



'n Teoretiese besinning oor die implikasies van die filosofie van tegnologie vir onderwyseropleiding

Author:
Piet Ankiewicz¹

Affiliation:
¹Department of Science and Technology Education, University of Johannesburg, South Africa

Correspondence to:
Piet Ankiewicz

Email:
pieta@uj.ac.za

Postal address:
PO Box 524, Auckland Park 2006, South Africa

Dates:
Received: 02 Oct. 2012
Accepted: 14 May 2013
Published: 18 June 2013

How to cite this article:
Ankiewicz, P., 2013, "n Teoretiese besinning oor die implikasies van die filosofie van tegnologie vir onderwyseropleiding", *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 32(1), Art. #387, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v32i1.387>

Copyright:
© 2013. The Authors.
Licensee: AOSIS OpenJournals. 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.

Sedert die implementering van tegnologie as relatiewe nuwe skoolvak word eise voortdurend gestel aan hoëronderrysinstellings wat spesifiek met die opleiding en professionele ontwikkeling van tegnologie-onderwysers gemoeid is. Daar moes binne uiters beperkte tyd in vergelyking met ander vakke, onderwyseropleidingsprogramme ontwikkel en geïmplementeer word, ondanks 'n gebrek aan vorige ervaring van 'n eie akademiese dissipline, vakmetodologie en klaskamerpraktyk. Verder is daar ook implikasies op organisatoriese en bestuursvlak rakende die akkommodering daarvan binne die bestaande strukture van fakulteite, skole en departemente by hoëronderrysinstellings. Die doel van die artikel was om ondersoek in te stel hoe 'n wetenskaplik deurdragte, filosofiese raamwerk vir tegnologie rigtinggewend in die opleiding van tegnologie-onderwysers aan hoëronderrysinstellings kan wees. Die volgende navorsingsvrae het as vertrekpunt gedien: op welke wyse kan 'n wetenskaplik deurdragte, filosofiese raamwerk rigtinggewend wees vir onderwyseropleiding aan hoëronderrysinstellings rakende 'n relevante: (1) Vakmetodologie van tegnologie? (2) Onderliggende akademiese dissipline vir voorgraadse tegnologie-onderwysstudente? In antwoord op die eerste vraag is bevind dat dit belangrik is dat die programontwikkelaars, -koördineerders en vakmetodologiese dosente deeglik vertrou moet wees met die filosofiese raamwerk vir tegnologie wat rigtinggewend vir die opleiding en professionele ontwikkeling van tegnologie-onderwysers is. Dit blyk wenslik te wees om eerder die vakmetodologie van tegnologie outonoom te hou met een verantwoordelike dosent, en dat tegnologie-onderwysstudente deeglik in 'n filosofiese raamwerk vir tegnologie onderrig word. In antwoord op die tweede vraag behoort hoëronderrysinstellings dringend die aard en samestelling te identifiseer van die toepaslike akademiese dissiplines onderliggend aan die voorgraadse kwalifikasie om as tegnologie-onderwyser te spesialiseer. Daar moet ook meganismes geskep word om die verband te snoer tussen die akademiese dissipline en die pedagogiese inhoudskennis (*pedagogical content knowledge* [PCK]) soos dit algemeen in die literatuur bekend staan) van die tegnologie-onderwysstudente.

A theoretical reflection on the implications of the philosophy of technology for teacher education. Since the implementation of technology as relatively new school subject, challenges are constantly being posed to higher education institutions (HEIs), and in particular those engaged in teacher training and the professional development of technology teachers. Teacher training programmes had to be developed and implemented within a limited time frame in comparison to other school subjects, despite a lack of previous experience of an appropriate academic discipline, subject methodology and classroom pedagogy. Furthermore, implications on organisational and managerial level regarding its accommodation within existing structures of faculties, schools and departments at HEIs had to be accounted for. The purpose of the article was to investigate how a scientifically founded philosophical framework of technology might guide teacher training at HEIs. The following research questions served as point of departure: in which way can a scientifically founded philosophical framework of technology be indicative regarding a relevant: (1) Subject methodology of technology? (2) Underlying academic discipline for undergraduate technology education students? In answer to the first question, it was found that it is important for programme developers, coordinators and subject methodology lecturers at HEIs to acquaint themselves sufficiently with a philosophical framework for technology to direct the technology teacher's training and professional development. It seems viable to keep subject methodology of technology autonomous, with only one lecturer responsible, and that technology education students should be conversant in the philosophical framework for technology. In answer to the second question HEIs should urgently determine the nature and composition of the relevant academic disciplines underpinning the undergraduate qualification of a specialised technology teacher. Mechanisms should also be created to forge a relationship between the academic discipline and the pedagogical content knowledge (PCK) of technology education students.



Inleiding

Probleemstelling, doel met artikel en navorsingsvrae

In 'n vorige, verwante artikel (Ankiewicz 2013) is aangevoer dat anders as in die meeste skoolvakke waar 'n goed gevestigde, vakgefundeerde filosofie minstens vir bepaalde komponente bestaan, daar nog nie 'n gevestigde filosofie vir tegnologie as vak is nie – tewens die dinamiese aard van tegnologie as sodanig hou sy eie filosofie in voorlopige of plooibare vorm (Ankiewicz, De Swardt & De Vries 2006:117–118; Rauscher 2011:292). 'n Filosofiese raamwerk vir tegnologie wat rigtinggewend vir klaskamerpraktyk is, is voorgestel aan die hand van die raamwerk van Mitcham (1994:154–160) bestaande uit die vier wyses waarop tegnologie manifesteer – naamlik as ontologie, epistemologie, metodologie en wilshandeling (Custer 1995:219; De Vries 2003a:2). Die gevolgtrekking is gemaak dat onderwysers se kennis en begrip van 'n filosofiese raamwerk vir tegnologie as grondslag dien vir bepaalde keuses wat hulle moet uitoefen in terme van leeruitkomst, breë onderrigbenaderings, -strategieë en -vaardighede, asook die tipes konseptuele en prosedurekennis wat onderrig moet word – en dat dit dus rigtinggewend vir klaskamerpraktyk is. Daar is ook standpunt ingeneem dat tegnologie-onderwysers die kurrikulum nie klakkeloos moet navolg sonder dat hulle bewustelik kennis en begrip van die filosofiese begronding daarvan het nie (Ankiewicz 2013).

Die filosofie van tegnologie is die filosofiese begronding daarvan as fenomeen. Tegnologie-onderwys het tegnologie (as dit wat syn of is) as kenbare verskynsel en dit vind plaas wanneer tegnologie deur onderwysers (aan leerders) onderrig word. Tegnologie as vak verwys na die insluiting daarvan as komponent van die skoolkurrikulum. Alhoewel die artikel die Suid-Afrikaanse konteks as vertrekpunt het, kan daar dalk ook aspekte, bevindings en gevolgtrekkings wees wat relevant vir ander kontekste is.

