

**DIE INTEGRASIE VAN REKENAARONDERSTEUNDE TEKENINGE AS
HULPMIDDEL IN DIE ONDERRIG VAN ONDERWYSSTUDENTE IN
INGENIEURSGRAFIKA EN –ONTWERP**

deur

**Wynand Johannes Viljoen
1985755253**

Verhandeling voorgelê vir die graad

MAGISTER ARTIUM

in

Hoëronderwysstudie

aan die

SKOOL VIR HOËRONDERWYSSTUDIE

FAKULTEIT OPVOEDKUNDE

UNIVERSITEIT VAN DIE VRYSTAAT

BLOEMFONTEIN

**Studieleier: Dr JH van Schoor
Medestudieleier: Prof. GP Combrinck**

JANUARIE 2014

DANKBETUIGING

■

Aan God die eer.

My allerbeste vir Sy Hoogste.

■

Ek wil graag my opregte waardering uitspreek teenoor die volgende persone wat 'n bydrae gelewer het tot die voltooiing van die studie:

■

My eggenote en twee dogters vir die geduld en tyd aan my gegun om aan die studie te werk.

■

My ouers vir jare se ondersteuning.

■

Dr. Rika van Schoor, my studieleier – Baie dankie vir ure se harde werk, geduld en uitstekende leiding wat u verskaf het.

■

Prof. Okkie Combrink, my medestudieleier, vir jou aanmoediging en leiding in die studie.

■

Dr. Hannemarie Bezuidenthout vir die deeglike en baie professionele taalversorging.

■

Mev. Elrita Grimsley vir die versorging van die bronnelys.

■

My kollegas en vriende vir jul belangstelling, woorde van ondersteuning en aanmoediging tydens die studie.

■

Die Sentrale Universiteit van Tegnologie, Vrystaat vir finansiële bystand.

VERKLARING

Ek verklaar hiermee dat die werk wat hier voorgelê is, die resultaat is van my eie onafhanklike ondersoek. Waar om hulp gesoek is, is dit erken. Ek verklaar verder dat die werk vir die eerste keer voorgelê word aan hierdie universiteit / fakulteit vir die Meestersgraad in Hoëronderwysstudies en dat dit nog nooit aan enige ander universiteit / fakulteit voorgelê is vir die doel van die verkryging van 'n graad nie.



WJ Viljoen

2014-01-31

DATUM

Ek sedeer hiermee kopiëreg van hierdie produk ten gunste van die Universiteit van die Vrystaat.



WJ Viljoen

2014-01-31

DATUM

OPSOMMING

Hierdie studie is onderneem om te bepaal watter veranderinge CAD, as nuwe tegnologie, in handgeskrewe tekeninge teweegbring het. CAD is die tekeninstrument waarmee ingenieurstekeninge in die toekoms op rekenaar geteken sal word. CAD as tekeninstrument verseker dat netjiese, akkurate tekenwerk met foto- en videokwaliteit geteken kan word. Hierdie kwaliteit tekeninge kan binne minute na bykans enige plek in die wêreld versend word. Vanaf 'n 3D CAD-tekening kan daar 'n 3DP gemaak word wat aan die verbeelding van die ontwerper vrye teuels gee.

Die probleem wat ondersoek is in hierdie studie is die integrasie van rekenaar-ondersteunde tekeninge (CAD) as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program aan die Sentrale Universiteit van Tegnologie. Die literatuurstudie was daarop gerig om te bepaal wat rekenaarondersteunde tekene (CAD) is. 'n Kwalitatiewe en kwantitatiewe navorsingsmetode is in aksienavorsing gebruik om die navorsingsprobleem aan te spreek. Data is versamel deur vraelyste, onderhoude en waarneming. Tydens die empiriese ondersoek moes respondente vrae beantwoord oor hoe die onderrig van CAD bydra tot die effektiewe opleiding van IGO-onderwysstudente by die SUT, watter uitdagings op die pad van integrasie van CAD in die B.Ed.-Tegnologie-program lê, wat was die ervaring van die IGO-studente ten opsigte van CAD-onderrigleer en watter bydrae CAD lewer ten opsigte van die opleiding van toekomstige IGO-onderwysers.

Met die studie word die belangrikheid van die integrering van CAD in die kurrikulum van IGO beklemtoon, en die rol wat 3DP in IGO en ook in skole sal speel, word ondersoek. In die studie word aanbeveel dat CAD geïntegreer word met IGO en dat die IGO-kurrikula vir skole en universiteite hersien word.

Slutelwoorde: Tweedimensionele rekenaarondersteunde tekeninge (2D), Driedimensionele rekenaarondersteunde tekeninge (3D), Driedimensionele drukwerk (3DP 3D Printing)), *Computer Aided Drawings* (CAD), Ingenieursgrafika en -Ontwerp (IGO).

SUMMARY

This study was undertaken to determine which changes CAD, as new technology, brought to hand-made drawings. CAD is the drawing instrument with which engineering drawing in future will be done on the computer. CAD as drawing instrument ensures neat, accurate drawings of photo and video quality. These quality drawings can be sent within minutes to almost any place in the world. A 3DP can be made from a 3D CAD drawing, which allows a designer's imagination free reins.

The problem which was investigated in this study is the integration of computer-aided drawing (CAD) as an essential aid in the teaching-learning of EGD teacher students in a B.Ed. programme at the Central University of Technology. The literature study was aimed at determining what computer-aided drawing (CAD) is. A qualitative and quantitative research method was used in action research to address the research problem. Data were collected by means of questionnaires, interviews and observation. During the empirical investigation respondents had to answer questions regarding questions about how the teaching in CAD contributed to the effective training of EGD teacher students at the CUT, which challenges stood in the way of integration of CAD in the B.Ed.Technology programme, what were the experiences of the EGD students in terms of CAD teaching-learning, and what contribution CAD could make to the training of future EGD teachers.

With the study the importance of the integration of CAD in the curriculum of EGD is emphasised, and the role 3DP can play in EGD and in schools was investigated. In the study it is recommended that CAD should be integrated with EGD and that the EGD curricula for schools and universities should be reviewed.

Key words: Two-dimensional computer-aided drawing (2D), Three-dimensional computer-aided drawings (3D), Three-dimensional printing (3DP), *Computer Aided Drawing* (CAD), Engineering Graphics and Design (EGD).

LYS VAN AKRONIEME

2D	Tweedimensioneel
2D CAD	Tweedimensionele rekenaarondersteunde tekeninge
3D	Driedimensioneel
3D CAD	Driedimensionele rekenaarondersteunde tekeninge
3DP	Driedimensionele drukwerk/drukker (<i>Printing/printer</i>)
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
AM	<i>Additive Manufacturing</i>
AOO	Algemene Onderwys en Opleiding
CAD	<i>Computer-Aided Draughting</i>
CAPS	<i>Curriculum and Assessment Policy Statement</i>
DBO	Departement van Basiese Onderwys
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
IGO	Ingenieursgrafika en -Ontwerp
KABV	Kurrikulum- en assesseringsbeleidsverklaring
LOM	<i>Laminated object manufacturing</i>
NKR	Nasionale Kwalifikasieraamwerk
NKV	Nasionale Kurrikulumverklaring
NSS	Nasionale Senior Sertifikaat
PLA	<i>Poly Lactic Acid</i>
ROT	Rekenaarondersteunde Tekene
RP	<i>Rapid Prototyping</i>
SAQA	<i>South African Qualifications Authority</i>
SLS	Selektiewe Laser-sintering
STL	<i>Stereo Lithography</i>
SUT	Sentrale Universiteit van Tegnologie
UGO	Uitkomsgebaseerde Onderwys
VOO	Verdere Onderwys en Opleiding

INHOUDSOPGAWE

DANKBETUIGING.....	II
VERKLARING.....	III
OPSOMMING.....	IV
SUMMARY.....	V
LYS VAN AKRONIEME.....	VI
INHOUDSOPGAWE.....	VII
LYS VAN FIGURE.....	XV
LYS VAN FOTO'S.....	XVIII
LYS VAN TABELLE.....	XIX
LYS VAN ADDENDUMS.....	XX

HOOFSTUK 1

INLEIDING EN ORIËTERING

1.1	INLEIDING.....	1
1.2	AGTERGROND TOT DIE NAVORSINGSPROBLEEM.....	1
1.3	NAVORSINGSPROBLEEM, -VRAE EN -DOELWITTE.....	4
1.4	AFBAKENING VAN STUDIEVELD.....	6
1.5	BEGRIPSVERKLARINGS VIR DIE NAVORSING.....	6
1.5.1	Ingenieursgrafika en –Ontwerp (IGO).....	6
1.5.2	CAD.....	7
1.5.3	2D CAD.....	7
1.5.4	3D CAD.....	7
1.5.5	CAD-onderrig.....	7
1.5.6	3D-Drukker.....	7
1.5.7	3D-Drukwerk.....	8
1.5.8	Vinnige prototipering.....	8
1.5.9	Ander terminologie gebruik.....	8
1.6	NAVORSINGSONTWERP EN -METODOLOGIE.....	9
1.6.1	Literatuuoroorsig.....	9
1.6.2	Empiriese ondersoek.....	10
1.6.2.1	Teoretiese raamwerk.....	10
1.6.2.2	Navorsingsmetode.....	11
1.6.2.3	Aksienavorsingsontwerp.....	12
1.6.2.4	Dataversamelingstegnieke.....	12
1.6.2.5	Data-analise.....	13
1.6.2.6	Teikengroep en populasie.....	13
1.7	WAARDE VAN DIE NAVORSING.....	14
1.8	ETIESE OORWEGINGS.....	15
1.9	UITLEG VAN DIE VERSLAG IN HOOFSTUKKE.....	15
1.10	SAMEVATTING.....	16

HOOFSTUK 2

VAN CAD TOT 3D-DRUKWERK

2.1	INLEIDING.....	17
2.2	DIE ONSTAAN VAN CAD	17
2.2.1	Die ligpen-program (sketchpad).....	18
2.2.2	Die CAD-analiseringsprogram.....	20
2.2.3	Implementering van CAD in die kommersiële wêreld	20
2.2.4	Die ontwikkeling van 3D CAD-sagteware	21
2.2.5	Die programmering van CAD	21
2.2.6	CAD sagteware vir “desktop” rekenaars	22
2.3	INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERP	25
2.3.1	Ingenieursgrafika	26
2.3.2	Ingenieursontwerp	27
2.4	DIE VERSKIL TUSSEN 'N CAD- EN GRAFIESE REKENAARTEKENING	30
2.5	DIE ROL VAN CAD-TEKENINGE IN DIE OPLEIDING VAN IGO- STUDENTE	30
2.6	DIE DEPARTEMENT VIR BASIESE ONDERWYS (DBO) SE VOORSKRIFTE TEN OPSIGTE VAN DIE IMPLEMENTERING VAN CAD	32
2.6.1	Die CAD programme vir skole.....	33
2.7	NUWE TEGNOLOGIE IN CAD	34
2.8	DIE GEBRUIK VAN 3D-DRUKKERS IN DIE CAD-ONTWERPPROSES..	35
2.8.1	Selektiewe Laser-Sintering (SLS)	37
2.8.2	Fused Deposition Modeling (FDM)	38
2.8.3	Stereo Lithography (SLA).....	39
2.8.4	Laminated object manufacturing (LOM).....	39
2.8.5	Inkjet -tegnologie	40
2.8.6	Elektronbundel-smelting (EBM).....	40
2.8.7	Aankoop van 'n 3DP vir die Departement van Onderwys in Wiskunde, Wetenskap en Tegnologie by die SUT.....	42
2.9	DIE WAARDE EN TOEGANKLIKHEID VAN 3DP VIR DIE PUBLIEK...	43

2.10	SAMEVATTING.....	58
------	------------------	----

HOOFSTUK 3

PERSPEKTIEF OP ONDERRIG EN FASILITERING VAN STUDENTELEER IN INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERP

3.1.	INLEIDING.....	59
3.2.	TAKSONOMIEË.....	60
3.2.1	Bloom se Taksonomie.....	60
3.2.2	Bloom se Digitale Taksonomie.....	63
3.2.3	SOLO-Taksonomie.....	65
3.2.4	Vlakbeskrywers van die Nasionale Kwalifikasieraamwerk (NKR)	69
3.3	DIEPTE- EN OPPERVLAKKIGE BENADERING TOT LEER.....	70
3.4	VLAKKE VAN MOTIVERING	73
3.4.1	Gesonde, motiverende teorie	75
3.4.2	Vier soorte motiveringstrategieë.....	77
3.5	REFLEKSIE IN CAD ONDERRIG	81
3.6	UITKOMSGEBASEERDE ONDERWYS (UGO)	84
3.7	DIE GEBRUIK VAN VIDEO'S AS 'N ONDERRIGMETODE IN CAD.....	86
3.8	ASSESSERING VAN EGD	88
3.9	SAMEVATTING.....	92

HOOFSTUK 4

DIE NAVORSINGSONTWERP EN -METODOLOGIE

4.1	INLEIDING.....	93
4.2	NAVORSINGSMETODOLOGIE EN ONTWERP	94
4.2.1.	Kwalitatiewe en kwantitatiewe navorsingsmetodologieë	94
4.2.2.	Kwalitatiewe navorsingsmetodologie	97
4.2.3.	Kwantitatiewe navorsingsmetodologie	98
4.3	NAVORSINGSONTWERP	98
4.3.1	Aksienavorsing	99
4.4	POPULASIE EN TEIKENGROEP	104
4.5	DIE OPSTEL VAN DIE VRAELYS	105
4.5.1	Oop vrae	105
4.5.2	Geslote vrae	106
4.5.3	Digotomiese vrae.....	107
4.5.4	Die Likertskaal	108
4.5.5	Die lengte van die vraelys	108
4.5.6	Die formaat van die dekbrieff	109
4.5.7	Die formaat en uitleg van die vraelys	109
4.5.8	Hoe die vraelys voltooi moet word	110
4.6	DATAVERSAMELINGSTEGNIEKE	111
4.6.1	Data wat benodig is vir die studie	111
4.6.2	Vraelyste.....	112
4.6.3	Onderhoude.....	113
4.6.4	Waarneming van studente tydens onderrig en praktiese CAD-sessies	114
4.6.5	Dataversameling tydens opleidingsessies en werkwinkels oor CAD... 114	
4.7	DATA-ANALISE.....	115
4.7.1	Kwalitatiewe data-analise	115
4.7.2	Kwantitatiewe data-analise.....	116
4.8	ETIESE OORWEGING	117
4.9	GELDIGHEID EN BETROUBAARHEID.....	118
4.10	SAMEVATTING.....	119

