Die verband tussen wetenskap en tegnologie: 'n Tegnologie-onderwysperspektief

Author:
Willem J. Rauscher[1]

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

Correspondence to:
Willem Rauscher

Email:
willem.rauscher@up.ac.za

Postal address:
Faculty of Education, Groenkloof Campus, University of Pretoria, Pretoria 0002, South Africa

Dates:
Received: 04 Apr. 2011
Accepted: 12 Jan. 2012
Published: 22 Feb. 2012

How to cite this article:
Rauscher, W.J., 2012, 'Die verband tussen wetenskap en tegnologie: 'n Tegnologie-onderwysperspektief', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 31(1), Art. #27, 5 pages. http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v31i1.27

© 2012. The Authors. Licensee: AOSIS OpenJournals. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.

Die aankondiging deur die Suid-Afrikaanse Minister van Basiese Onderwys dat Natuurwetenskappe en Tegnologie voortaan in die Intermediêre Fase gekombineer gaan word, skep verskeie uitdagings wanneer dit kom by die uitvoering van hierdie aankondiging. Die vraag oor wie vir die onderrig van hierdie nuwe gekombineerde vak, Natuurwetenskap en Tegnologie, verantwoordelik gaan wees, is problematies. Uit die nuwe *Curriculum and Assessment Policy Statement* [Kurrikulum- en Assesseringsbeleidverklaring] (CAPS, Department of Basic Education 2011) wil dit voorkom asof wetenskaponderwysers daarvoor verantwoordelik sal wees om Natuurwetenskap en Tegnologie in die Intermediêre Fase te onderrig. Die meeste wetenskaponderwysers in Suid-Afrika beskik egter oor gebrekkige opleiding in tegnologie-onderwys en het dus nie 'n grondige begrip van die aard van tegnologie of die onderlinge verband met wetenskap nie. Dit kan rampspoedige gevolge vir tegnologie-onderwys inhou, want dit kan byvoorbeeld bepaal hoe hierdie vak onderrig en hoe die inhoud geprioritiseer word. Op sy beurt kan dit weer die persepsie ondersteun dat tegnologie 'n vorm van toegepaste wetenskap, dus ondergeskik aan wetenskap is, en uiteindelik sy status as skoolvak teenoor wetenskap verloor. Die doel van hierdie artikel is om 'n oorsig te gee van die literatuur oor die verband tussen wetenskap en tegnologie en om die mite dat tegnologie toegepaste wetenskap is, die nek in te slaan. Daar word gehoop dat hierdie artikel die aandag daarop sal vestig dat tegnologie-onderwys tot 'n derderangse vak afgewater sal word indien die persone wat vir die onderrig daarvan verantwoordelik is nie ten minste deeglik verstaan wat die onderlinge verband tussen wetenskap en tegnologie is nie.

The relationship between science and technology: A technology education perspective. The South African Minister of Basic Education's announcement that Natural Sciences and Technology should be combined in the Intermediate Phase can pose various challenges when it comes to the execution stage. The question as to who will be responsible for teaching this new combined subject, called Natural Sciences and Technology, is problematic. The *Curriculum and Assessment Policy Statement* (CAPS, Department of Basic Education 2011) seems to suggest that Science teachers will be responsible for the teaching of Natural Sciences and Technology in the Intermediate Phase. Most science teachers in South Africa however, have had inadequate training in Technology education and, therefore, do not have a sound understanding of the nature of Technology or its inter-connectedness with Science. This can have disastrous consequences for Technology education. It can, for example, determine how this subject will be taught and how content is prioritised. This in turn, can perpetuate the perception that Technology is a form of applied science and therefore, inferior to Science, which will lead to Technology losing its status as a school subject in relation to Science as a school subject. The purpose of this article is to provide an overview of the literature on the relationship between science and technology and to debunk the myth that technology is applied science. It is hoped that this article will draw attention to the danger of Technology education being diluted to a lesser subject if the persons responsible for the teaching of this combined subject do not at least have a proper understanding of the relationship that exists between science and technology.