Sedert die implementering van tegnologie as relatiewe nuwe skoolvak (Ankiewicz 2013) word eise voortdurend gestel aan hoërondwysinstellings wat spesifiek met die opleiding en professionele ontwikkeling van tegnologie-onderwysers gemoeid is. Die meeste van hierdie instellings is onkant betrap. Daar moes onderwyseropleidingsprogramme ontwikkel en geïmplementeer word binne 'n relatief beperkte tyd. Dit ondanks 'n gebrek aan vorige ervaring van 'n eie akademiese dissipline, vakmetodologie en 'n gevestigde klaskamerpraktyk (Mawson 2007:253). Verder was daar ook implikasies op organisatoriese en bestuursvlak rakende die akkommodering daarvan binne die bestaande strukture van fakulteite, skole en departemente by hoërondwysinstellings. So byvoorbeeld moes besluite geneem word of tegnologie binne 'n outonome vakmetodologie geakkommodeer moes word en of dit met 'n bestaande vakmetodologie, byvoorbeeld dié van natuurwetenskap, geïntegreer moes word. (Alhoewel daar binne die konteks van uitkomsgebaseerde onderwys [UGO]

na 'leerareametodologie' verwys behoort te word, word die term 'vakmetodologie' vir die doeleindes van dié artikel gebruik.) Vanuit die perspektief van menslike hulpbronne moes daar ook besluit word wie daarvoor verantwoordelik sou wees en hoe die betrokke vakmetodologiese dosent of vakmetodoloog ideaal toegerus moes wees.

Wat sake verder kompliseer, is die feit dat tegnologie op skoolvlak tans wêreldwyd 'n ontwikkelende vak is waarvoor daar nie 'n ekwivalente akademiese dissipline bestaan wat as bron vir kurrikulumontwikkeling en klaskamerpraktyk gebruik kan word nie (Ankiewicz *et al.* 2006:118; De Vries 2001:26, 2003b:83), en waarop daar in die klaskamer gesteun kan word nie. Daarenteen is wiskunde as skoolvak byvoorbeeld op die akademiese dissipline van wiskunde geskoei waarvoor daar deur die eeue 'n gevestigde, wetenskaplik deurdagte, vakgefundeerde, filosofiese raamwerk ontwikkel is.

Die identifisering van 'n verwante akademiese dissipline vir voorgraadse tegnologie-onderwysstudente aan hoërondwysinstellings is veral problematies, want daar bestaan nie, soos in die meeste skoolvakke, 'n eenduidige, duidelik afgebakende akademiese dissipline onderliggend aan hierdie vakmetodologie nie.

Die doel met die artikel was om ondersoek in te stel hoe 'n wetenskaplik deurdagte, filosofiese raamwerk vir tegnologie rigtinggewend vir die opleiding van tegnologie-onderwysers aan hoërondwysinstellings kan wees. Die volgende navorsingsvrae het as vertrekpunt gedien vir die teoretiese besinning onderliggend aan die artikel: op welke wyse kan 'n wetenskaplik deurdagte, filosofiese raamwerk vir tegnologie rigtinggewend wees vir onderwyseropleiding aan hoërondwysinstellings rakende 'n relevante (1) Vakmetodologie van tegnologie? (2) Onderliggende akademiese dissipline vir voorgraadse tegnologie-onderwysstudente?

'n Filosofiese raamwerk vir tegnologie

Inleiding

In 'n vorige artikel (Ankiewicz 2013) is 'n filosofiese raamwerk vir tegnologie wat rigtinggewend vir klaskamerpraktyk is, bespreek aan die hand van die raamwerk van Mitcham (1994:154–160) volgens die vier manifestasies van tegnologie – naamlik as ontologie, epistemologie, metodologie en wilshandeling (Custer 1995:219; De Vries 2003a:2).

Mense kry binne hul ervaringsterrein te doen met sekere dinge of verskynsels as onderskeibare en identifiseerbare entiteite of strukture, waarvoor hulle kan nadink en wat hulle die objek van hul analitiese aktiwiteit maak (Schoeman 1983:3; Van Schalkwyk 1996:16–17). Tegnologie is so 'n verskynsel of ontisiteit met die status van iets wat is, syn of bestaan (*ontologie*).



In 'n vorige artikel (Ankiewicz 2013) is ook aangetoon dat tegnologie as kennis (*epistemologie*) onderskei kan word op grond van verskillende tipes kennis, naamlik konseptuele (*knowing that* [om te weet *dat*]) en prosedurekennis (*knowing how* [om te weet *hoe*]). Alhoewel daar in tegnologie 'n onderskeid getref word tussen hierdie twee soorte kennis (McCormick 1997:143; Ropohl 1997:69; Ryle 1949:28–32), kan hulle nie van mekaar geskei word nie (McCormick 1997:145). Dit is nodig om die bespreking oor die epistemologie van tegnologie uit te brei om aspekte van verskillende tipes konseptuele kennis, die aard van tegnologiese kennis, die verband tussen tegnologie en natuurwetenskap, en die integrering van tegnologiese kennis in te sluit. Die rede is dat die epistemologie van tegnologie en die verskillende tipes tegnologiese kennis, neerslag in die tegnologie-onderwysstudente se pedagogiese inhoudskennis (Shulman 1986) moet vind.

Tipes konseptuele kennis

In die literatuur bestaan daar voorbeelde van oorwegings van die epistemologie van tegnologie vanuit 'n filosofiese (Ropohl 1997:67–70), historiese (Vincenti 1990:207–225) en praktykgebaseerde ontwerpmetodologiese perspektief (Bayazit 1993; [Muller & Pasman 1996 in] Broens & De Vries 2003:462).

Vanuit 'n filosofiese perspektief het De Vries (Ankiewicz *et al.* 2006:125–128) 'n vergelyking tussen reeds bestaande klassifikasies, met hul oorsprong vanuit verskillende gesigspunte, gemaak en 'n eie klassifikasie saamgestel, wat in bepaalde opsigte na aspekte in die bestaande tipologieë herlei kan word. De Vries se vier kategorieë is net van toepassing op konseptuele kennis (*knowing that* [om te weet *dat*]) wat in stellings uitgedruk kan word en nie op prosedurekennis (*knowing how* [om te weet *hoe*]), wat anders as konseptuele kennis nie volledig in stellings uitgedruk kan word nie. Dit is onmoontlik om, byvoorbeeld, volledig aan iemand te verduidelik hoe om fiets te ry.

De Vries se eenvoudiger voorstelling van die epistemologie van tegnologie, wat nie noodwendig minder kompleks as dié van byvoorbeeld Vincenti (1990:207–225) is nie, sal as epistemologiese vertrekpunt vir die artikel geneem word, naamlik die tweeledige aard van tegnologiese artefakte: '... they are designed physical structures which realise intentionality-bearing functions' ['... hulle is ontwerpte fisiese strukture wat vooraf bepaalde funksies vervul'] (Kroes & Meijers 2000:xxv, [outeur se eie vertaling]). Tegnologiese artefakte kan nie volledig binne die fisiese konseptualisering beskryf word nie, aangesien dit nie ruimte laat vir die funksionele kenmerke nie. Verder kan dit ook nie volledig binne die doelbewuste konseptualisering beskryf word nie, aangesien hulle hul funksie in 'n toepaslike fisiese struktuur moet realiseer.