HOOFSTUK 5

DATA-ANALISE

5.1	INLEIDING.....	120
5.2	ANALISERING VAN VRAELYS 1: INGENIEURSGRAFIKA EN - ONTWERPSTUDENTE IN EERSTE STUDIEJAAR 2010.....	121
5.2.1	Biografiese inligting	121
5.2.2	Die volhoubaarheid van CAD	122
5.2.3	Studente se ervaring en voorafkennis van CAD	124
5.2.4	Aanbevelings en voorstelle deur eerstejaarstudente oor die CAD- program	125
5.2.5	Voorafkennis van CAD	127
5.3	SLOTOPMERKINGS OOR RESULTATE VAN VRAELYS 1.....	129
5.4	AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD	129
5.5	ANALISERING VAN VRAELYS 2: INGENIEURSGRAFIKA EN - ONTWERPSTUDENTE IN TWEEDE STUDIEJAAR 2011	130
5.5.1	Biografiese inligting	132
5.5.2	Belangstelling in CAD.....	132
5.5.3	Onderrig van CAD	133
5.5.4	Het studente voldoende kennis om aan einde van tweede jaar CAD te onderrig?.....	134
5.5.5	Voorkeur van CAD as tekenmetode.....	134
5.5.6	Toegang tot CAD	135
5.5.7	Respondente se voorstelle oor die verbetering van CAD	137
5.6	SLOT OPMERKINGS OOR RESULTATE VAN VRAELYS 2.....	138
5.7	AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD	138
5.8	ANALISERING VAN VRAELYS 3: INGENIEURSGRAFIKA EN - ONTWERPSTUDENTE IN DERDE STUDIEJAAR 2012.....	139
5.8.1	Biografiese inligting	140
5.8.2	Beskikbaarheid en toestand van harde- en sagteware vir CAD-tekeninge	141
5.8.3	CAD-tekeninge wat die moeilikste ervaar is deur respondente	143
5.8.4	Toegang tot rekenaars	143

5.8.5	Toegang tot 'n CAD-program	144
5.8.6	Die aanbieding van CAD as 'n skoolvak	144
5.8.7	Onderrig en leer van CAD	147
5.8.8	Onderrigleermateriaal in CAD	151
5.8.9	Volhoubaarheid van CAD vir die toekoms	160
5.9	SLOTOPMERKINGS OOR RESULTATE VAN VRAELYS 3.....	163
5.10	AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD	163
5.11	ONDERHOUDE MET DERDEJAAR- INGENIEURSGRAFIKA EN - ONTWERPSTUDENTE OOR CAD-ERVARING EN 3D-DRUKKERS	164
5.11.1	Ervaring van studente met 2D- en 3D-CAD-tekeninge	165
5.11.2	Ervaring van studente met 3DP	168
5.11.3	Voorstelle deur studente oor hoe die CAD program verbeter kan word	170
5.12	SLOTOPMERKINGS OOR RESULTATE VAN DIE ONDERHOUDE .	172
5.13	AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD	172
5.14	INLIGTING VERKRY DEUR AANBIEDING/OPLEIDING VAN KURSUSSE EN BYWONING VAN WERKWINKELS.....	172
5.15	SAMEVATTING.....	174

HOOFSTUK 6

SAMEVATTING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

6.1	INLEIDING.....	176
6.2	GEVOLGTREKKINGS TEN OPSIGTE VAN DIE NAVORSINGSVRAE VAN DIE STUDIE.....	176
6.2.1	Wat is rekenaar-ondersteunde tekene (CAD)?.....	177
6.2.2	Hoe kan die onderrig van CAD bydra tot die effektiewe opleiding van IGO-onderwysstudente by die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT)?.....	178
6.2.3	Watter uitdagings lê op die pad van integrasie van CAD in die B.Ed.- Tegnologie-program?.....	179
6.2.4	Wat is die ervaring van die IGO-studente ten opsigte van CAD- onderrig?.....	180
6.2.5	Watter bydrae kan CAD lewer ten opsigte van die opleiding van toekomstige IGO-onderwysers?.....	181
6.3	AANBEVELINGS GEBASEER OP DIE RESULTATE VAN DIE STUDIE	183
6.4	VOORSTELLE VIR VERDERE STUDIE.....	185
6.5	BEPERKINGE VAN DIE STUDIE	186
6.6	SAMEVATTING.....	186
	BRONNELYS.....	188

LYS VAN FIGURE

Figuur 1.1:	Skole wat in 2012 deelgeneem het aan die F1-kompetisie (F1 in schools, 2012).....	3
Figuur 1.2:	Afname van IGO-studentegetalle vanaf 2010 tot 2012	14
Figuur 2.1:	Ligpen (Sutherland, 2003)	18
Figuur 2.2:	Diagram van die ontwerpproses (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, p.199)	28
Figuur 2.3:	Aangepaste ontwerpproses (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, p.199)	29
Figuur 2.4:	Aftasbeeld na STL (Mechanical Engineering, 2011)	35
Figuur 2.5:	Rapid prototyping (Mechanical Engineering, 2011)	36
Figuur 2.6:	Selektiewe Lasersintering (SLS) (Mechanical Engineering, 2011)	37
Figuur 2.7:	Fused Deposition Modeling (FDM) (Mechanical Engineering, 2011)	38
Figuur 2.8:	Stereo litografie (SLA) (Mechanical Engineering, 2011)	39
Figuur 2.9:	Laminated object manufacturing (LOM) (Mechanical Engineering, 2011)	40
Figuur 2.10:	Inkjet-tegnologie (Mechanical Engineering, 2011)	41
Figuur 2.11:	Elektronbundel-smelting (EBM) (Mechanical Engineering, 2011)	42
Figuur 2.12:	Huis in aanbou deur gebruik te maak van kontoer-knutseling (Khoshnevis, 2002)	47
Figuur 2.13:	Loodgieterswerk (Khoshnevis, 2008)	47
Figuur 2.14:	Elektrisiteit (Khoshnevis, 2008)	48
Figuur 2.15:	Apparaat vir gestremde persone (Dimension, 2011).....	49
Figuur 2.16:	Selle gegroei met 'n 3D-drukker (Gajitz, 2010)	53
Figuur 3.1:	Bloom se taksonomie (Churches, 2008, p. 4)	61
Figuur 3.2:	Bloom se taksonomie en hersiene taksonomie (Churches, 2008, p. 5; Churches, 2012)	62

Figuur 3.3:	Bloom se digitale taksonomie soos verwerk deur Churches. (Churches, Teachlearning, 2008, p. 7; Churches, Edorigami Wikispace, 2012)	64
Figuur 3.4:	Die SOLO-taksonomie se vlakke van verstaan (Biggs, Tang, & Atherton, Teaching for Quality Learning at University, 2009, p. 79).	66
Figuur 3.5:	Voor-strukturele fase (Atherton, 2010)	67
Figuur 3.6:	Enkel-strukturele fase (Atherton, 2010).....	67
Figuur 3.7:	Meer strukturele fase (Atherton, 2010).....	68
Figuur 3.8:	Relasionele vlak (Atherton, 2010).....	68
Figuur 3.9:	Uitgebreide abstrakte fase (Atherton, 2010).....	69
Figuur 3.10:	Maslow se motiveringsvlakke (Atherton, 2010).....	74
Figuur 3.11:	Gesonde motiveringsbalans (Atherton, 2010).....	76
Figuur 3.12:	Vier vorms van motivering (Kjerulf, 2006)	78
Figuur 3.13:	Aangepaste assesseringsmodel van Millet et al. (2008).....	89
Figuur 4.1:	Aangepaste model van triangulasie van kwalitatiewe en kwantitatiewe data (Greef, 2011c, p.442; Maree & van der Westhuizen, 2012, p.40).....	96
Figuur 4.2:	Aksienavorsingsiklus (Cohen et al., 2009, p.306)	100
Figuur 4.3:	Aksiestappe uitgevoer oor vier jaar van navorsing.....	102
Figuur 4.4:	Voorbeeld van breinkaart gebruik om onderhoudsdata te analiseer	116
Figuur 5.1:	Ouderdomsverspreiding.....	121
Figuur 5.2:	Geslagverspreidingsgrafiek	122
Figuur 5.3:	Program voldoen aan IGO-studente se verwagtinge	123
Figuur 5.4:	CAD-programme wat deur respondente gebruik is	124
Figuur 5.5:	Voorafkennis van CAD.....	125
Figuur 5.6:	Beveel CAD aan as deel van die program	126
Figuur 5.7:	Ouderdomsverspreiding van IGO-studente in hul tweede studiejaar	130
Figuur 5.8:	Geslagverspreiding van IGO-studente in hulle 2de jaar.....	131
Figuur 5.9:	Gretig om meer te leer van CAD	133

Figuur 5.10:	Respondente se mening oor onderrigmetode	133
Figuur 5.11:	Genoegsame ervaring opgedoen oor CAD om op skool aan te bied	134
Figuur 5.12:	Om meganiese- en siviele tekeninge met CAD of per hand te teken	135
Figuur 5.13:	Toegang tot 'n rekenaar.....	135
Figuur 5.14:	Toegang tot CAD by woonplek	136
Figuur 5.15:	Moontlike plekke waar praktiese tekenname gedoen kan word ...	137
Figuur 5.16:	Die ouderdomsverspreiding van die derdejaarse studente.....	140
Figuur 5.17:	Geslagsverspreiding van derdejaarse studente.....	140
Figuur 5.18:	Geslagsverspreiding van IGO-studente vanaf 2010 tot 2012	141
Figuur 5.19:	Rekenaartoerusting beskikbaar vir CAD-tekeninge	142
Figuur 5.20:	Programmatuur in goeie toestand en bevorderlik vir leer.....	142
Figuur 5.21:	2D- of 3D-CAD-tekeninge die moeilikste ervaar deur studente .	143
Figuur 5.22:	Toegang tot rekenaartoerusting.....	144
Figuur 5.23:	Toegang tot 'n CAD-program.....	144
Figuur 5.24:	CAD as 'n skoolvak in die VOO-fase	145
Figuur 5.25:	Die nuutste CAD-ontwikkelinge is in die klas verduidelik	148
Figuur 5.26:	Daar is meer gefokus op CAD-tekeninge as handgeskrewe tekeninge.....	148
Figuur 5.27:	Kennis opgedoen in 2D- en 3D-CAD.....	149
Figuur 5.28:	Gereed om CAD in die VOO fase aan te bied.....	149
Figuur 5.29:	Die verstaanbaarheid van die CAD-uitdeelsukke	152
Figuur 5.30:	Kursusmateriaal van CAD is op-datum en relevant	153
Figuur 5.31:	CAD-videomateriaal as die enigste CAD-onderrighulpmiddel....	156
Figuur 5.32:	CAD se volhoubaarheid in die toekoms	161

LYS VAN FOTO'S

Foto 2.1:	Sketchpad-rekenaar (Sutherland, 2003, p.20)	19
Foto 2.2:	Plotter (Sutherland, 2003, p.21).....	19
Foto 2.3:	Onderdele ontwerp met CAD en gegroei deur 'n 3D-drukker (McGahan, 2011)	45
Foto 2.4:	'Urbee' prototipe motor (Stackpole, 2010).....	45
Foto 2.5:	Voorbeelde van Argitektuurstrukture wat deur 'n 3D-drukker gedruk is.....	46
Foto 2.6:	Kunsbeen vervaardig deur 3DP (Geomagic, 2012)	49
Foto 2.7:	Kunsbeen (Geomagic, 2012).....	50
Foto 2.8:	3D gedrukte fetus (Mail Online, 2009).....	50
Foto 2.9:	3D gedrukte gesigsuitdrukking van 'n fetus (Mail Online, 2009)...	51
Foto 2.10:	Skedelbesering (links) en 'n model (regs) toon 'n Lasersintering PEEK-skedelinplantingsgeometrie (Manning, 2011).....	52
Foto 2.11:	'Origo 3D-drukker (Saenz, 2011).....	54
Foto 2.12:	'n Speelding gedruk met 'n 3D-drukker (printer) (Mims, 2010).....	54
Foto 2.13:	Dwarsfluit vervaardig deur 3Ddrukkerwerk (Team TeamUSA, 2011)	55
Foto 2.14:	Stads- en Streekbeplanning (Rapid Today, 2009)	55
Foto 2.15:	Juweliersware (Shapeways, n.d.).....	56
Foto 2.16:	Armband oorgetrek met goud (Team TeamUSA, 2011)	56
Foto 2.17:	'n Kaalkoparend met gerehabiliteerde bek (Starr, 2013).....	57