Inleiding

Probleemstelling

Op 06 Julie 2010 het die Suid-Afrikaanse Minister van Basiese Onderwys, me. Angie Motshekga, in 'n persverklaring aangekondig dat twee leerareas, naamlik Natuurwetenskappe en Tegnologie, voortaan in die Intermediêre Fase geïntegreer gaan word (Motshekga 2010). Die rede wat vir bogenoemde integrering aangevoer is, was om die aantal leerareas in die Intermediêre Fase te verminder (Motshekga 2010). Die samevoeging en integrering van die twee leerareas is gevolglik so in die finale *Curriculum and Assessment Policy Statement* (CAPS, Department of Basic Education 2011) vir Natuurwetenskappe en Tegnologie in die Intermediêre Fase vervat.

Die werklike implementering en uitvoering van hierdie integrering van Wetenskap en Tegnologie in die Intermediêre Fase kan uitdagend wees. Een van die grootste probleme is wie vir die onderrig van hierdie gekombineerde vak, Natuurwetenskappe en Tegnologie, verantwoordelik gaan wees: die meeste wetenskaponderwysers in Suid-Afrika beskik oor geen (of baie min) opleiding in tegnologie-onderwys en het daarom nie 'n diepgaande kennis van die aard van tegnologie nie. Dieselfde geld vir die oorgrote meerderheid praktiserende tegnologie-onderwysers wat nie oor 'n goeie kennis en begrip van wetenskap beskik nie, aangesien dié onderwysers volgens Van Niekerk, Ankiewicz en De Swart (2010:192) voorheen hoofsaaklik huishoudkunde-, houtwerk-, metaalwerk- en bedryfskennisonderwysers was.

Die marginalisering van Tegnologie in die finale CAPS-dokument, wat duidelik blyk uit die feit dat die omvang van die leerinhoud en onderrigtyd van Wetenskap aansienlik meer is as dié van Tegnologie (sien bv. Department of Basic Education 2011:14), dui daarop dat wetenskaponderwysers waarskynlik vir die onderrig van Tegnologie verantwoordelik sal wees. Indien wetenskaponderwysers nie oor kennis van die aard van tegnologie-onderwys en die onderlinge verband tussen wetenskap en tegnologie beskik nie, mag dit tot die vervlakking of selfs die ondergang van tegnologie-onderwys in die Intermediêre Fase lei. Dit sal 'n ingrypende invloed op die manier waarop hierdie nuwe vak onderrig word hê: dit sal byvoorbeeld bepaal hoe die inhoud geprioritiseer word, en dit kan moontlik tot gevolg hê dat Tegnologie afgewater of selfs geheel en al uit die kurrikulum gelaat sal word.

'n Behoorlike kennis en begrip van die verhouding tussen wetenskap en tegnologie is gevolglik nodig om die twee leerareas suksesvol in die Intermediêre Fase te integreer. Die doel van hierdie artikel is dus om vanuit 'n tegnologie-onderwysperspektief 'n literatuuroorsig te verskaf van die komplekse verband wat tussen wetenskap en tegnologie bestaan.

Konsepomskrywing: wetenskap en tegnologie

Gardner (1994:127) wys daarop dat wetenskap en tegnologie nie duidelik gedefinieerde konsepte is nie en dat verskeie outeurs die terme op verskillende wyses gebruik. Wetenskap kan byvoorbeeld in die breër sin van die woord gebruik word waar wetenskap 'any systematised positive knowledge' insluit (Gardner 1994:127). Volgens Gardner (1994:127) aanvaar die meeste outeurs egter 'n nouer beskouing van wetenskap as 'experimental and theoretical'. Fores (1971:624) beskou wetenskap as 'an analytical activity which seeks ultimately to describe natural phenomena in a series of general relationships, normally as the result of controlled experiments.' Vir die doel van hierdie artikel word laasgenoemde beskouing van wetenskap aanvaar.

Volgens Mitcham (1994:143) het die term 'tegnologie', in huidige diskoerse ook 'n nouer én breër betekenis wat rofweg ooreenstem met die wyse waarop dit deur die twee hoof professionele velde, naamlik ingenieurwese en sosiale wetenskappe, gebruik word. Die gebruik van die term 'tegnologie' in die ingenieursveld is beperkend (nou): die ingenieur, volgens Mitcham (1994:146), is nie soseer die persoon wat betrokke is by die werklike maak (bv. van artefakte) of konstruksie nie, maar is eerder die persoon wat verantwoordelik is vir die beplanning en ontwerp daarvan. Ingenieurwese as 'n professie behels dus die sistematiese kennis van hoe bruikbare artefakte of prosesse ontwerp word (Mitcham 1994:146). In hierdie artikel word die term 'tegnologie' egter, in ooreenstemming met die sosiaal-wetenskaplike beskouing daarvan, in die breër sin van die woord gebruik om alles in te sluit wat die ingenieur, saam met ingenieurswese self, tegnologie noem (Mitcham 1994:143 –144). De Vries (2005b) omskryf hierdie breër beskouing van tegnologie as:

> the human activity that transforms the natural environment to make it fit better with human needs, thereby using various kinds of information and knowledge, various kinds of natural (material, energy) and cultural resources (money, social relationships, etc.). (bl. 11)

Literatuurstudie

Die filosofiese vraag 'wat is die verband tussen wetenskap en tegnologie?', word toenemend belangrik wanneer regerings nasionale bronne aan wetenskaplike navorsing en tegnologiese ontwikkeling moet toedeel (Gardner 1994:123). Bogenoemde vraag is ook belangrik vir daardie onderwysers wat vir die onderrig van die nuwe gekombineerde vak, Natuurwetenskappe en Tegnologie, verantwoordelik gaan wees, aangesien dit bepaalde implikasies vir onderrig en kurrikulum inhou. Gardner (1995:25) wys byvoorbeeld daarop dat indien die diskoers van tegnologiese ontwikkeling deur 'n wetenskaplens geprojekteer word, dit 'n verwronge beeld van die aard van tegnologie tot gevolg mag hê; die oorbeklemtoning van wette en teorieë (wetenskap) mag daartoe lei dat ontwerp en probleemoplossing (tegnologie) nie behoorlik hanteer word nie (Gardner 1995:25).

In 'n poging om die komplekse verband tussen wetenskap en tegnologie te belig, fokus dié literatuurstudie eerstens op die wanopvatting (mite) van tegnologie as toegepaste wetenskap. Daarna word die onderlinge verband tussen wetenskap en tegnologie, soos wat dit deur tegnologiekenners beskou word, hanteer.

Die mite van tegnologie as toegepaste wetenskap

Die vertrekpunt van baie besprekings in tegnologie is kritiek vir die siening van tegnologie as toegepaste wetenskap (Pavlova 2005:132). Die oorbekende frase 'wetenskap en tegnologie' impliseer 'n noue verband, veral by nie-tegnoloë, tussen die twee dissiplines (Frey 1991:1; Gardner 1990:124). Hierdie verband is so algemeen dat daar dikwels verkeerdelik aanvaar word dat wetenskap en tegnologie 'n gemeenskaplike metodologie, simboolstelsel (bv. taal), en 'n praktisynsgemeenskap deel (Frey 1991:1).

Frey (1991:1) verklaar dat 'this misconception about the nature of science and technology and about the relationship between them can be misleading at best and fatal at worst, for technology education.' Volgens Frey (1991:1) kan hierdie wanopvatting daartoe lei dat die kenmerkende karakter van tegnologie verkeerd verstaan word. Gardner (1990:126) wys ook daarop dat hierdie wanopvatting daartoe lei dat wetenskap 'n hoër status as tegnologie kry. Gardner (1990:126) noem dat mense geneig is om na 'science and technology' te verwys en nie na 'technology and science' nie. Dit kan daartoe lei dat wetenskap (moontlik onbewustelik) beklemtoon en dat tegnologie as 'n vertakking van wetenskap beskou word.

'n Moontlike rede vir die wanopvatting dat tegnologie bloot toegepaste wetenskap is, mag wees dat die epistemologie op wetenskap, en meer spesifiek op fisika, fokus. Dit het dus tot die veralgemening aanleiding gegee dat tegnologie eintlik toegepaste wetenskap is (Ropohl 1997:66). Volgens De Vries (1996:7) het hierdie opinie juis vir 'n tydperk as 'n paradigma vir die filosofie van tegnologie gedien en impliseer dit 'n direkte skakel tussen wetenskaplike kennis en die tegnologiese produk.