Gebaseer op die LOCOS en Optical Communication Systems-gevalstudies (De Vries 2002:12) in die Philips Natuurkundige Laboratorium (Eindhoven, Nederland), onderskei De Vries vier tipes konseptuele kennis (*knowing that* [om te weet *dat*])

wat relevant vir die ontwikkeling van tegnologiese artefakte is, naamlik: kennis van die fisiese aard; kennis van die funksionele aard; kennis van die verwantskap tussen die fisiese en funksionele aard; en proseskennis (Ankiewicz *et al.* 2006:125–128; Broens & De Vries 2003:461–462; De Vries 2002:2; De Vries 2003a:13–14; De Vries 2003b:84; Rauscher 2011:293).

Kennis van die fisiese aard: x weet dat 'n artefak fisiese eienskappe het. Byvoorbeeld dat 'n kurktrekker uit 'n heliks met 'n skerp punt bestaan.

Kennis van die funksionele aard: x weet wat die artefak, wat dalk nog nie bestaan nie, in staat moet wees om te doen. Byvoorbeeld dat 'n kurkprop uit 'n bottelnek verwyder kan word deur 'n greep op die prop te kry en dit uit te trek (en dat 'n kurktrekker 'n toestel is waarmee dit gedoen kan word).

Kennis van die verwantskap tussen die fisiese en funksionele aard: x weet dat die feit dat 'n artefak 'n bepaalde fisiese eienskap of 'n kombinasie van eienskappe het, dit geskik maak om 'n aksie uit te voer. Byvoorbeeld dat die skerp heliks van 'n kurktrekker dit geskik maak om 'n greep op die kurkprop te verkry (sodat dit uit die bottelnek verwyder kan word).

Proseskennis: x weet dat die kurkprop uit die bottelnek verwyder kan word deur die heliks eers in die prop te draai en dan aan die handvatsel van die kurktrekker te trek.

Hierdie kategorisering van De Vries bring ons by een van die wesenskenmerke van konseptuele kennis van tegnologie, naamlik die normatiewe aard daarvan (Ankiewicz *et al.* 2006:128).

Die normatiewe aard van tegnologiese kennis

Behalwe dat die kennis van die verwantskap tussen dié van die fisiese en funksionele aard soortgelyk aan kennis in die natuurwetenskap is, verskil die oorblywende drie tipes (kennis van die fisiese en funksionele aard, en proseskennis) van natuurwetenskaplike kennis in dié sin dat hulle 'n normatiewe aard het wat natuurwetenskaplike kennis nie het nie (Broens & De Vries 2003:461; De Vries 2003b:84–85). Effektiwiteit en doeltreffendheid (en nie waarheid nie) is by tegnologiese kennis van belang (Rauscher 2012:4). Wanneer ons oor kennis van 'n rekenaar beskik, omvat dit dikwels normatiewe beoordelings: dit funksioneer goed of dit funksioneer nie goed nie. Wanneer tegnoloë artefakte ontwerp, werk hulle aan die hand van baie konkrete doelwitte, wat vereis dat hulle eers relevante ontwerp kriteria en spesifikasies moet opstel. In hül ondersoek word natuurwetenskaplikes nie deur rigiede vooraf opgestelde doelwitte gerig nie (Vincenti 1990:213).

Verhouding tussen natuurwetenskap en tegnologie

'n Kenteoretiese vraag wat dikwels na vore tree, is die aard van die verhouding tussen natuurwetenskaplike en tegnologiese



kennis (Ankiewicz *et al.* 2006:128–132). In die algemeen sou diegene wat die positivistiese tradisie in die filosofie van natuurwetenskap aanhang, volgens Mitcham (1994:197) redeneer dat tegnologie toegepaste wetenskap is (wat die aanvaarde gesigspunt onder ingenieurs en wetenskaplikes is en hul sterkste filosofiese verteenwoordiger in Mario Bunge het) en poog om 'n epistemologie van tegnologie te bou wat op die oorkoepelende, wetmatige model van wetenskaplike verklaring gebaseer is. In teenstelling met Bunge se siening, is daar ook diegene wat een of meer elemente van tegnologiese kennis beskou as onherleibaar verskillend van die natuurwetenskap of selfs teenstrydig daarmee (Mitcham 1994:199; Custer 1995:220–223).

Die komplekse verhouding tussen natuurwetenskap en tegnologie word dikwels belig deur 'n onderskeid te tref wat op epistemologiese gronde gebaseer is (Custer 1995:220), soos De Vries se klassifikasie dat bepaalde tegnologiese kennis normatief is en dié van die natuurwetenskap nie. In ander gevalle word tegnologie en natuurwetenskap, betreffende aspekte soos die doelstellings, navorsingsobjekte, metodologie, eienskappe van resultate en kwaliteitskriteria met mekaar vergelyk (Custer 1995:221–223; Mitcham 1994:192; Ropohl 1997:66–67). So byvoorbeeld fokus tegnologiese kennis op artefakte en natuurwetenskaplike kennis op natuurlike voorwerpe, en het die natuurwetenskap kennis op sigself in die oog, terwyl tegnologie kennis net ten doel het in soverre dit die funksie en struktuur van tegnologiese artefakte optimaliseer.

Insig in die komplekse verhouding tussen natuurwetenskap en tegnologie kan ook beter begryp word as dit in die praktyk beskou word (De Vries 2001:15–16). Aangesien beide natuurwetenskap en tegnologie 'n belangrike rol in industriële navorsingslaboratoria speel, dien sulke laboratoria as uiters geskikte leergeleenthede oor die komplekse verhouding (De Vries 2001:16). Die personeel in sulke laboratoria vervul 'n tweeledige rol. Aan die een kant moet hulle 'n beter begrip van natuurlike verskynsels kry wat die funksionering van bestaande produkte beïnvloed of tydens die ontwikkeling van nuwe produkte aangewend kan word. Aan die ander kant moet hulle die eerste tree gee in die gebruik van daardie kennis vir die ontwikkeling van nuwe produkte (De Vries 2001:16). Gebaseer op die gedokumenteerde geskiedenis van 'n getal industriële navorsingslaboratoria, in besonder die Philips Natuurkundige Laboratorium, het De Vries ooreenkomste tussen verskillende navorsingslaboratoria rakende die wisselwerkingspatrone tussen natuurwetenskap en tegnologie gevind, en die volgende interaksiepatrone voorgestel:

- Natuurwetenskap wat as 'n bemagtiger vir die realisering van tegnologiese ontwikkeling dien;
- Natuurwetenskap wat as 'n verkenningsfunksie (voorloper) vir tegnologiese ontwikkeling dien;
- Natuurwetenskap wat as kennisbron vir tegnologiese ontwikkeling dien (De Vries 2001:17).