LYS VAN TABELLE

Tabel 1.1:	Uitleg van die studie.....	15
Tabel 3.1:	Die kenmerke van diepte- en oppervlakkige leerbenaderings (Atherton, 2010).....	71
Tabel 3.2:	Beskrywing van die sleutelwoorde wat gebruik word in die vlakke van motivering (Atherton, 2010)	75
Tabel 4.1:	'n Aangepaste model van Van der Walt en Kruger (2010, p.22) wat die verskille aandui tussen die kwantitatiewe en kwalitatiewe navorsingsmetodes.....	95
Tabel 4.2:	Fase van die CAD program.	112
Tabel 5.1:	Studiejaar	122
Tabel 5.2:	Respondente wat gretig was om meer van CAD te leer	124
Tabel 5.3:	Voldoende voorafkennis om 2D CAD te teken.....	128
Tabel 5.4:	Voldoende voorafkennis om 3D te teken.....	129
Tabel 5.5:	Die studiejaar van die respondente	131
Tabel 5.6:	Vergelyking tussen geslagverspreidings van 2010 en 2011	132
Tabel 5.7:	Die nuutste ontwikkelings op die gebied van CAD is gereeld beklemtoon deur die dosent	147
Tabel 5.8:	CAD-onderrigleermateriaal is van hoogstaande gehalte.....	151
Tabel 5.9:	CAD-onderrighulpmiddele meer gereeld gebruik deur studente	154
Tabel 5.10:	Voltooiing van die CAD-program met behulp van videomateriaal	157
Tabel 5.11:	Die verstaanbaarheid van die CAD-videomateriaal	159

LYS VAN ADDENDUMS

Addendum	1.1: ETHICAL CLEARANCE APPLICATION	200
Addendum	4.1: STUDENT LETTER OF CONSENT FOR QUESTIONNAIRE	202
Addendum	4.2: STUDENT LETTER OF CONSENT FOR INTERVIEW	203
Addendum	5.1: QUESTIONNAIRE 1 st YEAR (2010) ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN STUDENTS	205
Addendum	5.2: QUESTIONNAIRE 2 nd YEAR (2011) ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN STUDENTS	209
Addendum	5.3: QUESTIONNAIRE 3 rd YEAR (2012) ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN STUDENTS	211
Addendum	5.4: WORKSHOP FEEDBACK	220
Addendum	5.5: INTERVIEW QUESTIONS FOR THIRD YEAR STUDENTS IN ENGINEERING GRAPHIC AND DESIGN.....	226
Addendum	5.6: VERKLARING VAN TAALPRAKTISYN	228

HOOFSTUK 1

INLEIDING EN ORIËTERING

1.1 INLEIDING

Hoër onderwys word gekonfronteer met 'n verskeidenheid van veranderings ten opsigte van die nuutste tegnologie. Ingenieursgrafika en -Ontwerp (IGO) is nie uitgesluit van hierdie ontwikkelinge nie. Rekenaar-ondersteunde Tekeninge (ROT) beslaan slegs 'n deel van die Verdere Onderwys en Opleiding (VOO) -kurrikulum van IGO. Die algemene term wat gebruik word vir rekenaarondersteunde ontwerp in hoëronderwys is CAD (*Computer-Aided Drawing*) en daarom sal daar vervolgens in hierdie studie nie na ROT verwys word nie, maar eerder na CAD wanneer daar na rekenaarondersteunde tekeninge verwys word. Die IGO kurrikulum het by 'n kruispad gekom waar die rekenaar as hulpmiddel gebruik word om ingenieurstekeninge makliker, vinniger, meer doeltreffend en akkuraat te ontwerp. Met 'n CAD-benadering word verseker dat onderwysstudente gehalte onderrig ontvang, en ook die geleentheid om gehalte tekeninge te lewer (Kosse & Senadeera, 2011, p.1).

Die doel van hierdie eerste hoofstuk is om die leser te oriënteer ten opsigte van die studie. Dit verskaf 'n agtergrond tot die studie, wat gevolg word deur die navorsingsvrae wat beantwoord word in die daaropvolgende hoofstukke. Dit word opgevolg deur 'n kort beskrywing van die navorsingsontwerp en -metodologie wat vir die studie gebruik is. Die uitleg van die verslag in verskillende hoofstukke word ook in dié hoofstuk ingesluit.

1.2 AGTERGROND TOT DIE NAVORSINGSPROBLEEM

Rekenaarondersteunde tekeninge (CAD) stel die tekenaar in staat om drie-dimensioneel te ontwerp sonder om eers twee-dimensioneel te teken. Kurrikulums by universiteite, kolleges en hoërskole spandeer oormatig baie tyd aan twee-dimensionele en handgeskrewe tekeninge (Hartman, 2005, p.1). Daar is verskeie redes waarom CAD nog nie ten volle deel is van die IGO-kurrikulum vir die VOO-fase nie. Opvoedkundige kwessies, tradisionele dogma en die hoë onmiddellike koste is

redes wat aangevoer word waarom CAD slegs gedeeltelik in die IGO-kurrikulum figureer. In die verlede was handgeskrewe tekeninge en twee-dimensionele tekeninge 'n kernaspek van die tekenkurrikulum. Vandag is CAD onlosmaaklik deel van die industrie. Dit het noodsaaklik geword dat sekere aanpassings gemaak word in die opleiding van onderwysstudente en leerders in CAD in die VOO-fase.

Die tradisionele tekengereedskap wat gebruik is in IGO het verander en daarom het dit noodsaaklik geword om aanpassings in die kurrikulum teweeg te bring. CAD het gekom om die tradisionele benadering tot tekenvaardighede te verbeter en nie om hierdie vaardighede te vervang nie (CAD user, 2002, p.6). Daar moet strategies beplan word om onderwysstudente in die gebruik van CAD op te lei sodat onderwysstudente in die VOO-fase op hulle beurt doeltreffende opleiding vir verskillende tekenberoepes kan verskaf. Die kontras tussen die handgeskrewe tekeninge van die VOO-fase, en die drie-dimensionele digitale tekeninge, met animasieprosesse en 3D-drukkers (3DP) in die ingenieurs- en nywerheidsbedryf, het te verwyderd geraak en die gaping moet verklein. Hierdie gaping tussen skole en die industrie kan oorbrug word met die implementering van CAD in skole (CAD user, 2002, p.3). Die insig in die proses van teken moet nie verlore raak in die doelwitbereiking van IGO nie, maar CAD moet gebruik word as 'n hulpmiddel om die leerders in die VOO-fase se tekenvaardigheid en kreatiwiteit te versterk om beter tekenaars te wees (CAD user, 2002, p.6).

Verskeie lande soos onder andere; Australië, Kanada, China, Hong Kong, Japan, Nieu-Seeland, Singapoer, Taiwan, Thailand, Verenigde Koninkryk, en die Verenigde State van Amerika, Asië, en Indië, het reeds die voortou geneem op die gebied van CAD in skole. Gedurende 2002 was meer leerders in skole in Brittanje CAD-geletterd as in die totale Britse industrie (CAD user, 2002, p.1). Figuur 1.1 toon 31 lande wat in 2012, deelgeneem het aan die jaarlikse F1-kompetisie wat daarop gemik is om 3D CAD-programmatuur te gebruik om 'n formule een-motor te ontwerp en te bou (F1 in schools, 2012).



Figuur 1.1: Skole wat in 2012 deelgeneem het aan die F1-kompetisie (F1 in schools, 2012).

Die vraag wat gevra moet word, is hoe kan die probleem oorbrug word om die skoolkurrikulum te verander om in pas te kom met vandag se rekenaar-ondersteunde tekentegnologie. Om dit te vermag, sal grotendeels afhang van die beskikbaarheid van rekenaars, programmatuur en opgeleide onderwysers.

Skole moet noodwendig nuwe tegnologie ondersoek om tred te hou met die nuutste ontwikkelinge. Rekenaarondersteunde tekening (CAD) is reeds deel van IGO in Suid-Afrika, en in lande soos Brittanje is daar al baanbrekerswerk gedoen om dié kurrikulum suksesvol aan te bied (CAD user, 2002, pp.6-7). In 2013 het die departement van onderwys in Brittanje 3DP op die proef gestel in uitgesoekte skole om deur middel van innoverende maniere ondersoek in te stel na die lewensvatbaarheid van 3DP in vakke soos Wiskunde, Fisiese Wetenskap, Rekenaarwetenskap en Ingenieursgrafika en -Ontwerp (sien 2.8, 2.9). Een en twintig skole wat van die toppresteerders in Wiskunde en Wetenskap is, is vir die projek gekies. Al die skole het 'n Makerbot 3DP gekry (Kirby, 2013). Rekenaarondersteunde tekening (CAD) in die VOO-fase is 'n stap in die regte rigting en die tegnologie kan positief aangewend word in teken- en ontwerptechnologie (CAD user, 2002, p.7).

1.3 NAVORSINGSPROBLEEM, -VRAE EN -DOELWITTE

Om CAD te integreer in IGO in die hoërondewysomgewing sal 'n verandering in onderwysstudente se onderrigmetodiek van IGO moet plaasvind. Patil en Kumar (2012, p.428) beweer dat sekere universiteite vir tegnologie en ander instansies die industrie se behoeftes verkeerd verstaan en dat universiteite en ander instansies faal in hul pogings om tegnologie in pas te bly en tegnologie in die onderskeie rigtings te implementeer. Patil en Kumar (2012, p.428) meen verder dat wanneer dit kom by ingenieurs- en masjientekeninge daar 'n sterk teoretiese agtergrond van die verskillende konsepte van tekeninge teenwoordig moet wees wat aan die behoeftes van die industrie voldoen (Patil & Kumar, 2012, p.428). Rekenaarondersteunde tekening (CAD) het meegebring dat die kurrikulum vir onderwysstudente nou oorlaai is met CAD wat deel geword het van IGO. Die kurrikulum vir IGO in die opleiding van onderwysstudente by instellings vir hoër onderwys is nog nie aangepas om by die kurrikulum vir IGO in die VOO-fase voorsiening te maak nie. Op hierdie stadium gebruik dosente wat betrokke is by onderwysersopleiding in IGO eie inisiatief om in hierdie behoefte te voorsien.

Onderwysstudente en onderwysers moet opgelei word in die nuutste rekenaarondersteunde tekentegnologie wat baie tyd en energie gaan verg. In die huidige kurrikulum in die VOO-fase word voorsiening gemaak vir 'n ou kurrikulum met handgetekende werk, maar ook vir CAD. Die huidige kurrikulum sal aangepas moet word om voorsiening te maak vir CAD om hedendaagse leerders in die VOO-fase te onderrig. Wat die probleem meer ingewikkeld maak, is dat die kurrikulum vir skole hoofsaaklik gebaseer is op hand- en instrumenttekeninge. Onderwysers en onderwysstudente is onkant betrap en moet voorberei word vir 'n verandering in die kurrikulum wat op die oomblik aan die ontwikkel is in die hoërondewysomgewing, maar reeds deel is van die skoolkurrikulum in die VOO-fase.

Die probleem word ook gekompliseer deurdat met handgeskrewe tekening daar hoofsaaklik gebruik gemaak word van 2D tekeninge, terwyl die gevorderde CAD-tegnologie 'n verskuiwing gemaak het van 2D na 3D CAD-tekening (Reffold, 1998). Ontwerpers wat gebruik maak van CAD, gebruik 3D CAD-tekeninge om 'n beter ontwerp-tekening daar te stel (McLaughlin, 2008, p.7).

Die benadering tot 3D CAD- en handgeskrewe tekeninge verskil en dit bring noodgedwonge 'n verandering in die kurrikulum mee, wat baie problematies is vir die huidige onderwysstudente wat gereed moet wees vir 'n handgeskrewe kurrikulum in skole, maar terselfdertyd voorberei moet word vir 'n nuwe era van CAD. Dit bring mee dat die IGO-kurrikulum oorlaai is, wat geweldige eise aan die IGO-onderwysstudent stel.

Die gevolg is dat die ou kurrikulum vir handgeskrewe tekeninge en die nuwe benadering van CAD-tekeninge in een kurrikulum geakkommodeer word. Dit bring mee dat onderwysstudente gefrustreerd raak omdat sekere tekenbeginsels makliker toegepas kan word met CAD, terwyl tydrowende konstruksies aangeleer moet word vir handgeskrewe tekeninge.

Die probleem wat ondersoek word in hierdie studie is die integrasie van rekenaar-ondersteunde tekeninge, CAD, as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program by die Sentrale Universiteit van Tegnologie. In die navorsing word klem geplaas op die volhoubaarheid van CAD as tekeninstrument in IGO en hoe leerders sal baat in die aanleer van CAD as 'n tekeninstrument vir IGO.

Die volgende navorsingsvrae ontstaan na aanleiding van die bostaande probleem:

- Wat is rekenaar-ondersteunde tekeninge (CAD)?
- Hoe kan die onderrig van CAD bydra tot die effektiewe opleiding van IGO-onderwysstudente by die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT)?
- Watter uitdagings lê op die pad van integrasie van CAD in die B.Ed. Tegnologie-program?
- Wat is die ervaring van die IGO-studente ten opsigte van CAD-onderrig?
- Watter bydrae kan CAD lewer ten opsigte van die opleiding van toekomstige IGO-onderwysers?

Die doelwitte behels om ondersoek te doen na:

- perspektiewe op rekenaar-ondersteunde tekeninge (CAD) deur middel van 'n literatuurstudie;
- die onderrig van CAD en hoe dit bydra tot die effektiewe opleiding van IGO-onderwysstudente by die SUT;

- uitdagings op die pad van integrasie van CAD in die B.Ed Tegnologie-program;
- die ervaring van die IGO-student ten opsigte van CAD-onderrig; en
- die bydrae wat CAD kan lewer ten opsigte van die opleiding van toekomstige IGO-onderwysers.

1.4 AFBAKENING VAN STUDIEVELD

Die studieveld waarin hierdie studie onderneem is, is hoër onderwys. Hoër onderwys is 'n studieterrrein wat nagevors word uit 'n verskeidenheid dissiplinêre perspektiewe (Tight, 2012, pp.1-3). Hierdie studie is in die multi- dissiplinêre studieveld van hoër onderwys en word geklassifiseer onder die tema onderrigleer. Die didaktiese vaardighede word ontwikkel in IGO en CAD, met akademiese vaardighede in IGO (vgl.Tight, 2012, p.9). In die studie is ook aandag gegee aan onderwysstudente se vaardighede op die gebied van CAD. Die waarde van CAD is dat dit nie net aangewend word as 'n gereedskap waarmee geteken word nie, maar dat dit ook nuttig gebruik kan word as 'n didaktiese hulpmiddel waarmee klasgegee word. Hierdie vaardighede het ontstaan uit die skoolvak IGO. Die studie is uitgevoer aan die Opvoedkunde Departement vir Tegnologie-Onderwys, Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT), Vrystaat.