Frey (1991:7) se kommer oor bogenoemde wanopvatting lê in die lokus van die aanspraak op kennis. Volgens konvensionele denke lê tegnologiese kennis en wetenskap in dieselfde kennisbasis of word dit selfs as ondergeskik aan wetenskap beskou. Dit kan verder aanleiding gee tot die siening dat tegnologie nie op sigself 'n eiesoortige kognitiewe inhoud het nie of dat tegnologie slegs reageer op die kennis wat wetenskap genereer – daarom dat tegnologie as toegepaste wetenskap beskou word (Frey 1991:7). Die wetenskap-tegnologie-model impliseer dat wetenskap die oorsprong van innovering is en dat wetenskaplike ontdekking tegnologiese uitvindsels impliseer: tegnologie is dus die responsiewe aktiwiteit van toegepaste wetenskap (Faulkner 1994:427).

Tegnologiekenners verwerp egter die siening dat tegnologie toegepaste wetenskap is en dring daarop aan dat tegnologie 'n kognitiewe stelsel is wat uit 'n afsonderlike korpus tegnologiese kennis bestaan (Faulkner 1994:432–434; Frey 1991:7; Herschbach 1995:31–33; Layton 1974:40; Vincenti 1990:225–229). Layton (1974:31) lê klem op twee aannames wat hand aan hand gaan met die teorie dat wetenskaplikes nuwe kennis genereer wat bloot deur tegnoloë toepas word. Die eerste is dat tegnologiese kennis in hoofsaak dieselfde is as natuurlike filosofie, en die tweede is dat wetenskaplikes hierdie kennis reeds sedert 1800 genereer. Hierdie twee aannames het tot die verkeerde afleiding gelei dat tegnologie voor 1800 geen kennis behels het nie.

De Vries (1996:7) wys daarop dat wetenskap in werklikheid deur tegnologie voorafgegaan is – 'n siening wat deur verskeie outeurs gedeel word: McGee (1989:28) reken dat die tegnologie-is-toegepaste-wetenskap-model nie rekenskap kan gee van die tegnologiese innovering wat in die Middeleeuse en klassieke tye gemaak is nie. Mense het byvoorbeeld reeds duisende jare voordat die redoks-reaksies behoorlik verstaan is, yster uit erts onttrek (Gardner 1994:143). Volgens Hall (1962:513) was die belangrikste tegnologiese ontwikkelinge van die 18de eeu – steenkool as brandstof, gietyster vir konstruksie en tekstielmasjiene – almal die gevolg van empiriese vooruitgang en nie die produk van wetenskaplike navorsing nie. Finch (1961:319) noem dat verskeie uitvindings soos stoomenjins (stoombote en lokomotiewe), waterwiele, motors en vliegtuie produkte was van praktiese probeer-en-fouteer-eksperimente en nie van wetenskaplike ondersoek nie.

Ihde (1997:79) meen dat die ontwikkeling van wetenskaplike kennis inderwaarheid afhanklik is van die ontwikkeling van tegnologiese kennis. Volgens Ihde (1997:73) is baie, indien nie die meeste nie, wetenskaplike kennis tegnologies afhanklik – dit word deur die gebruik van instrumente, wat tegnologie is, gekonstrueer.

Layton (1974:40–41) meen egter dat tegnologie en wetenskap mekaar op alle vlakke mag beïnvloed en dat dit verkeerd is om te dink dat kennis net van tegnologie na wetenskap vloei. Vir Layton (1971:564) is die vraag nie of wetenskap en tegnologie mekaar beïnvloed nie, maar eerder wat die presiese aard van hierdie interaksie is. Die verband tussen wetenskap en tegnologie word vervolgens belig.

