'Alternative conceptions about simple electric circuits amongst high school FET band learners', *Proceedings of the International Conference of Science, Mathematics and Technology Education* held at Kruger Park, October 2011, Unisa Press, 339–353.

Pardhan, H. & Bano, Y., 2001, 'Science teachers' alternate conceptions about direct currents', *International Journal of Science Education* 23(3), 301–318. http://dx.doi.org/10.1080/095006901750066538

Sencar, S. & Eryilmaz, A., 2004, 'Factors mediating the effect of gender on ninth-grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits', *Journal of Research in Science Teaching* 41(6), 603–616. http://dx.doi.org/10.1002/tea.20016

Shipstone, D. M., 1984, 'A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits', *European Journal of Science Education* 6, 185–198. http://dx.doi.org/10.1080/0140528840060208

Shipstone, D. M., Rhöneck, C. V., Kärrqvist, C., Dupin, J., Joshua, S. & Licht, P., 1988, 'A study of students' understanding of electricity in five European countries', *International Journal of Science Education* 10(3), 303–316. http://dx.doi.org/10.1080/0950069880100306

Shulman, L. S., 1986, 'Those who understand: Knowledge growth in teaching', *Educational Researcher* 15(2), 4–14. http://dx.doi.org/10.3102/0013189X015002004

Smith, J. P, di Sessa, A. A. & Roschell, J., 1993, 'Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition', *Journal of the Learning Sciences* 3(2), 115–163. http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0302_1

Stocklmayers, M. & Treagust, D. F., 1996, 'Images of electricity: How do novices and experts model electric current?', *International Journal of Science Education* 18, 163–178. http://dx.doi.org/10.1080/0950069960180203

Tsai, C. H., Chen, H. Y., Chou, C. Y. & Lain, K. D., 2007, 'Current as the key concept of Taiwanese students' understandings of electric circuits', *International Journal of Science Education,* 29 (4), 483–496. http://dx.doi.org/10.1080/09500690601073327

Bylaag 1

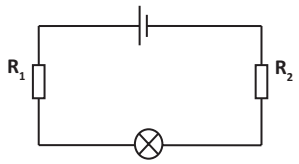
Questionnaire for Physical Science teachers

Question 1

Suppose your learners were given the following item in a test:

In which of the following cases will the brightness of the bulb decrease?

A Only when R_1 is increased
B When R_1 or R_2 is increased
C Only when R_1 is decreased
D When R_1 or R_2 is decreased
E None of the above



The correct answer is B. Please answer the following questions:

1.1 Which one of the incorrect answers A, C, D or E do you think your learners are most likely to choose?

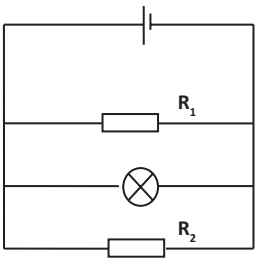
1.2 Why do you think they are likely to choose this answer?

Question 2

Suppose your learners were given the following item in a test:

In which of the following cases will the brightness of the bulb decrease?

A Only when R_1 is increased
B When R_1 or R_2 is increased
C Only when R_1 is decreased
D When R_1 or R_2 is decreased
E None of the above



The correct answer is E. Please answer the following questions:

2.1 Which one of the incorrect answers A, B, C, or D do you think your learners are most likely to choose?

2.2 Why do you think they are likely to choose this answer?