Natuurwetenskap as bemagtiger

In hierdie geval ontwikkel die navorsingslaboratorium nuwe kennis wat 'n belangrike rol in die sakeonderneming

se produkdiversifikasie speel. Aangesien die direksie oor produkdiversifikasie besluit en die laboratorium die onderneming in staat stel om die diversifikasie te laat realiseer, is tegnologie en natuurwetenskap in hierdie geval nou verweef (De Vries 2001:19–20).

Natuurwetenskap as verkenningsfunksie

Ná die Tweede Wêreldoorlog het daar 'n sterk vertroue in die rol van natuurwetenskap in tegnologiese ontwikkeling na vore getree (De Vries 2001:20; Smit & Van Oost 1999:156). In baie navorsingslaboratoria het die belangstelling in basiese navorsing toegeneem met die populêre siening dat tegnologie toegepaste wetenskap is. Dit het tot gevolg gehad dat die navorsingslaboratoria waar die basiese navorsing onderneem is, voorlopers vir tegnologiese ontwikkeling geword het (De Vries 2001:21). Die verhouding tussen natuurwetenskap en tegnologie was ongemaklik, aangesien die produkdivisies gevoel het dat hulle geen sê in die laboratoria se navorsingsprogramme gehad het nie, en dat die meeste navorsingsuitsette geen kommersiële waarde gehad het nie. Op húl beurt was die navorsingslaboratoria gefrustreerd omdat baie van die navorsingsuitsette nie deur die produkdivisies gebruik is nie (De Vries 2001:22–23).

Natuurwetenskap as kennisbron

Gedurende die laat 1960s en vroeë 1970s het 'n aantal ekonomiese en sosiale veranderinge, asook die kwyning van die vertroue in basiese navorsing, tot 'n nuwe verhouding tussen natuurwetenskap en tegnologie aanleiding gegee. Die navorsingslaboratoria moes hul rol in die onderneming heroorweeg, navorsingsuitsette met onsekere uitkomst beperk en verseker daarvan wees dat die produkdivisies hul navorsingsuitsette gebruik. Aan die ander kant het die ekonomiese beperkinge en die groter klem op die invloed van tegnologie op die omgewing ook vereis dat die produkdivisies se belange al hoe meer deur navorsingslaboratoria in die vasstelling van navorsingspraktyke verreken moes word. Die rol van die navorsingslaboratoria was nou meer beskeie as voorheen: dié van kennisbron vir die tegnologie (De Vries 2001:23).

Die geskiedenis van industriële navorsingslaboratoria toon dat die rol van natuurwetenskap as bemagtiger en kennisbron vir tegnologiese ontwikkeling meer vrugbare samewerking tot gevolg het as wanneer natuurwetenskap as voorloper vir tegnologie dien (De Vries 2001:25). Die wisselwerking tussen natuurwetenskap en tegnologie soos dit in die praktyk figureer, vereis ook 'n kenteoretiese oorweging van die integrering van kennis tydens tegnologiese ontwikkeling.

Integrering van kennis vanuit 'n filosofiese perspektief

Die integrering van kennis speel 'n belangrike rol in tegnologie, aangesien die samevoeging van verskillende tipes kennis 'n belangrike voorwaarde vir die ontwerp van artefakte is. Gebaseer op die LOCOS en Optical Communication Systems-gevalstudies het De Vries (2003b:12) die volgende wyses waarop kennis geïntegreer word, geïdentifiseer:



- Kennis van die fisiese eienskappe is met kennis van die funksionele vereistes gekombineer;
- Kennis van verskillende dissiplines is bymekaar gebring (fisika, chemie, elektriese ingenieurswese);
- Kennis wat met verskillende vlakke van stelsels verband hou, is gekombineer (materiaal, toestelle of substelsels en stelsels).

Uit die gevalstudie was dit duidelik dat wanneer kennis van die fisiese aard (wat beskrywend is) met kennis van die funksionele aard (wat voorskriftelik is) geïntegreer word, die resulterende kennis die fisiese en funksionele aard van die artefak met mekaar in verband bring. Die resulterende kennis is evaluerend van aard aangesien dit 'n waardeoordeel van die geskiktheid van die fisiese aard van die artefak ten opsigte van die funksie wat dit moet kan verrig, bevat (De Vries 2002:14). Wanneer die aard van die kennis wat die uitkoms van kennisintegrasië is, vergelyk word met die aard van die kennis wat geïntegreer is, blyk dit dat die integrering kan lei tot kennis van 'n heeltemal ander aard wat nie tydens die integrasië ter sprake was nie (De Vries 2002:14).

Indien kennis van verskillende dissiplines met mekaar geïntegreer word, bestaan daar twee moontlikhede:

- Kennis van die eerste dissipline kan met kennis van die tweede dissipline gekombineer word om aanleiding te gee tot nuwe kennis wat tot 'n derde dissipline behoort.
- Kennis van 'n eerste dissipline en van 'n tweede dissipline kan gekombineer word om nuwe kennis te skep wat óf tot die eerste óf tot die tweede dissipline behoort. Hierna word gewoonlik as die oordrag van kennis verwys (De Vries 2002:16).

Volgens Nissani (in De Vries 2002:17) word die begrip 'interdissiplinêre kennis' gebruik wanneer iemand vertrouwd is met die komponente van die twee of meer dissiplines wat betrokke is. Die literatuur fokus oorwegend op die sosiale aspekte van interdissiplinêre kennis, deurdat dit eerder die wyse beskryf waarop persone uit die verskillende dissiplines met mekaar omgaan en saamwerk, in plaas van die integrering van kennis [*en die gevolglik geïntegreerde kennis*] (De Vries 2002:17). Indien daar meer gefokus is op die integrering van kennis self, sou dit waarskynlik gelei het tot die idee van die integrering van dissiplines ingevolge 'n nuwe dissipline, met heeltemal nuwe begrippe wat uit twee of meer dissiplines ontstaan (De Vries 2002:19). Die onversoenbaarheid van tipes kennis kan aanleiding tot probleme met kennisintegrering gee, maar dit is nie onoorkomelik nie. Die verskeidenheid tipes kennis en dissiplines waaruit kennis geïntegreer word, kan as 'n bepalende faktor vir die sukses of mislukking van 'n produk dien (De Vries 2002:23).

Gewoonlik sluit die kennisteorie ook metodologie in (Van der Walt, Dekker & Van der Walt 1985:192), en lewer dit veral insigte rakende die prosedurekennis in tegnologie. In 'n vorige artikel is ook aangetoon dat die proses van ontwerp die objek vorm wat in die dissipline van *ontwerpmetodologie* bestudeer word (De Vries 2001:26), en dat verskillende paradigmas,

naamlik dié van rasonale probleemoplossing en dié van reflektiewe praktyk die basis van ontwerpmetodologie vorm (Ankiewicz 2013).