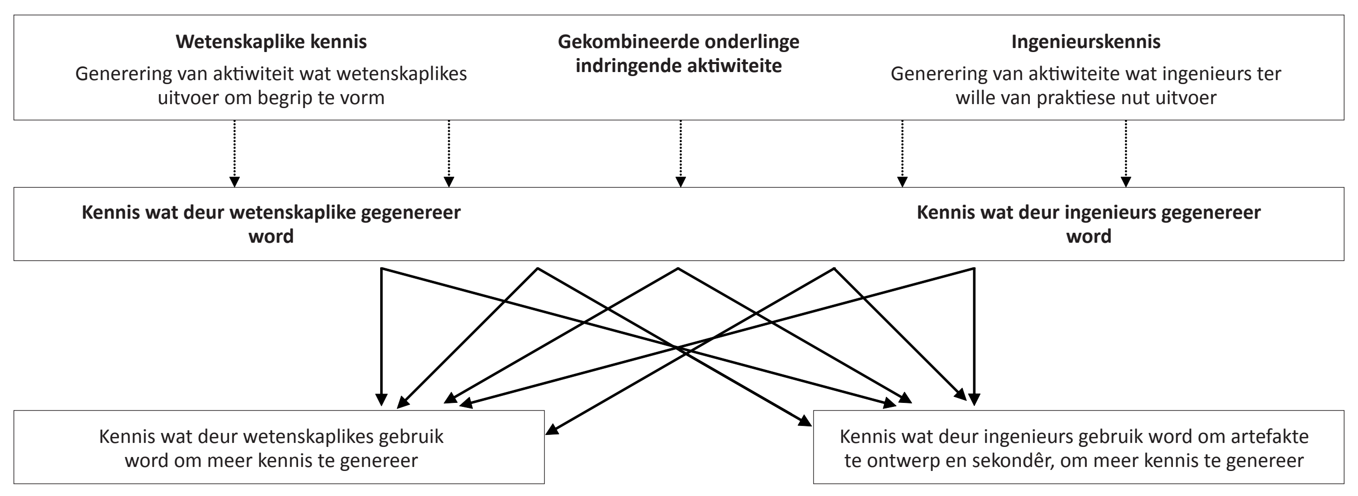
Die verband tussen wetenskap en tegnologie

Layton (1971:578) wys daarop dat daar 'n simmetriese verhouding tussen wetenskap en tegnologie bestaan – dat inligting in albei rigtings oorgedra kan word. Figuur 1 toon op 'n redelik voor die hand liggende manier aan hoe Vincenti (1990:226) die verhouding tussen wetenskap en tegnologie beskou.

Vincenti (1990:226) dui daarop dat wetenskaplikes kennis primêr gebruik om meer kennis te genereer ten einde sekere waarneembare verskynsels te verstaan. Tegnoloë daarenteen, gebruik kennis om artefakte te ontwerp, te produseer en te bedryf en om meer kennis te genereer; hierdie kennis is egter nie tegnoloë se primêre doel nie. Die epistemologiese onderskeid tussen wetenskaplike kennis en tegnologiese kennis lê hoofsaaklik by prioriteite en graadverskille eerder as in die metode (Vincenti 1990:226–227). Layton (1974:40) meen dat 'the difference is not just one of ideas but of values; "knowing" and "doing" reflect the fundamentally different goals of the communities of science and technology.'

Ropohl (1997:66–67) wat die onderskeidende verskille in terme van die doelstellings, die onderwerp van navorsing, metodologie, kenmerke van resultate en die gehalte van kriteria opsom, deel hierdie siening. Tabel 1 bied 'n opsomming van Ropohl (1997:66–67) se onderskeid soos hierbo aangedui.

Die onderskeid wat in Tabel 1 tussen wetenskap en tegnologie gemaak word demonstreer 'n sekere mate van oorvleueling; 'in essential features they are too different to be identified



FIGUUR 1: Die verhouding tussen tegnologiese[1] en wetenskaplike kennis, aangepas uit Vincenti, W.G., 1990, *What engineers know and how they know it*, Johns Hopkins University Press, Baltimore/London.

TABEL 1: Opsomming van Ropohl se onderskeid tussen wetenskap en tegnologie.

Onderskeidende kenmerk	Wetenskap	Tegnologie
Doelstelling	Teoretiese begrip ter wille van die begrip op sigself	Begrip in soverre dit help om die funksie en struktuur van die tegniese stelsels te optimeer
Onderwerp van navorsing	Onderskei tussen natuurlike verskynsels en mensgemaakte artefakte	Gaan oor natuurlike effek soos dit in tegniese stelsels aangewend word. Dit ondersoek suiwer tegniese prosesse
Metodologie	Onderskei abstrakte van ideale objekte vir ondersoek	Hanteer werklike tegniese objekte wat by multidimensionele implikasies betrokke is
Kenmerke van resultate	Produseer geïsoleerde hipoteses en geïdealiseerde teorieë	Genereer komplekse en realistiese ontwerpreëls deur wetenskaplike kennis te transformeer en dit in sistematiese ervarings te integreer
Kriteria van gehalte	Eksperimentele bevestiging, teoretiese verenigbaarheid en die wetenskapgemeenskap se goedkeuring	Gehalte beteken die praktiese sukses van 'n tegniese oplossing en goedkeuring deur die ingenieurs- en industriële praktyk

Hierdie opsomming is aangepas uit Ropohl, G., 1997, 'Knowledge types in technology', *International Journal of Technology and Design Education* 7(1–2), 65–72. http://dx.doi.org/10.1023/A:1008865104461

without objection' (Ropohl 1997:67). Ropohl (1997:67) erken egter dat hierdie onderskeiding verdere verfyning en verryking vereis.