1.5 BEGRIPSVERKLARINGS VIR DIE NAVORSING

Om 'n goeie begrip van die aard van die studie te verseker, is dit noodsaaklik om van die kernbegrippe in die studie te verduidelik.

1.5.1 Ingenieursgrafika en –Ontwerp (IGO)

Die waarde van Ingenieursgrafika en -Ontwerp (IGO) is om tegnologiese idees, konsepte en ontwerpe te kommunikeer deur gebruik te maak van aanvaarbare lyne en simbole. Ingenieursgrafika en -Ontwerp dien as 'n kommunikasiemiddel vir ontwerp en produksie in ingenieursdissiplines. In IGO verwys die kognitiewe vaardighede na kritiese, logiese en kreatiewe denke wat toegepas word in lewensgetroue probleme in analise en sintese (Department of Education, 2008, p.7).

1.5.2 CAD

Rekenaarondersteunde tekening (CAD *Computer-Aided Drawing*) is die gebruik van rekenaartegnologie vir die proses van ontwerp en die dokumentering van ontwerpe. Argitekte, tekenaars, ingenieurs, kunstenaars en onderwysers gebruik CAD programmatuur om tegniese tekeninge vir meganiese en siviele ontwerpe te skep (Dehue, 2012).

1.5.3 2D CAD

2D CAD kan slegs twee-dimensionele (2D) voorwerpe teken. 2D CAD word hoofsaaklik gebruik om ortografiese tekeninge te maak (Crooks, 2012).

1.5.4 3D CAD

3D (drie-dimensionele) CAD laat 'n mens toe om 'n model van die ontwerp te bou waar al die vlakke sigbaar is deur slegs die voorwerp te roteer. Ortografiese projeksies kan geprojekteer word met spesiale kameras en tekenaansigte (Crooks, 2012).

1.5.5 CAD-onderrig

CAD-onderrig is om studente te leer om die basiese teoretiese agtergrond van CAD te verstaan, te verduidelik en te kan toepas in verskillende omstandighede. Die studente moet toegerus word met CAD-kennis en CAD-vaardighede (Asperl, 2005, pp.463-64).

1.5.6 3D-Drukker

'n 3Ddrukker of 3D *printer* (3DP) soos dit in die volksmond bekend staan, is uitdrukke wat laag op laag gedruk word sodat dit tot 'n 3D vorm groei. Hierdie proses staan ook bekend as toevoegingsvervaardiging of meer bekend as *Additive Manufacturing* (AM) (Dehue, 2012).

1.5.7 3D-Drukwerk

3D-drukwerk staan ook bekend as Drie-Dimensionele drukwerk of *Three Dimensional Printing* (3DP). *3D Printing* is 'n generiese term vir die proses wat gebruik maak van *Inkjet*-tegnologie om drie-dimensionele voorwerpe te druk (Dehue, 2012). In dié studieverlag word gebruik gemaak van die term *3D printer* of kortweg verwys na 3DP.

1.5.8 Vinnige prototipering

Die benaming *3D Printing* (3DP) en vinnige prototipering, meer bekend as *Rapid Prototyping* (RP), word baie keer parallel aan mekaar geplaas en beskou as dieselfde metode van werking. Daar is ook vergelykings en ooreenkomste wat getref kan word wanneer na 3DP en RP gekyk word. Byvoorbeeld, in beide *3D Printing* en *Rapid Prototyping* -tegnologie groei die model laag vir laag van 'n 'STL'-data, maar daar is ook verskille. Gewoonlik maak 3DP kleiner onderdele: 3DP is ook goedkoper om vanaf te druk, maar ook goedkoper om te onderhou, met 'n kleiner materiaalkeuse. 3DP is ook minder kompleks en makliker om te gebruik (Dehue, 2012). Terwyl *Rapid Prototyping* meer gespesialiseerd is wanneer dit kom by vorm, pas en funksies van modelle (Plastics Technology, 2009). *Rapid Prototype* word vrylik gebruik waar prototipes gemaak word vanaf digitale data (Gibson, Rosen & Stucker., 2010, p.1).

1.5.9 Ander terminologie gebruik

In sekere gevalle is verkies om van Engelse benaminge gebruik te maak omdat direkte vertalings, tydens die navorsing, vreemd en nie algemeen in gebruik was in die Afrikaanse volksmond.

1.6 NAVORSINGSONTWERP EN -METODOLOGIE

Die navorsingsontwerp kan gesien word as die beplanningsfase en die insameling en organisasie van inligting. In hierdie afdeling was die navorsingsmetodologie en die prosedure wat in die studie gevolg is, beskryf.

1.6.1 Literatuuroorsig

Rekenaarondersteunde tekeninge (CAD) beslaan slegs 'n deel van die kurrikulum van Ingenieursgrafika en -Ontwerp (IGO). Die Ingenieursgrafika en -Ontwerp-kurrikulum het by 'n kruispad gekom waar die rekenaar as hulpmiddel gebruik word om ingenieurstekeninge makliker, vinniger, meer doeltreffend en akkuraat te ontwerp.

Rekenaarondersteunde tekeninge (CAD) stel die tekenaar in staat om driedimensioneel te ontwerp sonder om eers twee-dimensioneel te teken. Die IGO-Leerplan by universiteite en hoërskole spandeer nog oormatig tyd in hulle kurrikula aan twee-dimensionele en handgeskrewe tekeninge (Hartman, 2005, p.1).

'n Deeglike literatuurstudie is gedoen en 'n oorsig daarvan word in Hoofstuk 2 gegee om die inligting wat versamel is oor CAD, die gebruik van CAD en die bydrae wat CAD lewer tot die leerder se tekensvaardighede in IGO op skoolvlak, en watter bydrae hierdie navorsing kan lewer in die opleiding van die IGO-onderwyser, te bespreek. Die onderrigmetodes wat gebruik word in die onderrig van CAD word in Hoofstuk 3 bespreek. Inligting is versamel oor die gebruik van CAD in ander lande en watter voordeel hierdie inligting kan inhou vir die kurrikulum vir IGO in Suid-Afrika.

Tydens die aanvang van die studie in 2010 is gevind dat daar 'n beperkte hoeveelheid bronne beskikbaar was veral om 'n deeglike literatuurstudie te kon doen en was die skrywer genoodsaak om van internet bronne gebruik te maak. Dit is ook belangrik om daarop te wys dat die datum wat in die bronnelys verwys na wanneer die website ontwerp is en nie na die laaste datum van opdatering nie. Sekere erkende webwerwe toon 'n verouderde datum maar is nie noodwendig verouderde data omdat dit moontlik is dat webwerwe anders as boeke bykans daagliks ongedateer kan word.

1.6.2 Empiriese ondersoek

Die empiriese ondersoek is 'n poging om insigte wat deur middel van die teoretiese ondersoek versamel is, te gebruik om te bepaal of persone wat met veranderinge sukkel, daadwerklik gehelp kan word om die situasie meer effektief te hanteer. In hierdie studie word die gebruik van CAD by IGO studente ondersoek en 'n daadwerklike poging word aangewend om die leerproses effektief te verander.

1.6.2.1 Teoretiese raamwerk

Die studie het sy vertrekpunt vanuit 'n konstruktivistiese en 'n pragmatiese paradigma wat ook gelei het tot die keuse van aksienavorsing. Alhoewel die hoofbenadering die konstruktivisme is, is daar elemente van 'n post-positivistiese paradigma teenwoordig as gevolg van vraelyste wat onder andere geslote vrae insluit. Daar word gekyk na die gevolge van 'n aksie wat probleem-gesentreerd is. In die vraelyste is geslote en oop vrae gebruik om data te verkry om verskeie aksies op probleemstellings te toets. Die navorser het inductief en deduktief te werk gegaan met die analise van die kwalitatiewe en kwantitatiewe data. Konstruktivisme word geassosieer met kwalitatiewe navorsing waar die deelnemers hulle interpretasies weergee van hulle ervarings binne 'n sosiale konteks (Creswell & Plano Clark, 2007, p.22). In die onderrig van CAD word die konstruktivistiese geïnspireerde beskouing gebruik om moontlikhede te skep vir die leerder om oplossings te vind om probleme op te los. Hierdie teorie help leerders om die kennis van CAD te internaliseer en te hervorm en tot nuwe oplossings te kom (Jacobs, 2004, p.46). Binne 'n pragmatiese paradigma word daar gefokus op die praktiese gevolge eerder as teorie (Ivankova, Plano Clark & Creswell., 2012, pp.269). Weens die praktiese aard van CAD, en met 'n verskeidenheid moontlikhede en kombinasies van moontlikhede vir die verkryging van data, bied die pragmatiese paradigma die beste oplossing vir die studie (Ivankova et al., 2012, pp.22 - 27). In die pragmatiese wêreldbeskouing word gefokus op die vraag wat gevra word eerder as die metode. Daar word gefokus op dit wat werk in die praktyk (Ivankova et al., 2012, p.269). In die navorsingsproses is gebruik gemaak van 'n aksienavorsingsontwerp. Hier het die navorser sy eie handeling nagevors deur krities te kyk na sy eie werk en daaroor te reflekteer. Die gebruik van kwantitatiewe en kwalitatiewe vrae het bygedra tot werklike insig in die probleem waarmee CAD te kampe het in die onderwys. Die kwantitatiewe vrae ondersteun die kwalitatiewe vrae; die twee benaderings komplementeer mekaar en die triangulering van die data het

bygedra dat tot oplossings vir die navorsingsprobleem gekom kon word (vgl. Ivankova et al., 2012, p.2 69).

Hierdie studie vorm deel van tegnologie binne die vakgebied IGO en het raakpunte met die meganiese en siviele ingenieursveld. Die gebruik van rekenars speel hier 'n belangrike rol en die kombinasie van kognitiewe en handvaardigheid word beklemtoon.

Abraham (2008, pp.1 - 2) sê: “Engineering drawing is the language of engineers. All engineers with few exceptions need to learn this language and its grammar as they either create or become consumers of ... (sic) engineering drawings.”

Ontwerp word in die studie onder die vergrootglas geplaas en daar is spesifiek ondersoek ingestel na die bydrae van CAD in die teken- en ontwerpproses.

'n Literatuurstudie is onderneem om 2D- en 3D-tekeninge in die proses te ondersoek en ook hoe 3D-drukwerk (*printing*) 'n revolusionêre verandering in die ontwerpproses teweegbring.

Volgens Abraham (2008, p.2) is ingenieurstekening die taal van ingenieurs. Abraham stel dit verder soos volg: “ ... the simple answer to a question often asked 'whether 2D or 3D?' is simply '2D AND 3D'. It's not one or the other - 2D and 3D complement each other and are part of the engineer's language (Abraham, 2008, p.2).

1.6.2.2 Navorsingsmetode

In die studie het die navorser deur middel van aksienavorsing gepoog om die navorsingsvrae te beantwoord. Die navorsingsmetodologie is die beginsels, prosesse en prosedures waarvolgens die probleem benader word (sien 4.2). In die studie is 'n kombinasie van die kwalitatiewe en kwantitatiewe navorsingsmetodes gebruik om data te versamel in 'n aksienavorsingsproses (vgl. Niewenhuis 2007:p.74). Die kwalitatiewe vrae in die navorsing het op afleidings berus. Menings is verkry van die studente wat aan die studie deelgeneem het terwyl in die kwantitatiewe vrae was daar gefokus op die beskrywing van die statistiese data. Beide die eienskappe van die kwalitatiewe en kwantitatiewe vrae is tot voordeel van hierdie studie gebruik. Die

kombinering van meer as een benadering in die data-insamelingsproses word ook triangulasie genoem. Triangulasie het die geloofwaardigheid van die studie verhoog en ook die standpunte in die studie ondersteun (sien 4.2).

1.6.2.3 Aksienavorsingsontwerp

Aksienavorsing help die navorser om te leer deur ervaring. Deur refleksie te doen oor dit wat reeds gedoen is, plaas ervaring in perspektief en help om 'n situasie beter te hanteer. Die aksienavorsing is met groepe studente gedoen en die gesamentlike ondersoek het daartoe bygedra om probleme op te los en situasies te verbeter. Die aksienavorsing is in vier siklusse afgehandel en het oor 'n tydperk van drie jaar gestrek. Die siklusse is voltooi deur 'n identifisering van 'n plan vir 'n probleem, 'n aksie wat op die plan volg, observasie wat gedoen word en refleksie op die gebeure wat plaasgevind het (sien 4.3). Sodanige sistematiese siklus het 'n oop einde en word voortgesit totdat sukses behaal is (Nieuwenhuis, 2012, pp.74 - 75).