In 'n vorige artikel (Ankiewicz 2013) is ook aangetoon dat tegnologie as *wilshandeling* die vierde wyse is waarop dit manifesteer. Die veranderlike aard van wilshandelinge is implisiet in baie filosofieë van tegnologie. Tegnologieë word met verskillende tipes wilshandeling, dryfkrag, motivering, aspirasie, intensie en keuse geassosieer. In verskeie definisies van tegnologie kom die sinsnede 'die wil om te ...' dikwels voor (Mitcham 1994:247).

Hoe kan 'n wetenskaplik deurdagte, filosofiese raamwerk vir tegnologie rigtinggewend vir die vakmetodologie daarvan wees?

Resultate

Die filosofie van tegnologie en die vakmetodologie

Outonome versus geïntegreerde vakmetodologie

Tegnologie-onderwys het tegnologie (as dit wat syn of is) as kenbare verskynsel en vind plaas wanneer tegnologie deur onderwysers (aan leerders) onderrig word. Binne onderwyseropleiding speel vakmetodologie 'n onmisbare rol ten einde spesialisasie in een of ander skoolvak te bewerkstellig. Die siening van Trümpelmann (1988:6) betreffende vakdidaktiek in die algemeen, as voorloper van die huidige konsep vakmetodologie, is dat dit 'n potensieel outonome tussen-, brug- of interdissipline is wat die totale didaktiese of vakmetodologiese bemoeienis rakende die onderrig van 'n spesifieke vak op alle vlakke, in die oog het. Volgens Trümpelmann (1988:6) impliseer dit, onder andere, dat die terrein van die vakmetodologie ook met die aard van die akademiese dissipline verband moet hou en nie net met die skoolvak nie: '... 'n ideale vakdidaktikus (is) nie maar net die resultaat van die samevoeging van 'n didaktikus en 'n vakman nie'. Verder impliseer dit ook 'n herbesinning oor al die gegewenhede (bv. filosofiese aspekte) wat by die onderrig van die vak betrokke is.

Die outeur het reeds aangedui dat hoëronderwysinstellings voor die keuse te staan gekom het of tegnologie as skoolvak binne 'n outonome vakmetodologie geakkommodeer moes word en of dit met 'n bestaande vakmetodologie, byvoorbeeld dié van natuurwetenskap of dié van tegniese vakke, geïntegreer moes word. Die filosofie van tegnologie is die sterkste argument ten gunste van 'n outonome vakmetodologie, aangesien tegnologie iets is wat *is*, *syn* of *bestaan* en sy eie unieke grondtrekke het, wat dit in wese anders as ander dinge maak. Dit het ook 'n eie kennisteorie met 'n unieke ontwerpmetodologie (Ankiewicz 1995:250; International Technology Education Association [ITEA] 1997:ii). Vanuit 'n kenteoretiese perspektief is daar aangetoon dat alhoewel tegnologie van die natuurwetenskap verskil, daar 'n komplekse verhouding tussen hulle bestaan (De Vries 2001:15–16), waar tegnologie nie noodwendig as verlengstuk



van die natuurwetenskap in die vorm van toegepaste wetenskap gesien behoort te word nie (Custer 1995:221–223; Mitcham 1994:192; Rauscher 2012:2–3; Ropohl 1997:66–67).

Dit is waarskynlik hierdie verhouding wat die sterkste bewegegrede is waarom sommige hoëronderwysinstellings die vakmetodologie van tegnologie tog binne die vakmetodologie van natuurwetenskap akkommodeer. Dit vereis van die bestaande vakmetodologiese dosent of -metodoloog van natuurwetenskap om gelyktydig dieselfde funksie vir tegnologie te vervul. Die gevare hieraan verbonde, is dat vakmetodologiese dosente van natuurwetenskap, wat nie vertrou met die filosofie van tegnologie is nie, hulle didakties met tegnologie vanuit 'n nierelevante filosofie kan bemoei. Vanuit die geskiedenis van industriële navorsingslaboratoria is daar ook aangetoon dat '... the science's role of enabler and knowledge source results in a more fruitful co-operation with technology than science as forerunner for technology' [*die natuurwetenskap se rol as bemagtiger en kennisbron bewerkstellig 'n meer sinvolle samewerking met tegnologie as natuurwetenskap as voorloper vir tegnologie*] (De Vries 2001:17 [outeur se eie vertaling]). Dit wil dus voorkom of dit wenslik is om eerder die vakmetodologie van tegnologie outonoom te hou met een verantwoordelike vakmetodologiese dosent of vakmetodoloog (programgroep, departement, skool of fakulteit by hoëronderwysinstellings), as om dit met dié van natuurwetenskap te integreer. Die integrering van vakke in die kurrikulum stel komplekse eise aan onderwyseropleiding.

Die integrering van die tegnologie as vak met ander vakke

Meer fundamenteel is om te vra watter oorwegings gegeld het vir die integrering van tegnologie as leerarea met ander leerareas in die grondslag- en intermediêre skoolfase in die Nasionale Kurrikulumverklaring (NKV), of vakke in die konteks van die Kurrikulum en Assesseringsbeleidverklaring, of CAPS soos dit algemeen bekend is. Aangesien tegnologie sy eie 'issigheid' en kennisteorie het, behoort daar versigtig omgegaan te word met die integrering daarvan met ander vakke. Die vraag is of dit vanuit die vakfilosofie enigsins moontlik is om vakke, met unieke filosofieë, lukraak te integreer. Ons weet reeds dat die onversoenbaarheid van tipes kennis probleme vir kennisintegrering kan skep. Verder beteken die integrasie van vakke hopelik meer as om net te konsentreer op die sosiale proses hoe leerders te werk gaan tydens die integrering. Ons het reeds gesien dat benewens verskillende tipes konseptuele kennis van tegnologie wat met mekaar integreer kan word, ook kennis uit verskillende dissiplines met mekaar geïntegreer word (De Vries 2002:12, 16). 'n Mens hoop ook dat die aard van die geïntegreerde kennis aandag sal geniet, gesien in die lig van die proses van kennisintegrering versus resulterende, geïntegreerde kennis waar daar 'n nuwe dissipline kan ontstaan wat aanvanklik nie die oogmerk was nie. Die feit dat meer as een vak geïntegreer word, beteken nie dat leerders outomaties kennis van die een na die ander kan oordra nie. Johnson (1997:165, 167) wys juis daarop dat kennis en vaardighede in die onderwys om

verskeie redes nie maklik oorgedra kan word nie (Rauscher 2012:4), en dat dit spesifieke onderrigstrategieë vereis.