De Vries (2003:17) skryf dat 'most philosophers of technology accept the idea that technological knowledge is different from scientific knowledge.' 'n Belangrike onderskeid wat deur De Vries (2005a:149) uitgewys word, is dat tegnologiese kennis 'n normatiewe komponent bevat wat nie in wetenskaplike kennis gevind word nie. Vir wetenskaplike kennis is waarheid van optimale belang. Vir kennis van norme, reëls en standaarde as tipe tegnologiese kennis is 'waarheid as optimale belang' problematies, aangesien die norme, reëls en standaarde dikwels na artefakte verwys wat nog nie bestaan nie, maar nog ontwerp of gemaak moet word. Effektiwiteit of doeltreffendheid (en nie waarheid nie) is dus hier van belang. Om 'n oordeel oor doeltreffendheid te vel is 'n prominente eienskap van tegnologiese kennis wat dit van wetenskaplike kennis onderskei. Hierdie oordele is ook op etiese en ander waardes ten opsigte van tegnologiese projekwerk van toepassing (De Vries 2005a:149).

Resultate

Wetenskap as 'n bron van tegnologiese kennis

Alhoewel Vincenti (1990:229) wetenskap as 'n belangrike bron van kennis vir tegnologie erken, identifiseer hy ook ses ander kennis genererende aktiwiteite wat tot die kennisbasis in tegnologie bydra, naamlik uitvinding, teoretiese navorsing, eksperimentele navorsing, ontwerppraktyk, produksie en direkte eksperimente. Rauscher (2010) het egter bevind dat leerders in 'n opvoedkundige konteks onwillig is om kennis van wetenskap oor te dra wanneer hulle artefakte ontwerp en maak. Hulle verkies om hul kennis uit die ander kennis genererende aktiwiteite te verkry (Rauscher 2010:93–95).

'n Moontlike rede vir die leerders se onwilligheid om meer kennis van wetenskap oor te dra mag by die probleem van oordrag lê – dit is vir leerders moeilik (of onmoontlik) om kennis suksesvol van een konteks (bv. die wetenskapklaskamer) na 'n ander (bv. die tegnologieklaskamer) oor te dra (De Corte 1999:556; Hatano & Greeno 1999:645; Stark, Mandl, Gruber & Renkl 1999:591). Nog 'n moontlike rede waarom leerders die invloed van wetenskap in tegnologie oor die hoof sien is dat tegnologie-onderwys dikwels deur onderwysers en leerders as effens verwyderd van wetenskaponderwys beskou word (Rauscher 2010:93). Dit is 'n ongelukkige toedrag van sake en behoort ondersoek te word, aangesien wetenskaplike kennis 'n belangrike bydraer tot tegnologiese kennis is (Layton 1971:578; Vincenti 1990:225–229).

Gevolgtrekking

Uit die finale konsepweergawe van die CAPS-dokument wil dit voorkom asof tegnologie ten gunste van wetenskap gemarginaliseer sal word en dat wetenskaponderwysers

1.Vir die doel van hierdie studie word die term 'tegnologie' in die breër sin van die woord gebruik waar die term 'tegnologie' alles insluit wat die ingenieur, saam met ingenieurswese self, tegnologie noem (Mitcham 1994:143–144).

moontlik vir die onderrig van Natuurwetenskappe en Tegnologie in die Intermediêre Fase verantwoordelik sal wees. Vanuit 'n tegnologie-onderwysperspektief is die kritiek juis dat die persoon wat vir die onderrig van hierdie vak verantwoordelik is ten minste oor 'n behoorlike begrip van die onderlinge verband tussen wetenskap en tegnologie moet beskik.