1.6.2.4 Dataversamelingstegnieke

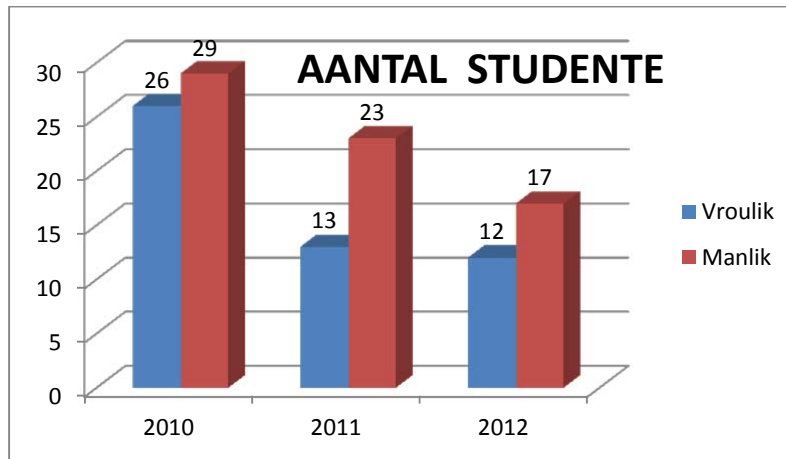
Vraelyste met oop en geslote vrae is gebruik om die data te versamel. Soos McNiff (2005) verduidelik, is elke aksienavorsingsproses uniek en moet daarop vrae gekonsentreer word soos die wat, wie, watter, wanneer, waar en hoekom (McNiff & Whitehead, 2005, p.6). Omdat hierdie studie oor 'n nuwe en ontwikkelende fase van CAD en die integrering daarvan in die IGO-kurrikulum handel, lewer aksienavorsing 'n belangrike bydrae in die poging om deur middel van die deelnemers (studente) data in te samel ten einde die navorsingsvrae te beantwoord (sien 4.3). Die deelnemers aan die aksienavorsing was studente van SUT se onderwysdepartement. Onderrighulpmiddels soos die gebruik van videomateriaal, *Blackboard* en *Respondus* is ondersoek om die doeltreffendheid van lesaanbieding in CAD te verbeter. Tydens die praktiese sessie is waarneming in die klas gedoen om te bepaal waar leemtes is en op grond daarvan is aanpassings gemaak. Vraelyste is gebruik om die menings van onderwysstudente in te samel oor die gebruik van CAD in IGO. Telkens as die siklus voltooi is, is daar met 'n nuwe siklus van ondersoek begin: die soeke na oplossings vir die probleem, en die implementering, toetsing en evaluering van 'n plan (sien 4.3). Onderhoude is afsonderlik gevoer met derdejaars wat in 2013 die eerste jaargroep was wat 3DP prakties gedoen het.

1.6.2.5 Data-analise

In die studie is gebruik gemaak van persoonlike ervaring, waarneming, 'n analitiese literatuuroorsig, en vraelyste en onderhoude om data te versamel om moontlike struikelblokke te identifiseer en oplossings te vind wat die integrasie van CAD in die B. Ed. Tegnologiekurrikulum aan die SUT te bewerkstellig. Kwantitatiewe en kwalitatiewe dataversamelingstegnieke is toegepas en die geldigheid en betroubaarheid van die data is verseker deur triangulasie. Die vordering is deurentyd gemonitor en aanpassings is aan die kurrikulum gedoen waar nodig geag. Data wat versamel is, in temas georganiseer en in kategorieë ingedeel, waarna afleidings gemaak en gevolgtrekkings gemaak is (sien 4.6, 4.7). Die resultate sal deur middel van tabelle en sirkeldiagramme aangebied word.

1.6.2.6 Teikengroep en populasie

Die teikengroep was deurgaans dieselfde groep IGO-onderwysstudente wat vir drie agtereenvolgende jare 'n vraelys moes voltooi oor hul ervaring van CAD (sien Addendums 5.1, 5.2 en 5.3) Die keuse van 'n teikengroep in aksienavorsing is belangrik (in die geval studente), omdat hulle die navorsing 'besit' en vennote word in die uitvoering van die navorsing (Nieuwenhuis, 2012, p.74). Die eerstejaar-IGO-onderwysstudente aan SUT was 'n groep van 55 onderwysstudente wat oor 'n tydperk van drie jaar aan die einde van elke jaar 'n vraelys voltooi het. Soos in Figuur 1.2 aangedui, het die getalle afgeneem en in die tweede jaar het 36 onderwysstudente die vraelyste voltooi en in hul derde jaar 29.



Figuur 1.2: Afname van IGO-studentegetalle vanaf 2010 tot 2012

In 2013 is die eerste 3DP geïnstalleer en die derdejaarstudente het hul eerste ervaring met 3DP gehad. Onderhoude is met die groep gevoer om data te versamel oor hul persoonlike praktiese ervaring met 3DP (sien 5.12).

1.7 WAARDE VAN DIE NAVORSING

Opkomende IGO-onderwysers sal voortaan toegerus word om met CAD te kan teken en dit aan die leerders in die VOO-fase te kan verduidelik. Met die studie word die belangrikheid van die integrering van CAD in die kurrikulum van IGO beklemtoon.

In die verlede is daar klem gelê op die tekenmetodes, en is daar hoofsaaklik gebruik gemaak van tekenborde, tekenhake, driehoek, potlood en ander tekeninstrumente. Stelselmatig word tekenborde nou verruil vir nuwe tegnologie (Abraham, 2008, p.1).

Hierdie navorsing is uitgevoer om die noodsaaklikheid van die integrasie van CAD in IGO te beklemtoon, asook die waarde van CAD en 3DP vir IGO as skoolvak. Die moontlikheid om 'n model van 'n getekende ontwerp te kan vorm, verhoog die waarde van die ontwerpproses en bied vir die gebruiker 'n bruikbare produk. Hierdie beginsels kan bekostigbaar in 'n klas toegepas word en van waarde wees vir toekomstige ingenieurs, argitekte, ontwerpers, en toetreders tot die kunste en mediese beroepe (sien 2.8). CAD lewer 'n bydrae tot Natuur- en Fisiese Wetenskappe, Tegnologie, Ingenieurswese en Wiskunde, en ontwikkel vaardighede wat 'n bydrae maak tot die ontwikkeling van ontwerp- (sien 2.9), ingenieurs- en tegnologiese rigtings. Hierdie aanpassing in IGO sal die belangstelling in tegnologie by die leerders prikkel, en die vak interessant en lewendig hou sodat die tegnologie

teruggeploeg word in die arbeidsmag. Die volhoubaarheid van die vak is van groot waarde en sal 'n impak maak op verskeie beroepsrigtings (sien 2.9). Die navorser vertrou dat die studie 'n betekenisvolle bydrae maak tot moderne onderwystegnologie. Die implementering van die bevindinge van die studie kan lei tot 'n aansienlike verbetering in die kwaliteit van tegnologieonderwys, terwyl die vryheid wat dit aan studente se verbeelding en vermoë om te ontwerp gee, bykans geen perke het nie (Zongyi, Kaiping & Bing, 2003, p.121).

1.8 ETIESE OORWEGINGS

Etiese maatreëls is gedurende die studie eerbiedig. Die nodige toestemming is van die Direkteur van die Departement Onderwys van die SUT verkry om vraelyste te versprei en te laat invul deur onderwysstudente. Onderwysstudente wat aan die studie deelgeneem het, se anonimiteit is beskerm. Die onderwysstudente en ander deelnemers het vrywillig betrokke geraak en 'n magtigingsbrief om die navorsing te doen, is onderteken. Die nodige magisterstudieooreenkoms insake navorsing van die Universiteit van die Vrystaat is onderteken en eerbiedig. Toestemming is verkry van die Fakulteit Opvoedkunde se Etiese Komitee om die studie uit te voer (Addendum 1.1).

1.9 UITLEG VAN DIE VERSLAG IN HOOFSTUKKE

Die uiteensetting van die hoofstukke word in die volgende tabel (Tabel 1.1) opgesom:

Tabel 1.1: Uitleg van die studie

Hoofstuk	Beskrywing
1	Inleiding en oriëntering
2	Van CAD tot 3DP
3	Perspektief op effektiewe IGO-onderrigmetodes
4	Die navorsingsontwerp en -metodologie
5	Data-analise en -interpretasie
6	Opsomming, gevolgtrekkings en aanbevelings

1.10 SAMEVATTING

In Hoofstuk een is die integrasie van rekenaarondersteunde tekeninge (CAD) as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program by die Sentrale Universiteit van Tegnologie bespreek. In die hoofstuk word 'n oorsig van die studie gegee en 'n uiteensetting van die volgorde van die studieverslag aangedui. Daar word gefokus op die hooftrekke van probleemstelling en probleemvrae. Die navorsingsontwerp en -metodologie is uiteengesit, en die literatuur- en empiriese ondersoek is kortliks bespreek. Die aksienavorsingsmodel en data-insameling deur vraelyste, onderhoude en waarneming, wat vir die empiriese ondersoek gebruik is, is toegelig. Die volgende hoofstukke sal 'n uitbreiding wees op hoofstuk een. Hoofstukke twee en drie behandel die literatuurstudie met 'n beklemtoning van die waarde van CAD en 3DP vir IGO. Hoofstuk drie gee 'n perspektief oor effektiewe onderrigmetodes.

HOOFSTUK 2

VAN CAD TOT 3D-DRUKWERK

2.1 INLEIDING

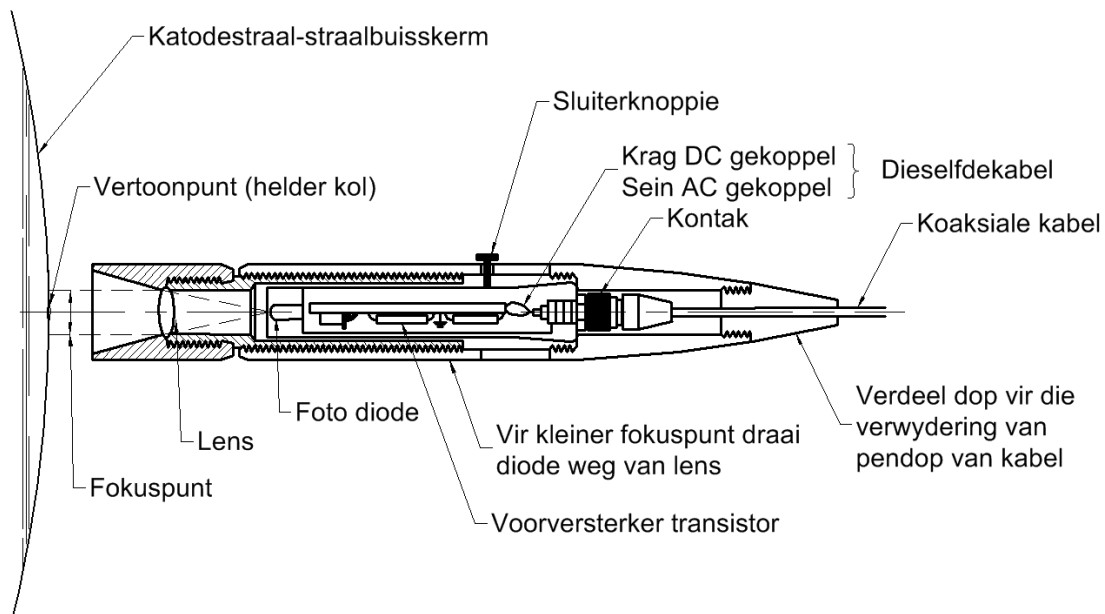
Rekenaarondersteunde Tekeninge, of soos dit algemeen bekendstaan *Computer-aided Drawings* (CAD) ondergaan tans 'n kennis- en vaardigheidsontploffing en dit lei tot 'n totale omwenteling in die teken- en ontwerpbedryf. Na aanleiding van die navorsingsvrae word in hierdie hoofstuk veral gefokus op die volgende drie navorsingsvrae: “Wat is CAD?” en “Watter uitdagings lê op die pad van integrasie van CAD in die B.Ed.-Tegnologie program?” (sien 1.3). 'n CAD-tekening is soos 'n potloodskets en vorm vektore van lyne. Elke reël in die CAD-tekening is 'n wiskundige berekening met 'n spesifieke oorsprong en eindpunt wat 'n spesifieke dikte en kleur het. CAD-tekeninge word gestoor in 'n lys van wiskundige formules (Glasgow, 2000 - 2011). Dit is veral met die koms van 3D-drukkers dat mense verstom staan oor CAD-tegnologie en 'n mens verbaas toekyk wat in die tegnologie aan die gebeur is. Dit wat die mens in CAD ontwerp, kan drie-dimensioneel (3D) gedruk word. Afhangende van die kompleksiteit en grootte kan so 'n voorwerp binne 'n paar minute tot 'n paar uur tot 'n akkurate prototipe vervaardig word. Hierdie prototipe word tot die naaste mikron gedruk in plastiek, hars, porselein, glas, metaal en met goud oorgeblaas word. Daar word met menslike selle organe gedruk wat gereed is vir oorplanting. Volgens Leë Cronin, 'n chemie- professor by die Universiteit van Glasgow, is dit reeds moontlik om medisyne na behoefte te druk met 'n 3D molekulêre drukker (Lillie, 2012).

2.2 DIE ONTSTAAN VAN CAD

Die eerste navorsingsvraag oor wat CAD is (sien 1.3), word in hierdie afdeling vanuit 'n historiese hoek bespreek. Die eerste CAD-tekeninge het 'n omslagtige, stadige proses behels en was glad nie gebruikersvriendelik nie. Die eerste opgetekende bewys van 'n tekenprogram strek so ver terug as 1960 toe daar gebruik gemaak is van 'n ligpen (Sutherland, 2003, pp.3,31).

2.2.1 Die ligpen-program (*sketchpad*)

Die eerste opgetekende CAD-program is dié van Ivan Sutherland in die vroeë 1960's wat deel was van sy doktorsale studie. Die ligpen, soos verduidelik word in Figuur 2.1, is 'n vereenvoudigde program wat moeilik en ingewikkeld was om mee te werk. Die program kon slegs twee-dimensioneel (2D) teken. Met 2D is slegs aansigte soos byvoorbeeld 'n voor- of boaansig van 'n voorwerp sigbaar. Gespesialiseerde kennis oor tekening is nodig om tekeninge in 2D te teken en te verstaan. Sutherland het gebruik gemaak van 'n ligpen, waarmee hy op die monitorkerm van die rekenaar geteken het (sien Figuur 2.1 (Sutherland, 2003)).



Figuur 2.1: Ligpen (Sutherland, 2003)

Die program waarin die ligpen gebruik is, staan bekend as *sketchpad*. Ivan Sutherland se idee met die ontwikkeling van die *sketchpad*-program was om die rekenaar meer toeganklik te maak vir die abstrakte gebruiker, soos kunstenaars en tekenaars.