Rauscher (2012:5) beveel aan dat indien natuurwetenskap- onderwysers ook vir die onderrig van tegnologie in 'n geïntegreerde vak verantwoordelik gaan wees, hulle ten minste oor 'n behoorlike begrip van die onderlinge verband tussen natuurwetenskap en tegnologie moet beskik. Hy waarsku verder dat die benadering dat tegnologie slegs toegepaste natuurwetenskap is, kan lei tot 'n wanvoorstelling van die historiese en epistemologiese verband tussen natuurwetenskap en tegnologie, en ook 'n onakkurate beeld van die aard van tegnologie as aktiwiteit of metodologie voorhou (Rauscher 2012:5).

Met inagneming van die filosofie van tegnologie met sy vier manifestasies, behoort dit duidelik te wees dat die insluiting van tegnologie as vak in die skoolkurrikulum veel kompleksier is as die blote terminering van byvoorbeeld 'n getal tegniese vakke en die herontplooiing van die dan oorbodige tegniese onderwysers wat waarskynlik nie genoegsaam op die hoogte van die filosofie van tegnologie is nie; en dat ruim geleentheid vir intensiewe indiensopleiding en professionele ontwikkeling in die vakmetodologie binne 'n nuwe onderwysbenadering deur hoëronderwysinstellings verlang word. Laasgenoemde sal hulle deeglik moet vergewis van die wyse waarop tegnologie as vak in die skoolkurrikulum ingesluit is, en hul onderrigprogramme en -benaderings tot die inisiële en voortgesette professionele ontwikkeling van tegnologie-onderwysstudente en -onderwysers hierby aanpas. Ongeag of tegnologie afsonderlik of geïntegreerd met ander vakke aangebied word, sal die betrokke persone in sulke onderriginstellings met die filosofie van tegnologie vertrou moet wees. Kennis van die onderlinge verband tussen natuurwetenskap en tegnologie is belangrik in die geval waar tegnologie en natuurwetenskap in die skoolkurrikulum geïntegreer word.

Hoe kan 'n wetenskaplik deurdagte, filosofiese raamwerk vir tegnologie rigtinggewend vir die onderliggende akademiese dissipline vir voorgraadse tegnologie-onderwysstudente wees?

Die filosofie van tegnologie en die onderliggende akademiese dissipline

Voortspruitend uit Trümpelmann se definisie van vakdidaktiek sou daar gevra kan word na die aard en wese van die akademiese dissipline wat tegnologie as skoolvak ten grondslag lê (Ropohl 1997:71), veral in die lig daarvan dat dit vroeër gestel is dat tegnologie as vak, anders as ander skoolvakke, nie so 'n ekwivalente dissipline het nie. Het ons nie dalk hier met 'n illusie van 'n skoolvak te make, wat reeds geïmplementeer is en daarop aanspraak maak dat dit tegnologie as kenbare het, en nie verwesentlik kan word nie, aangesien dit nie op 'n akademiese dissipline berus nie?

Dit is belangrik vir die argument om daaraan herinner te word dat die ander vakmetodologieë histories op 'n enkele akademiese dissipline gebaseer is, byvoorbeeld die

vakmetodologie van geskiedenis op geskiedenis as dissipline. Die outeur verwys na hierdie tradisionele soort begroning as monodissiplinêr. Met inagneming van die feit dat daar konseptuele kennis uniek aan tegnologie is (McCormick 1997:153), moet aanvaar word dat daar tog 'n akademiese begroning is. McCormick (1997) sê voorts:

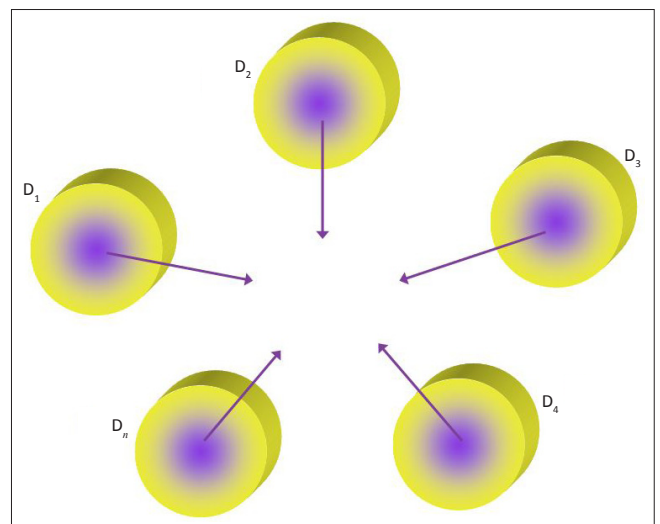
Such knowledge of how objects are made (procedural), or how they work (conceptual process knowledge) is not the stuff of science and mathematics textbooks or lessons, though we make an attempt at many levels of education to pretend it is. [Sulke kennis van hoe voorwerpe gemaak word (prosedurekennis), of hoe hulle werk (konseptuele proses kennis) is nie die inhoud van natuurwetenskap- en wiskunde handboeke of lesse nie, alhoewel ons op verskillende onderwysvlakke poog om voor te gee dat dit die geval is] (bl. 144 [outeur se eie vertaling]).

En: 'Technical knowledge in totality is extensive and manifold' [Tegniese kennis in sy geheel is omvattend en uiteenlopend] (Ropohl 1997:71 [outeur se eie vertaling]). Die rede waarom mense beweer dat tegnologie as vak nie soos ander skoolvakke 'n eie akademiese dissipline het nie, is moontlik daarin opgesluit dat die akademiese dissipline waarop dit berus, as gevolg van die omvang daarvan, asook die wyse waarop dissiplines tans aan hoëronderwysinstellings gestruktureer is, as komponente binne meer as een van die bestaande dissiplines manifesteer. Die onderliggende dissipline is tans moontlik nog 'n multidissipline ofte wel 'n poldissipline (waarvan komponente oor meer as een dissipline verspreid lê, $D_1 - D_n$, soos in Figuur 1 aangedui) wat dit dalk eers ná versigtig abstrahering en herstrukturering van die komponente as 'n monodissipline (soos in Figuur 2 aangedui) by hoëronderwysinstellings sal openbaar. Die abstrahering van die tegnologiese kennis komponente en die inkorporering daarvan in tegnologie as 'n dissipline, laat die ander dissiplines gevolglik met minder kennis oor (vandaar die 'opening' in Figuur 2).