Dit is veelseggend, aangesien die manier waarop tegnologie en sy verhouding met wetenskap beskou word, 'n vernietigende effek op die nuwe geïntegreerde vak kan hê. Dit sal byvoorbeeld bepaal hoe die nuwe vak onderrig word en hoe die inhoud geprioritiseer word. Op sy beurt kan dit weer daartoe lei dat die persepsie, dat tegnologie 'n vorm van toegepaste wetenskap en dus aan wetenskap ondergeskik is, voortgesit word. 'n Onderwysbenadering waar 'n tegnologie-is-toegepaste-wetenskap-model gevolg word, waar leerders leer dat artefakte die resultaat van wetenskaplike studie is, doen min om die proses van tegnologiese ontwikkeling te belig (Gardner 1990:130). So 'n benadering mag verder lei tot 'n wanvoorstelling van die historiese en epistemologiese verband wat tussen wetenskap en tegnologie bestaan, en mag ook nie daarin slaag om 'n akkurate beeld te skep van die aard van tegnologiese vermoë as proses wat probleemoplossing, ontwerp, maak, uitvind, ensovoorts, insluit nie (Gardner 1990:130). Dit is juis dié voorafgaande aspekte wat die kern van die tegnologiese ontwikkelingsproses uitmaak, en enige kurrikulum wat nalaat om juis dít te onderrig, handel nie oor die onderrig van tegnologie nie, maar oor iets anders – moontlik toegepaste wetenskap (Gardner 1990:130).

Om hierdie rede word daar aanbeveel dat onderwysers wat natuurwetenskappe en tegnologie moet onderrig hul begrip van die aard van tegnologie asook die komplekse onderlinge verband wat tussen wetenskap, tegnologiese artefakte, die omgewing en die samelewing bestaan, uitbrei. Instellings soos universiteite wat by wetenskap- en tegnologie-onderwysersopleiding betrokke is, vervul 'n baie belangrike rol in hierdie verband en behoort hierdie aangeleentheid by hul opleiding te integreer.

Literatuurverwysings

De Corte, E., 1999, 'On the road to transfer: An introduction' [Op pad na oordrag: 'n Inleiding], *International Journal of Educational Research* 31(7), 555–559. http://dx.doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00023-3

De Vries, M.J., 1996, 'Technology education: Beyond the "technology is applied science" paradigm' [Tegnologie-onderwys: Verby die "tegnologie is toegepaste wetenskap" paradigma], *Journal of Technology Education* 8(1), 7–15.

De Vries, M.J., 2003, 'The nature of technological knowledge: Extending empirically informed studies into what engineers know' [Die aard van tegnologiese kennis: Die uitbreiding van empiries ingeligte studies van ingenieurs se kennis], *Techné: Research in Philosophy and Technology* 6(3), 1–21.

De Vries, M.J., 2005a, 'The nature of technological knowledge: Philosophical reflections and educational consequences' [Die aard van tegnologiese kennis: Filosofiese refleksies en opvoedkundige gevolge], *International Journal of Technology and Design Education* 15(2), 149–154. http://dx.doi.org/10.1007/s10798-005-8276-2

De Vries, M.J., 2005b, *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers* [Tegnologie-onderrig: 'n Inleiding tot die filosofie van tegnologie vir nie-filosowe], Springer, Dordrecht.

Department of Basic Education, 2011, *Assessment Policy Statement (CAPS): Natural Sciences and Technology Grade 4, 5, 6* [Kurrikulum- en Assesseringsbeleidsverklaring Natuurwetenskappe en Tegnologie Graad *4, 5, 6*], Department of Basic Education, Pretoria.

Faulkner, W., 1994, 'Conceptualizing knowledge used in innovation: A second look at the science-technology distinction and industrial innovation' [Gekonseptualiseerde kennis in innovasie: 'n Tweede kyk na die wetenskap-tegnologie onderskeid en industriële innovasie], *Science, Technology, & Human Values* 19(4), 425–458. http://dx.doi.org/10.1177/016224399401900402

Finch, J.K., 1961, 'Engineering and Science: a Historical Review and Appraisal' [Ingenieurswese en Wetenskap: 'n Historiese oorsig en evaluering], *Technology and Culture* 2(4), 318–341. http://dx.doi.org/10.2307/3100887

Fores, M., 1971, 'Price, technology, and the paper model' [Koste, tegnologie, en die papiermodel], *Technology and Culture* 12(4), 621–627. http://dx.doi.org/10.2307/3102575

Frey, R.E., 1991, 'Another look at technology and science' [Nog 'n blik op tegnologie en wetenskap], *Journal of Technology Education* 3(1), 1–12.