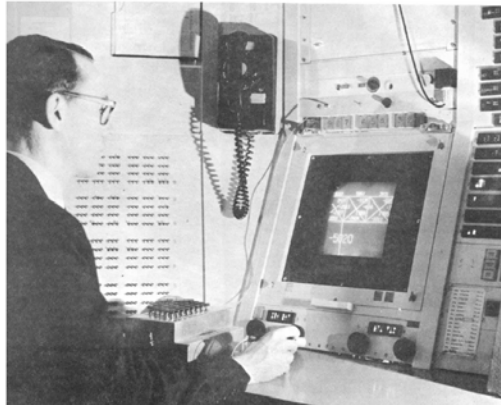


Foto 2.1: Sketchpad-rekenaar (Sutherland, 2003, p.20)

In Foto 2.1 hou die tekenaar die ligpen vas met die drukknopskakelaars sigbaar aan die linkerkant met 'n bord met aantal knikskakelaars wat die verskillende funksies op die rekenaar verstel het. Die vier knoppe aan die onderkant het die grootte van die tekening op die skerm verstel (Sutherland, 2003, p.20).

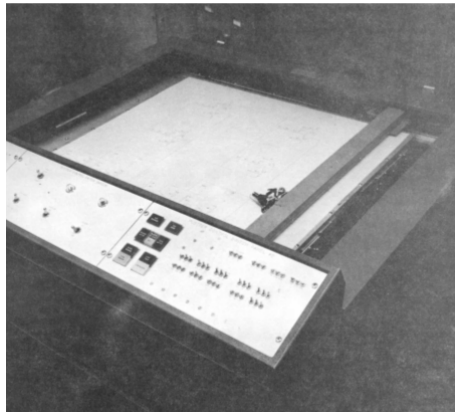


Foto 2.2: Plotter (Sutherland, 2003, p.21)

Die *plotter* (stipper) in Foto 2.2 word gebruik saam met die *Sketchpad*. 'n Digitale en analoog kontrole-sisteem is gebruik om reguit lyne en sirkels te trek. Baie min van hierdie stelsels is gemaak omdat die vervaardigingskoste van 'n *plotter* in die sestigerjare \$ 500 000 beloop het. David Evans en Ivan Sutherland het in die laat sestigerjare die Evans en Sutherland Rekenaarkorporasie gestig, bekend as E&S, wat as een van die leiers in die grafiese werkstasie in die CAD-omgewing bekend was. Daar het ook ander 2D (twee-dimensionele) CAD-sagteware in die tydperk ontstaan wat hoofsaaklik in die Wiskundige Laboratorium ontwikkel is en later is dié CAD-ontwikkeling benoem as die Departement van Rekenaarwetenskap (CADAZZ,

2004). Die Europese navorsers het ook in 1965 aktief begin om navorsing te doen oor 3D sagteware. Hierdie navorsing is gedoen in die Rekenaarlaboratorium van die Cambridge Universiteit. Die kommersiële waarde van CAD-sagteware het eers in 1975 te voorskyn gekom. Franse navorsers het in die 1960's begin navorsing doen oor 3D kurwes en vlak geometriese berekeninge. Teen die einde van die sestigerjare het kommersiële CAD-sagteware begin groei en heelwat maatskappye, wat insluit Applicon, Auto-trol, Computorvision, Evans and Shutherland, McAuto, SDRC en United Computing het ontstaan (CADAZZ, 2004).

2.2.2 Die CAD-analiseringsprogram

In 1967 is 'n maatskappy met die naam Structural Dynamics Research Corporation (SDRC) deur Jason Lemon gestig. Lemon se visie was nie gefokus op die 2D-mark soos Sutherland s'n nie, maar op dié van ontwerp en hy het gespesialiseer in struktuur-dinamika en meganiese vibrasie. Lemon ontwikkel die eerste toets analise en analiserings-program. Die motor-maatskappy, General Motors, was die eerste om die SDRC-sagteware in voor- en na-analise van 'n ontwerp te toets. SDRC het die eerste keer in 1982 hul I-DEAS sagteware bekendgestel om die meganiese rekenaargesteurde programmatuurmark te betree. Die program, I-DEAS, word veral in die motorbedryf, ruimtevaart, verdediging, elektronika en vir verbruikersprodukte, industriële toerusting en energieproses-produkte aangetref. Die grootste inkomste het uit die motorbedryf gekom (Carlson, 2003, p.np).

2.2.3 Implementering van CAD in die kommersiële wêreld

In 1970 het CAD vir die eerste keer deel geword van die kommersiële wêreld. CAD is veral gebruik in die motor- en lugvaartbedrywe en deur verbruikers van elektriese en elektroniese toerusting. Komersiële CAD-sagteware wat in die sewentiger-jare gebruik is, was veral Auto-trol's Auto-Draft, Calma, Computorvision's, CADDs, IBM's CADAM, M & S Computing's IGDS, en McAuto's Unigraphics (CADAZZ, 2004, p.np).

2.2.4 Die ontwikkeling van 3D CAD-sagteware

Tussen 1970–1977 is daar hoofsaaklik gebruik gemaak van 2D-tekeninge. Die voordeel van dié 2D-CAD was dat 'n afname in tekenfoute voorgekom het, anders as met handgeskrewe tekeninge kon 2D CAD tekeninge verander en hergebruik word. Vesprille's het van die mees invloedryke werk op die gebied van 3D CAD-sagteware by die Universiteit van Syracuse gedoen. Hierdie navorsing is op die gebied van komplekse 3D oppervlak-modellering in 3D CAD gedoen (CADAZZ, 2004). Dit is vandag nog die basis van oppervlak- en kurwe-ontwikkeling in 3D CAD-tekeninge. In 1977 word begin met die ontwikkeling van 3D CAD-sagteware genaamd Rekenaargesteuende drie-dimensionele interaktiewe toepassing. Die eerste 3D-soliede modelleringsprogram is vrygestel deur SynthaVision van die Mathematics Application Group, Inc (CADAZZ, 2004). Hierdie 3D modellerings-program is nie ontwikkel vir 3D CAD-tekening nie, maar vir 3D-analise van die kern-blootstelling van bestraling. SynthiaVision se 3D-modelle was soliede modelle, soortgelyk aan konstruktiewe soliede geometrie-modelle wat gebruik is vir latere 3D CAD-sagteware. Uitgebreide soliede modellering is later gedoen deur 'n span onder leiding van Charles Lang van die Universiteit van Cambridge en Herb Voelcker van die Universiteit van Rochester (CADAZZ, 2004).

2.2.5 Die programmering van CAD

In die sewentigerjare is daar besondere aandag geskenk aan programmering van CAD. In dié tyd het rekenaars meer toeganklik begin word vir die gemiddelde persoon en kleiner maatskappy kon begin gebruik maak van rekenaars.

Die toenemende verbetering van rekenaars, asook die verbetering van spoed en groter geheue het CAD programme in die 1980's meer toeganklik gemaak vir Ingenieursgrafika en -ontwerp. Die programmerings-taal het 'n hoogtepunt bereik wat veral deur die programmerings-taal UNIX oorheers word. Hewlett-Packard bring die eerste generasie tafel- (*desktop*) rekenaars op die mark met 'n reeks genoem HP9845. Vir die eerste keer was rekenaars nie meer afhanklik van 'n verskaffer (*server*) nie, maar is bedien deur 'n rekenaar-werkstasie. Rekenaars kon dus nou as alleenstaande werkstasies in huishoudings gebruik word (CADAZZ, 2004).

2.2.6 CAD sagteware vir “desktop” rekenaars

Die tagtiger-jare van die vorige eeu sal veral bekend staan as die tydperk waartydens sagteware ontwikkel het. Sagteware is die deel van 'n rekenaar wat nie sigbaar is nie. Sagteware bestaan uit 'n aantal programme wat bekend staan as rekenaar-taal en word geskryf om die hardeware van die rekenaar te beheer. Dit was die tyd toe die rekenaars die mark begin oorheers het en sagteware- en hardeware-pakkette saam verkoop is vir die waarskynlik kommersiële potensiaal. CAD-sagteware is ook in hierdie tyd gebruik om rekenaars te verkoop. 'n Ooreenkoms is tussen IBM en 'n CAD-sagteware-maatskappy gesluit wat bekend staan as CATIA CAD-programmatuur. Die eerste 3D oppervlak-modelle, is in 1982 vrygestel. Auto Desk was die eerste CAD-sagtewareprogram vir persoonlike rekenaars en 'n AutoCAD is in November 1982 vrygestel. AutoCAD het 'n aansienlike marktaandeel in die 1980's gehad. In die 1980's het 3D CAD-sagteware begin gebruik maak van soliede modellering. Soliede modellering is die rekenaarproses wat gebruik word om 3D-modelle op die rekenaar oor te trek met 'n spesifieke materiaal wat dan sekere foto-eienskappe aan die model gee. Dit was ook aan die einde van die 1980's dat die eerste 3D-kleurweergawe die mark bereik het (CADAZZ, 2004).

In 1986 het die sagteware-ontwikkelaars ANVIL-5000 'n 3D- meganiese CADD/CAM/CAE-sagtewaresisteesem ontwikkel wat 'n kragtige ten volle geïntegreerde stelsel vir daardie tyd was en wat vir die eerste keer op 'n persoonlike werkstasie geïnstalleer kon word. In die 1990's het die Lugredery daarin geslaag om met CATIA-sagteware 'n papierlose ontwerp te maak en sodoende kon die Boeing maatskappy geld en tyd bespaar. Boeing se sukses het ander lug- en ruimte, asook die motorbedryf gemotiveer om CAD-sagteware te standaardiseer. Hierdie kompetisie het veroorsaak dat drie sagteware-maatskappye, Unigraphics, CATIA en Pro/Engineering, in 1991 gebaat het by die standaardisering van CAD-sagteware (CADAZZ, 2004). Teen 1992 het die UNIX werkstasie die CAD-sagtewarebedryf oorheers en geen nuwe CAD-sagteware het in dié tyd ontstaan nie, as gevolg van die oorheersing van die hoofraamstelsel wat van 'n een toring server voorsien is. Hierdie siening het verander toe die skokgolwe van IBM se reuse verlies van \$5 biljoen die wêreld in 1992 tref. Dit was as gevolg van die toenemende vraag na lae koste, oop rekenaarstelsels.

'n Probleem was dat ACIS, Parasolid en Designbase die lisensieregte besit het van 3D soliede modellering wat geïntegreer word om aan CAD-sagteware 'n vaste modelleringsfunksie te voorsien. Om 'n CAD-sagteware-program te ontwikkel neem baie jare. In 1993 het SolidWorks dit reggekry om in minder as 'n jaar sagteware te ontwikkel en vry te stel (CADAZZ, 2004).

In die 1990's is die CAD-sagteware gekenmerk deur twee belangrike veranderings: die 3D CAD-sagteware-ontploffing en produkdata-bestuur (PDM). Die PDM is 'n program wat handel oor die bestuur en verandering van tekening en verwante tekeninge, asook die beheer van groot databasisse. Tekeninge wat geskep is in 3D CAD word vir die eerste keer deur PDM beheer, verander en gestoor.

Met die vrystelling van SolidWorks 95 3D CAD-sagteware in 1995 het ander CAD-sagteware onmiddellik hulle sagteware in heroënskou geneem. Dit het meegebring dat ander CAD-sagteware hulle fundamentele produk moes verander en terugkeer na die tekenbord. Teen die einde van 1995 moes CAD-sagteware-skrywers 'n keuse maak om die huidige UNIX-produk te gebruik of om oor te skakel na Windows NT as werkbasis. Dit was duidelik dat die UNIX se prestasie-voordeel aan die verbrokkel was met die uitrol van Intel-rekenaars en die Pentium-rekenaarverwerkers. In 1996 het die sagteware ontwerper, Autodesk, die program Mechanical Desktop vrygestel en dit het die nommer een programverkoper in die wêreld geword. Dit was onvermydelik dat CAD-sagteware sou gebruik maak van PDM-stelsels vir toekomstige groei. Na die PDM-stormloop was die volgende belangrike stap om CAD-sagteware internet-gekoppel te kry.

Die 3D CAD-sagteware het volledige 3D-modellering toegelaat op die webwerf (WEB). Die eerste WEB-geaktiveerde CAD-sagteware word in 2000 vrygestel. CAD-tekeninge kon nou op die webblad besigtig word en aanlyn-samewerking vind plaas met Microsoft Net *meeting* (CADAZZ, 2004). Die hoofdoel was dat 3D modelle toegelaat word om op die WEB-blaai te bou van internet- tot intranet-tussenvlak vir die PDM-stelsels. Die eerste wat voordeel getrek het uit die integrasie van CAD-sagteware oor die netwerk was die Boeing 777-projek. Meer as 10 000 mense was betrokke by die projek (Shore, 2009).

Op hierdie stadium was die oorheersende nuus dié van Parametriese Tegnologie, verkry van Computer Vision, en hoe dit die CAD-sagteware-industrie beïnvloed het.

Daar is op hierdie stadium nie veel vordering gemaak op die gebied van 3D CAD-programmatuur nie, en die meeste vooruitgang is op die gebied van 2D CAD-programmatuur gemaak. Die CAD-sagteware het in die jaar 2000 steeds gefokus op webgebaseerde CAD en die eerste program gebaseer op ruimtelike tegnologie ACIS, genaamd Alibre Design, is vrygestel. Hierdie program het die webgebruiker in staat gestel om 3D-modellering op die internet uit te voer, gebaseer op Spatial Technology's ACIS (CADAZZ, 2004). ACIS is 'n ruimtelike modelleringskomponent, wat aangedryf word deur 'n oop objekgeoriënteerde C++ argitektuur, wat robuuste 3D-modelleringsvermoëns moontlik gemaak het (Spatial, 2011).