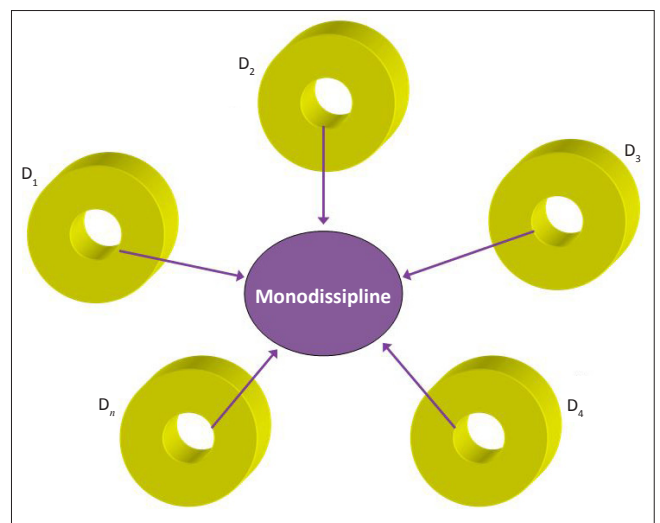
Die bedoeling is nie dat die 'nietegnologiese kennis' (Custer 1995:231) in die ander dissiplines, byvoorbeeld natuurwetenskap, wiskunde, ekonomie, maatskaplike en geesteswetenskappe, taal en kommunikasie, en die tegniese vakke waarop tegnologie steun (International Technology Education Association [ITEA] 1997, hfst 3:18; McCormick 1997:144), nou eensydig as tegnologiese kennis (Custer 1995:231) toegeëien word nie. Ons moet aanvaar dat daar bepaalde kennisaspekte in die ander dissiplines is waarop dit steun wat nie tot tegnologie behoort nie. Vandaar moontlik die uitspraak – dalk effens elitisties – deur die International Technology Education Association ([ITEA] 1997): 'Technology ... is a field of study that has its own intellectual domain; yet, it can make maths, science, and other fields tangible and relevant to bring them to life.' [Tegnologie ... is 'n studieveld wat sy eie intellektuele domein het; tog kan dit wiskunde, natuurwetenskap en ander velde tasbaar en relevant maak om hulle te verlewendig] (bl. ii, [outeur se eie vertaling]). Dit kan dalk selfs wees dat daar al integrering van kennis uit twee bestaande dissiplines (nietegnologies) plaasgevind het, wat aanleiding gegee het tot kennis binne 'n nuwe dissipline (tegnologie), maar wat organisatories steeds in een van die twee dissiplines gehuisves word. Die

konsep multidissipline moet ook nie verwar word met die meer bekende begrippe multidissiplinêr en interdissiplinêr nie. Met die toenemende vraag na tegnologie-onderwysers behoort die komponente van so 'n multidissipline dringend geïdentifiseer te word vir die samestelling van die toepaslike akademiese dissiplines onderliggend aan die kwalifikasie om in tegnologie-onderwys te spesialiseer – 'n terrein waar daar nog baie in die duister rondgetas word!

As ons die verskillende dissiplines wat by die integrering van kennis in die gevalstudies by die Philips Natuurkundige Laboratorium betrokke was, vanuit 'n interdissiplinêre hoek aan fakulteite by hoëronderwysinstellings moes verbind, sou die fakulteite van natuurwetenskappe en ingenieurswese ter sprake gekom het. Uit die oorweging van die metodologie van tegnologie is dit duidelik dat dit binne die dissipline van ontwerpmetodologie beslag vind wat waarskynlik ook in 'n ingenieursfakulteit gesetel sal wees. Daar het reeds in die metodologie aspekte van innovasie na vore getree, wat eerder integraal deel van tegnologie as wilshandeling is. Innovasie en entrepreneurskap as dissipline kan byvoorbeeld onder



FIGUUR 1: Tegnologie as 'n multidissipline.



FIGUUR 2: Tegnologie as 'n monodissipline.



die fakulteit ekonomiese en bestuurswetenskappe ressorteer. Op dieselfde wyse is daar aspekte van etiek en wetenskap-, tegnologie- en samelewingstudies (WTS) wat waarskynlik binne die fakulteit lettere en wysbegeerte lê.

Binne die vakmetodologie van tegnologie moet daar van die tradisionele oorweging vanuit 'n enkele onderliggende akademiese dissipline weg beweeg word na 'n oorweging vanuit meer as een dissipline gelyktydig. Die outeur voorspel dat dit ook die benadering sal wees wat voortaan gevolg sal moet word in vakke, wat uit meer as een dissipline (interdissiplinêr) saamgestel is, byvoorbeeld natuurwetenskappe en tegnologie in die intermediêre skoolfase.

Dit kan impliseer dat die bepaalde vakmetodologiese of vakmetodoloog van so 'n saamgestelde vak nie in al die verwante dissiplines onderlê sal wees nie: 'Nobody would be able to grasp all of it (technological knowledge)' [Niemand sal in staat wees om dit alles (tegnologiese kennis) onder die knie te kry nie] (Ropohl 1997:71 [outeur se eie vertaling]). As oplossing vir die problematiek behoort daar 'n spanbenadering gevolg te word, met 'n span saamgestel uit verteenwoordigers van die verskillende verwante dissiplines. Binne so 'n vakmetodologiese forum is die vertrekpunt die 'didaktiese bemoeienis' of vakmetodologie, en tree die vakmetodologiese of vakmetodoloog in tegnologie as koördineerder op wat deur die kundiges binne die betrokke akademiese dissiplines oor die implikasies vir die vakmetodologie geadviseer word. Die doel van die forum moet daarop gerig wees om '... a reasonable body of basic knowledge patterns which will enable people to understand the principles of technics ...' [... 'n beduidende korpus van basiese kennispatrone wat mense in staat sal stel om die beginsels van tegnologie te verstaan ...] (Ropohl 1997:71, [outeur se eie vertaling]) saam te stel. Dit is waarskynlik dan ook die antwoord op die vroeëre vraag hoe om die geval te oorweeg waar tegnologie in die skoolkurrikulum met ander vakke geïntegreer word.

Bespreking en gevolgtrekking

In antwoord op die eerste navorsingsvraag, en as uitvloeisel uit die verwante artikel (Ankiewicz 2013), is dit belangrik dat die programontwikkelaars, -koördineerders en vakmetodologiese dosente aan hoërondwysinstellings hulle deeglik vergewis van die filosofiese raamwerk vir tegnologie, aan die hand van die vier manifestasies van tegnologie, naamlik as ontologie, epistemologie, metodologie en wilshandeling wat rigtinggewend vir tegnologieklaskamerpraktyk is. Dit is ook belangrik dat tegnologie-onderwysstudente met die oog op toekomstige klaskamerpraktyk deeglik in hierdie aspekte onderrig word.

Vanuit 'n filosofiese perspektief blyk dit wensliker te wees om eerder die vakmetodologie van tegnologie outonoom te hou met een verantwoordelike vakmetodologiese dosent of vakmetodoloog (of programgroep, departement, skool, of fakulteit by hoërondwysinstellings) as om dit met dié

van natuurwetenskap te integreer. Wanneer tegnologie as vak in die skoolkurrikulum ingesluit word, moet hoërondwysinstellings hul onderrigprogramme en -benaderings tot die inisiële en voortgesette professionele ontwikkeling van tegnologie-onderwysstudente en -onderwysers kundig daarby aanpas. Ongeag of tegnologie afsonderlik of geïntegreer met ander vakke aangebied word, sal diegene in hoërondwysinstellings vertrou moet wees met die filosofie van tegnologie as rigtingwyser vir tegnologie-onderwysopleiding. Kennis van die onderlinge verband tussen natuurwetenskap en tegnologie is onontbeerlik in die geval waar tegnologie en natuurwetenskap in die skoolkurrikulum geïntegreer word.