Gardner, P.L., 1990, 'The technology-science relationship: Some curriculum implications' [Die tegnologie-wetenskap verhouding: Sommige kurrikulum implikasies], *Research in Science Education* 20(1), 124–133. http://dx.doi.org/10.1007/BF02620487

Gardner, P.L., 1994, 'The relationship between technology and science: Some historical and philosophical reflections. Part 1' [Die verhouding tussen tegnologie en wetenskap: Sommige historiese en filosofiese refleksies. Deel 1], *International Journal of Educational Research* 4(2), 123–153.

Gardner, P.L., 1995, 'The relationship between technology and science: Some historical and philosophical reflections, Part 2' [Die verhouding tussen tegnologie en wetenskap: Sommige historiese en filosofiese refleksies. Deel 2], *International Journal of Educational Research* 4(2), 123–153.

Hall, A.R., 1962, 'The Changing Technical Act' [Die veranderde tegniese daad], *Technology and Culture* 3(4), 501–515.

Hatano, G. & Greeno, J.G., 1999, 'Commentary: Alternative perspectives on transfer and transfer studies' [Kommentaar: Alternatiewe perspektiewe op oordrag en oordragstudies], *International Journal of Educational Research* 31(7), 645–654.

Herschbach, D.R., 1995, 'Technology as knowledge: Implications for instruction' [Tegnologie as kennis: Implikasies vir onderrig], *Journal of Technology Education* 7(1), 31–42.

Ihde, D., 1997, 'The structure of technology knowledge' [Die struktuur van tegnologiese kennis], *International Journal of Technology and Design Education* 7, 73–79. http://dx.doi.org/10.1023/A:1008809019482

Layton, E.T., 1971, 'Mirror-image twins: The communities of science and technology in 19th-century America' [Die gemeenskappe van wetenskap en tegnologie in die Amerikaanse 19de eeu], *Technology and Culture* 12(4), 562–580. http://dx.doi.org/10.2307/3102571

Layton, E.T., 1974, 'Technology as knowledge' [Tegnologie as kennis], *Technology and Culture* 15(1), 31–41. http://dx.doi.org/10.2307/3102759

McGee, D., 1989, *Science in Society: An Annotated Guide to References* [Wetenskap in die Samelewing: 'n Geannoteerde gids tot verwysings], Wall and Thompson, Toronto.

Mitcham, C., 1994, *Thinking through technology* [Denke deur middel van tegnologie], The University of Chicago Press, Chicago.

Motshekga, A., 2010, *Statement by the Minister of Basic Education on the progress of the review of the National Curriculum Statement* [Verklaring deur die Minister van Basiese Onderwys oor die vordering van die hersiening van die Nasionale Kurrikulumverklaring], viewed 04 August 2010, from http://www.education.gov.za/dynamic/dynamic.aspx?pageid=310&id=10245

Pavlova, M., 2005, 'Knowledge and values in technology education' [Kennis en waardes in tegnologie-onderwys], *International Journal of Technology and Design Education* 15(2), 127–147. http://dx.doi.org/10.1007/s10798-005-8280-6

Rauscher, W.J., 2010, 'Knowledge generating activities on which technology education students draw when they design and make artifacts' [Kennisgenererende aktiwiteite waarvan tegnologie-onderwys studente gebruik maak tydens die ontwerp en produksie van artefakte], *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education* 14(1), 85–98.

Ropohl, G., 1997, 'Knowledge types in technology' [Tipes kennis in tegnologie], *International Journal of Technology and Design Education* 7(1–2), 65–72. http://dx.doi.org/10.1023/A:1008865104461

Stark, R., Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A., 1999, 'Instructional means to overcome transfer problems in the domain of economics: Empirical studies' [Instruksionele metodes om oordragprobleme te oorkom in die domein van ekonomie: Empiriese studies], *International Journal of Educational Research* 31(7), 591–609. http://dx.doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00026-9

Van Niekerk, E., Ankiewicz, P. & De Swart, E., 2010, 'A process-based assessment framework for technology education: A case study' ['n Prosesgebaseerde assesseringsraamwerk vir tegnologie-onderwys: 'n Gevallestudie], *International Journal of Technology and Design Education* 20(2), 191–215. http://dx.doi.org/10.1007/s10798-008-9070-8

Vincenti, W.G., 1990, *What engineers know and how they know it* [Wat ingenieurs weet en hoe hulle dit weet], Johns Hopkins University Press, Baltimore/London.