Die Ford motormaatskappy was die eerste om die Ford Mondeo op die Internet met behulp van Ford se C3P- (CAD CAM CAE PDM) platform teen 'n derde van die tradisionele tyd te ontwerp. Dit het aan Ingenieursgrafika en -ontwerp die geleentheid gegee om saam te werk aan die digitale meester. Hierdie konsep het meegebring dat meer as een persoon tegelykertyd aan een ontwerp kon werk en dat daar minder tyd verloop het met die voltooiing van 'n ontwerp. In die volgende afdeling sal gekyk word watter invloed CAPS (*Curriculum and Assessment Policy Statement*) op CAD in IGO het. In hierdie studie word daar na CAPS verwys eerder as KABV, omdat CAPS die meer algemene term is wat gebruik word onder onderwysers en opvoedkundiges. Ingenieursgrafika- en Ontwerptekeninge word by die Departement van Wiskunde, Wetenskap en Tegnologie van Opvoedkunde by die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT) aangebied (Central University of Technology, 2013, p.443).

Die uitdagings wat op die pad van die integrasie van CAD in die B.Ed.-Tegnologieprogram lê, word in hierdie afdeling bespreek (sien 2.3). Die vak IGO het in Verdere Onderwys en Opleiding (VOO) sy ontstaan te danke aan die ou Tegniëse Tekene. 'n Belangrike klemverskuiwing is aan die ou Tegniëse Tekene aangebring en soos die naam aandui is die IGO in twee kategorieë verdeel, naamlik Ingenieursgrafika- en Ingenieursontwerptekene, Grafika en Ontwerp. Die belangrikste toevoeging tot IGO is die ontwerp- en CAD-gedeelte wat waarde tot die vak toevoeg. Die vereistes vir die onderrig van CAD in skole word in die Kurrikulum- en assesseringsbeleidsverklaring (KABV), wat kortweg in die skole bekendstaan as CAPS (*Curriculum and Assessment Policy Statement*), saamgevat.

2.3 INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERP

In Ingenieursgrafika en -ontwerp in die Departement van Wiskunde, Wetenskap en Tegnologie van Opvoedkunde aan die SUT word drie basiese tipes Ingenieursgrafika en -ontwerp bestudeer, naamlik Meganiese, Siviele en Elektriese Ingenieursgrafika en -ontwerptekene.

CAPS se voorskrifte oor meganiese Ingenieursgrafika en -ontwerptekene is dat meganiese komponente soos byvoorbeeld bote, moere, spye, busse, aste, gietstukke of laers gebruik moet word om samestellings-, deursnee- of uitskuiptekeninge van meganiese voorwerpe te teken. Verwante tekensimbole, oppervlakte-tekstuursimbole, sweissimbole, beperkings en passings, konvensionele voorstellings, afmetings, notas en metodes van arsering is deel van die CAPS-voorskrifte vir meganiese Ingenieursgrafika en -ontwerptekene (RSA DoE, 2011, pp.13, 17).

In Siviele Ingenieursgrafika en -ontwerptekene word deur CAPS voorgeskryf dat studente die basiese beginsels van bouplanne, die onderskeiding van verskillende lynwerk, tekensimbole, klassifikasie van tekeninge, inhouddiagram van die opstel van 'n siviele tekening en terreinplan van 'n siviele tekening aanleer. Kleurkode word gebruik om die verskillende fasette van die siviele tekening te onderskei en uitleg van 'n siviele tekening korrek te kan weergee. Die deursnee-aansigte, asook die plasing en uitleg van riolering en dreinerings van reënwater en annotering van notas moet ook weergegee kan word. Dit word van die student verlang om eenvoudige huisontwerpe te kan teken, byvoorbeeld van die fondasie, verskillende grond- en vloeroppervlaktes, die snit van 'n muur, 'n deur, vensters, plafon, balk- en dakkonstruksie. Studente moet siviele Ingenieursgrafika en -ontwerptekene nie net kan maak nie, maar ook verstaan en interpreteer (RSA DoE, 2011, p.32).

In die CAPS word ook voorskrifte vir elektriese Ingenieursgrafika en -ontwerptekene verskaf. Grafiese simbole en elektriese-stroombaandiagramme moet deur die student geteken en geïnterpreteer kan word. Elektriese bedradings word in siviele tekenwerk gedoen en daar word gefokus op elektriese tekensimbole en bedrading van 'n huis (RSA DoE, 2011, p.13).

2.3.1 Ingenieursgrafika

Onder die opskrif Ingenieursgrafika in die CAPS word die verskillende tekenbeginsels voorgeskryf. Volgens die voorskrifte van CAPS moet grafiese kommunikasie aangeleer word, asook die inleiding tot tekeninge waar die verskillende ortografiese projeksies bestudeer word. Klem word gelê op bladsyuitleg, lynwerk, lyndikte, korrektheid, akkuraatheid en tydsbesteding. Internasionale konvensies word bemeester om aan die internasionale standaarde te voldoen (RSA DoE, 2005, p.8).

Leerders/studente moet ook blootgestel word aan tekeninstrumente, tekenskale en vryhand-sketse. Ortografiese tekeninge word in eerste hoek- en derde hoek-ortografiese tekeninge gedoen. Die verskil en ooreenkomste tussen eerstehoeks en derdehoeks word aan studente verduidelik, en daar word ook van die studente verwag word om isometriese tekeninge van die ortografiese projeksies te maak, maar ook ortografiese tekeninge van isometriese tekeninge te kan doen (RSA DoE, 2011, pp.8,13,17,21,40).

Die isometriese-, skuinstekeninge en perspektiefaansigte word gebruik om verskillende prentaansigte uit te beeld (RSA DoE, 2011, pp.17,18,21,48).

CAPS skryf voor dat beskrywende meetkunde en geometriese vaste liggame met snitte, en vaste liggame met snitte in die eerste jaar van studie reeds deur studente bemeester moet word. Verskillende tekeningetegniese word gebruik om die geometriese vaste liggame te konstrueer. Die interpenetrasie, deurdringing en ontvouing van prisma's, silinders, piramides en kegels met die verskillende konstruksiemetodes word deur die CAPS voorgeskryf. Die asse van die vaste liggame kan loodreg, parallel of skuins ten opsigte van die horisontale of vertikale vlak van slegs een van die hoofprojeksievlakke wees. Oorgangstukke word gebruik waar twee verskillende vaste liggame met mekaar verbind - dit word deur CAPS voorgeskryf dat voorbeelde uit die nywerheid gebruik moet word. Die ontvouing van die oorgangstukke moet ook behandel word volgens die voorskrifte van CAPS (RSA DoE, 2011, pp.16,22,26).

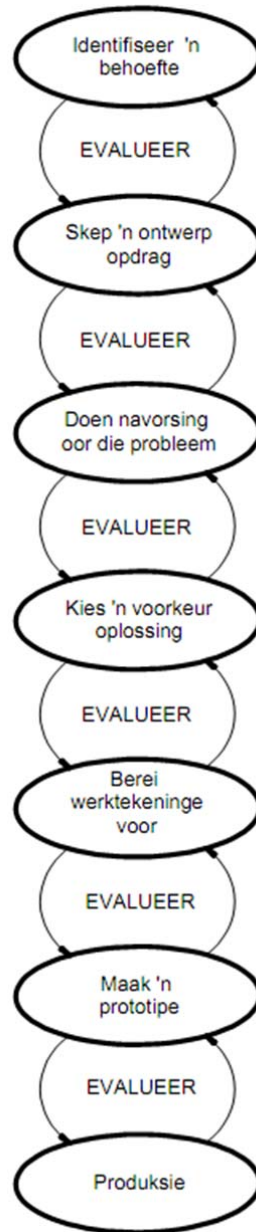
Lokusse van punte, helikse, nokmeganismes en sikloïdes word deur CAPS voorgeskryf. Lokusse word in CAPS voorgeskryf as 'n pad wat 'n spesifieke punt maak op 'n vaste baan sonder om te gly. Koördinaat-meetkunde en beskrywende meetkunde word gebruik om ingewikkelde konsepte baas te raak om punte en lyne, ware lengtes, ware hoeke en ware vorms te bepaal (RSA DoE, 2011, pp. 13,24,29).

CAPS vereis dat die grafiese ontwerper bewus moet wees van die verwantskap tussen die ontwikkeling van tegnologie, behoeftes van die gemeenskap en die beskerming van die omgewing (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, pp.188 - 196).

2.3.2 Ingenieursontwerp

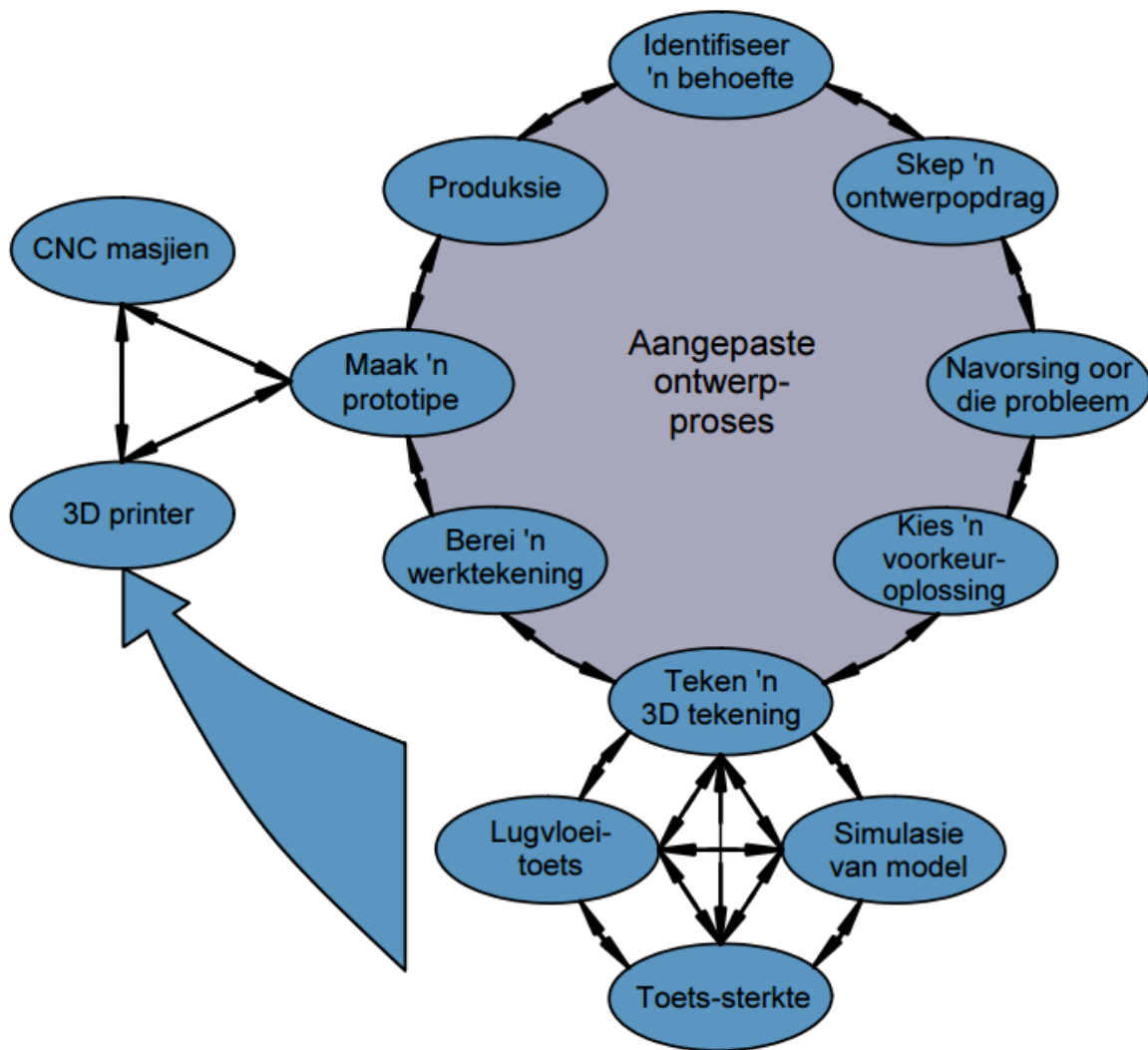
Die laaste gedeelte van die naam Ingenieursgrafika en -ontwerp, fokus op die ontwerpgedeelte van IGO. In die CAPS-dokument word voorgeskryf dat ontwerp in samehang met die praktiese assesseringstaak (PAT) behandel moet word. Ontwerp is volgens die CAPS-dokument nie deel van eksamen (finale assessering) nie en moet in die PAT geassesseer word. In CAPS word ook voorgeskryf dat CAD slegs gebruik word in die PAT van IGO(RSA DoE, 2011, pp. 14,31,34,35,43).

In die ontwerp van die PAT word gebruik gemaak van CAD soos voorgeskryf in die CAPS-dokument. CAD is nie soseer die proses van ontwerp nie, maar eerder 'n gereedskaphulpmiddel wat doeltreffend aangewend kan word om die ontwerpproses te versnel, en dit meer koste-effektief, doelmatig en akkuraat te ontwikkel. Die ontwerpproses is 'n belangrike onderdeel van IGO omdat dit bydra tot die ontwikkeling van tekensvaardighede. Ontwerp ontwikkel die analitiese denkproses van die student, asook kritiese denkvermoë. Die student kry te doen met probleme wat opgelos moet word en word gedwing om analities daarna te kyk en 'n verskeidenheid van oplossings te oorweeg. In die ontwerpproses word daar gekyk na ontwerpdrag, evaluasie, navorsing van die probleem, kies van 'n voorkeur-oplossing, opstel van 'n stel werktekeninge, die vervaardiging van 'n prototipe en die produksie van die ontwerp (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, pp.199,200). Die ontwerpproses word skematies in Figuur 2.2 verduidelik.



Figuur 2.2: Diagram van die ontwerpproses (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, p.199)

In Figuur 2.3 word 'n aangepaste proses van Van Leeuwen en Du Plooy (2013, p199) se ontwerp verduidelik. In die ontwerpproses word veral klem gelê op die invloed wat CAD op die ontwerpproses het. CAD het ontwerp nou gebruikersvriendelik gemaak sodat jaan en alleman dit ook kan benut. Deur gebruik te maak van CAD kan 'n groter verskeidenheid eienskappe meer koste-effektief getoets word alvorens daar 'n prototipe gemaak word of voordat daar met produksie voortgegaan word.