In antwoord op die tweede navorsingsvraag behoort hoërondwysinstellings die aard van die onderliggende akademiese dissipline vir tegnologie te identifiseer, hetsy as 'n mono-, multi- of poldisdipline. Dit sal tans hoogs waarskynlik 'n multi- of poldisdipline wees. Met die toenemende vraag na tegnologie-onderwysers behoort die komponente van so 'n multi- of poldisdipline dringend geïdentifiseer te word vir die samestelling van die toepaslike akademiese dissiplines onderliggend aan die voorgraadse kwalifikasie om as tegnologie-onderwyser te spesialiseer.

Binne die vakmetodologie van tegnologie moet daar gevolglik van die tradisionele oorweging vanuit 'n enkele onderliggende akademiese dissipline weg beweeg word na 'n oorweging vanuit meer as een dissipline gelyktydig. Dit kan impliseer dat die bepaalde vakmetodologiese of -metodoloog van so 'n saamgestelde vak nie in al die verwante dissiplines onderlê sal wees nie. As oplossing vir die problematiek behoort daar 'n spanbenadering gevolg te word, met 'n span saamgestel uit verteenwoordigers van die verwante dissiplines. Binne so 'n vakmetodologiese forum is die vertrekpunt die pedagogiese inhoudskennis (PCK) en 'didaktiese bemoeienis' of vakmetodologie, en tree die vakmetodologiese of -metodoloog in tegnologie as koördineerder op wat deur die kundiges binne die betrokke akademiese dissiplines oor die implikasies vir die vakmetodologie geadviseer word. Die bestaande akademiese dissiplines lewer gevolglik belangrike insette tot die pedagogiese inhoudskennis (PCK) van die tegnologie-onderwysstudente op 'n vakmetodologiese forum.

Literatuurverwysings

- Ankiewicz, P. J., 1995, 'The planning of technology education in South African schools', *International Journal of Technology and Design Education* 5(3), 245–254. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00769906>
- Ankiewicz, P. J., 2013, 'n Teoretiese besinning oor die implikasies van die filosofie van tegnologie vir klaskamerpraktyk', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 32(1), Art. #386, 9 pages, besigtig op 17 April 2013 by <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v32i1.386>.
- Ankiewicz, P.J., De Swardt, A.E. & De Vries, M., 2006, 'Some implications of the philosophy of technology for science, technology and society (STS) studies', *International Journal of Technology and Design Education* 16(2), 117–141. <http://dx.doi.org/10.1007/s10798-005-3595-x>
- Bayazit, N., 1993, 'Designing: Design knowledge: Design research: Related sciences', in M.J. de Vries, N. Cross & D.P. Grant (eds.), *Design Methodology and Relationships with Science*, pp. 121–136, Kluwer, Dordrecht. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-8220-9_6



- Broens, C.J.A.M. & De Vries, M.J., 2003, 'Classifying technological knowledge for presentation to mechanical engineering designers', *Design Studies* 24(5), 457–471. [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-694X\(03\)00022-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-694X(03)00022-X)
- Custer, R.L., 1995, 'Examining the dimensions of technology', *International Journal of Technology and Design Education* 5(3), 219–244. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00769905>
- De Vries, M.J., 2001, 'The history of industrial research laboratories as a resource for teaching about science-technology relationships', *Research in Science Education* 31, 15–28. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1012610328351>
- De Vries, M.J. 2002, 'Integration of knowledge in technological developments. Philosophical reflections on an empirical case study', *Technological Knowledge: Philosophical Reflections Conference*, Boxmeer, the Netherlands, 13–15 June, 2002.
- De Vries, M.J., 2003a, 'The nature of technological knowledge: Extending empirically informed studies into what engineers know', *Techné: Research in Philosophy and Technology* 6(3), 1–21.
- De Vries, M.J., 2003b, 'The nature of technological knowledge: Philosophical reflections and educational consequences', *Pupils' Attitudes towards Technology (PATT) 13th International Conference Proceedings*, Glasgow, Scotland, 21–24 July, 2003, pp. 83–86. PMID:12663174
- International Technology Education Association (ITEA), 1997, *Standards for Technology Education*, first draft, Virginia Tech, Blacksburg, Va.
- Johnson, S.D., 1997, 'Learning technological concepts and developing intellectual skills', *International Journal of Technology and Design Education* 7(1–2), 161–180. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008861003553>
- Kroes, P. & Meijers, A., 2000, 'Introduction: A discipline in search of its identity', in P. Kroes, A. Meijers & C. Mitcham (eds.), *The Empirical Turn in the Philosophy of Technology*, pp. xvii–xxxv, Elsevier Science Ltd, Amsterdam.
- Mawson, B., 2007, 'Factors affecting learning in technology in the early years at school', *International Journal of Technology and Design Education* 17(3), 253–269. <http://dx.doi.org/10.1007/s10798-006-9001-5>
- McCormick, R., 1997, 'Conceptual and procedural knowledge', *International Journal of Technology and Design Education* 7(1–2), 141–159. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008819912213>
- Mitcham, C., 1994, *Thinking through Technology*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Rauscher, W.J., 2011, 'The technological knowledge used by technology education students in capability tasks', *International Journal of Technology and Design Education* 21(3), 291–305. <http://dx.doi.org/10.1007/s10798-010-9120-x>
- 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 bladsye. Besigtig op 07 September 2012. <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v31i1.27>
- 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>
- Ryle, G., 1949, *The Concept of Mind*, Penguin Books, Hammondsworth.
- Schoeman, P.G., 1983, *Wysgerige pedagogiek*, Nasionale Boekdrukkery, Goodwood.
- Shulman, L.S., 1986, 'Those who understand: Knowledge growth in teaching', *Educational Researcher* 15(2), 4–14. <http://dx.doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Smit, W.A., & Van Oost, E.C.J., 1999, *De wederzijdse beïnvloeding van technologie en maatschappij*, Uitgeverij Coutinho, Bassum.
- Trümpelmann, M.H., 1988, 'Enkele gedagtes oor vakdidaktiek as wetenskap en die onderrig van geskiedenis', professorale intreerrede, Randse Afrikaanse Universiteit, Johannesburg.
- Van der Walt, J.L., Dekker, E.J. & Van der Walt, I.D., 1985, *Die opvoedingsgebeure: 'n Skrifmatige perspektief*, Instituut vir Reformatoriese Studies, Potchefstroom.
- Van Schalkwyk, P., 1996, 'Opvattinge oor tegnologie by leerlinge en onderwysers', PhD proefskrif, Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys.
- Vincenti, W.G., 1990, *What Engineers Know and how They Know it*, Johns Hopkins Paperback edn., The Johns Hopkins University Press, Baltimore. PMID:1371148