Figuur 2.3: Aangepaste ontwerpproses (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, p.199)

Voordele wat CAD inhou vir die ontwerpproses is die ontwikkeling van die 3D tekening. Met 'n 3D-tekening kan die model in die rondte gedraai word en uit verskillende hoeke beskou word. Sterkte- en lugvloei-toetse kan deur middel van CAD op 'n getekende 3D-tekening uitgevoer word. Animasie word op bewegende dele gesimuleer om te verseker dat genoegsame ruimte vir bewegende dele gelaat word. 'n Prototipe kan van die 3D tekening gedruk word om die ontwerp te toets. Hierdie proses is goedkoper en ook vinniger as om 'n prototipe van die ontwerp te bou (Shan, 2013).

2.4 DIE VERSKIL TUSSEN 'N CAD- EN GRAFIESE REKENAARTEKENING

Die belangrikste verskil tussen CAD-tekeninge en tekeninge wat op 'n grafiese program gedoen is, is die manier waarop die tekeninge gestoor word. Die tekening op die grafiese program word in *Bitmaps* gestoor. Bitmaps is die aantal kolletjies wat in 'n vierkante duim gestoor word. 'n CAD-tekening is soos 'n potloodskets en vorm vektore van lyne. Elke reël in die CAD-tekening is 'n wiskundige berekening met 'n spesifieke oorsprong en eindpunt wat 'n spesifieke dikte en kleur het. CAD-tekeninge word in 'n lys van wiskundige formules gestoor (Glasgow, 2000 - 2011).

2.5 DIE ROL VAN CAD-TEKENINGE IN DIE OPLEIDING VAN IGO-STUDENTE

In hierdie afdeling word die bespreking gewy aan die vraag: Watter bydrae het die opleiding in CAD-tekeninge gemaak tot die opleiding van IGO-onderwysstudente by die SUT? (sien 1.3). In die verlede en tans word daar in party skole nog gebruik gemaak van handgeskrewe tekeninge. Tekentoerusting is goedkoper om aan te koop en om in stand te hou as rekenaars. Handgeskrewe tekeninge word deesdae egter al meer vervang met tekeninge wat met die rekenaar, toetsbord en muis gedoen word. Die volgende redes kan voorgehou word hoekom dit beter is om met CAD-tekeninge te werk as met handgeskrewe tekeninge.

CAD kan maklik gedupliseer en verander word. 'n Lyn word verkry deur op 'n spesifieke punt te begin, en die muis te sleep tot by 'n volgende koördinaat of aantrekkingspunt. Lyne of voorwerpe kan verleng, verkort, gesny, geskuif, gekopieer of gebuig word (Duggal, 2000, pp.3-2 - 3-3). Ervare tekenaars kom gou agter dat daar moeiliker en makliker maniere is om sekere funksies te gebruik. Hierdie kennis verhoog die tekenspoed. CAD-programme is meer buigsaam en die digitale formaat maak datahantering makliker, veiliger en vinniger. Die 3D tekeninge maksimaliseer die produk en vinniger resultate word verkry omdat ortografiese en isometriese aansigte outomaties gegenereer word. Daarmee saam kan CAD-tekeninge ontwikkel word tot in die kleinste besonderhede (Talley Group, 2012).

CAD-programme bestaan uit meetkundige figure wat die tekenaar help om vinniger en meer akkuraat te teken. CAD word altyd op 'n skaal van 1:1 geteken, wat outomaties deur die rekenaar tot enige skaal vergroot of verklein word. Tekeninge kan maklik op die skerm vergroot en verklein word om in te fokus op 'n enkele aspek van die tekening of om 'n geheelbeeld van die getekende voorwerp te verkry. Dit is ook

moontlik om verskillende dele van die tekening op verskillende skale uit te druk om sekere detail te beklemtoon. In CAD word daar in lae (*layers*) gewerk hierdie lae het die voordeel dat een laag verander kan word sonder om die res van die tekening te beïnvloed. So kan die elektroniese beplanning op 'n laag gedoen word sonder om die res van die beplanning te beïnvloed. Hierdie verskillende lae kan aan en af geskakel word op dieselfde tekening. Letterlik honderde lae kan op mekaar geplaas word sonder om mekaar te beïnvloed. CAD-tekeninge het 'n belangrike verandering in die tekenindustrie gebring waarsonder die tekenindustrie nie kan klaarkom nie. Omdat handgeskrewe tekeninge nie meer aan al die aspekte van tekenbeginsels voldoen nie, is dit belangrik dat onderwysstelsels vroegtydig sal oorskakel na CAD-tekeninge om in pas te bly met die huidige tekentegnologie (Duggal, 2000, pp.3-6). CAD-programme pas maklik aan by die nuutste tegnologie en beroepsvaardighede en daarom moet ingewikkelde berekenings- en konstruksievaardighede deur die tekenaars aangeleer en gememoriseer word. Hierdie berekeninge en konstruksiemetodes word outomaties in CAD deur die rekenaar gegenereer (Talley Group, 2012). Dit is ook makliker om deur middel van CAD met verskillende rolspelers soos gebruikers, argitekte, ingenieurs en beplanners te kommunikeer. Verskillende tekenaars kan nou tegelykertyd aan dieselfde ontwerp werk sonder om in dieselfde kantoor te sit. Veranderinge kan onmiddellik aangebring word en alle rolspelers kan onmiddellik goedkeuring gee of veranderinge voorstel. Groepwerk kan maklik bewerkstellig word en verskillende kundiges kan nou van oor die hele aardbol ingetrek word om die beste produk te bewerkstellig. *SolidWorks* het reeds so 'n interaktiewe webblad waar verskillende ontwerpers (ook leke) insette kan lewer om aan ontwerpe te werk, te verander en te verbeter. Hierdie interaktiewe internetreeks verleen aan ontwerpers regoor die wêreld die geleentheid om saam te werk om oplossings vir ontwerpprobleme te vind (Lets go Design presented by SolidWorks, 2013). Tekeninge kan op verskillende plekke bewaar word, maar ook maklik na bykans enige plek in die wêreld versend word. Uitdrukke van CAD kan onmiddellik gedoen word en, indien nodig, in 'n harde kopië bewaar word.

Standaardtekeninge kan nou onmiddellik beskikbaar wees, hetsy op die internet of op 'n spesiale stoorruimte. Toegang kan aan alle persone verleen word of slegs aan enkeles. Daar kan ook slegs aan sekere persone die reg gegee word om veranderinge te maak. Die nodige aanpassings kan aan tekeninge gemaak word

sonder dat dit nodig is om met 'n nuwe ontwerp te begin. Animasie kan van die bewegende dele gemaak word om sodoende te help om die doeltreffendheid van die ontwerp te verbeter. Die tekeninge kan onmiddellik na verskillende rolspelers gestuur word vir goedkeuring of verbetering aan die produk (Talley Group, 2012). Die rekenaar kan help met die organisering en bestuur van tekeninge. 'n Hele aantal tekeninge kan nou op een hardeskyf gestoor word. Tekenaars maak gebruik van die nuutste tegnologie soos *ipads*, skootrekenaars, drukkers, 3D-drukkers (*printers*) en selfone om tekeninge beskikbaar te stel.

Om 'n meester in jou vakgebied te word, verg dissipline en tyd. Dieselfde geld vir CAD-tekenaars. 'n Suksesvolle tekenaar bestee oor ure aan toegewyde, harde werk agter die rekenaar. 'n CAD-tekenaar moet nie net kennis dra van die tekenprogram nie, maar ook die verskillende kombinasies van oplossing wat toegepas kan word om by 'n oplossing te kom. Dit is ook nodig vir 'n CAD-tekenaar om oor die nodige vakkennis te beskik om te kan teken. Dit is belangrik om altyd in gedagte te hou dat CAD slegs die gereedskap is waarmee geteken word, daarom het elke CAD-tekenaar ook die nodige kennis en vaardigheid nodig. Om 'n goeie tekenaar te wees, is dus kennis nodig oor wat jy teken, byvoorbeeld as dit siviele tekeninge is, het jy kennis nodig van siviele werk, maar die tekenaar moet ook kennis hê van die tekengereedskap, in dié geval CAD (Glasgow, 2000 - 2011). CAD bied in skole blootstelling aan leerders om moontlik hul belangstelling te prikkel om die nodige agtergrondkennis van CAD te verkry om 'n beroep daarvan te maak.

2.6 DIE DEPARTEMENT VIR BASIESE ONDERWYS (DBO) SE VOORSKRIFTE TEN OPSIGTE VAN DIE IMPLEMENTERING VAN CAD

Om die uitdagings aan te spreek wat op die pad lê van die integrasie van CAD in die B.Ed.-Tegnologieprogram (sien 1.3) word daar gekyk na die DBO se voorskrifte ten opsigte van die implementering van CAD. CAD is die eerste keer in 2005 in Suid-Afrikaanse skole aangebied. In die *National Curriculum Statement* (NCS-dokument) word voorgeskryf dat leerders in Graad 10 die teorie van CAD en metodes van projeksie moet aanleer in die konteks van siviele, elektriese en meganiese tegnologie. Verskillende vaardighede moet ook aangeleer word, soos byvoorbeeld vryhand-, instrument- en CAD-tekentegniese (RSA DoE, 2005, p.5). In Graad 11 en 12 moet

terminologie, konsepte en funksies van CAD-verwante harde- en sagteware aangeleer word.

In die resente CAPS-dokument, word die volgende voorskrifte vir CAD-onderdig aan IGO-leerlinge verskaf. Die Departement van Basiese Onderwys (DBO) vereis dat sommige van die praktiese assesseringstake geteken word met CAD. CAD is 'n verpligte onderdeel van IGO. Dit is en bly die skool se verantwoordelikheid om veilige fasiliteite beskikbaar te stel vir CAD. Die skole moet ook voorsiening maak vir rekenaars, hardeware en CAD-programmatuur. Daar is geen voorgeskrewe programmatuur wat deur die DBO vereis word nie, maar daar word tog voorgestel dat erkende programmatuur bekom word. Die gebruik van sodanige program moet tot voordeel van die leerders wees wanneer hulle die skool verlaat. Skole wat nog nie oor die nodige CAD-fasiliteite beskik nie, is genoodsaak om die afdeling van die PAT met handgeskrewe tekeninge te voltooi (RSA DoE, 2011,p.31).

2.6.1 Die CAD programme vir skole

Voordat leerders/studente in 3D kan teken moet hulle eers die basiese beginsels van CAD baasraak. Dit neem tyd om 'n CAD-program te leer gebruik en daar is geen kortpaaie wat gevolg kan word by die aanleer van 'n CAD program nie. Selfs 'n tekenaar met ervaring in handgeskrewe tekeninge moet stap vir stap leer hoe om CAD te gebruik omdat daar 'n groot verskil is tussen die handgeskrewe- en CAD-tekeninge. Mettertyd het CAD-programme meer gebruikersvriendelik geword en is nou makliker om te bemeester (sien 2.2). Daar is tans talle programme wat in IGO in Suid-Afrikaanse skole gebruik word. Die algemeenste programme wat gebruik word, is Ally CAD, Auto CAD en Turbo CAD. Daar is ook gratis programme op die internet beskikbaar wat bekend staan as gratis sagteware (*free software*). 'n Voorbeeld van so 'n program is Google Sketchup (Schreyer, 2013). Die aanvanklike insetkoste om CAD in 'n opvoedkundige instansie te implementeer, is 'n groot kapitale uitleg en hierdie sagteware en hardeware moet ook voortdurend in stand gehou word, wat skole skepties maak om tot hierdie stap oor te gaan (Glasgow, 2000 - 2011).

2.7 NUWE TEGNOLOGIE IN CAD

Gereelde aanpassings moet gemaak word by tegnologiese vakke om in pas te bly met die nuutste tegnologie. Hierdie uitdagings geld ook vir die integrasie van CAD in die B.Ed.-Tegnologieprogram (sien 1.3). CAD-sagteware kan animasie, lugvloei en hitte in 'n tekening simuleer (sien 2.3.3). CAD-programmatuur kan ook die sterktegrade van voorwerpe toets. Hierdie hulpmiddels is koste-effektief en kan help om ontwerpprobleme uit te skakel alvorens duur prototipes gebou word. Dit gee ook geleentheid aan die beginnerontwerper om te eksperimenteer en 'n finale produk van die eksperiment te ontwerp en ontwikkel sonder onnodige finansiële uitgawes (Van Leeuwen & Du Plooy, 2013, pp.199 - 200).

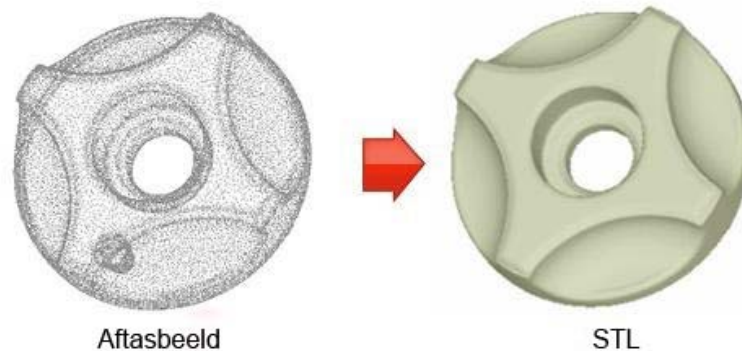
CAD-tekenprogramme soos SolidWorks, 'n CAD-program, veral geskik vir 3D meganiese tekeninge, kan outomaties kragte bereken wat deur beweging veroorsaak word. Analises van die stresvlakke van die materiaal kan ook bepaal wat op die materiaal inwerk, en die defleksie, vibrasievlak en veerkrag van materiaal kan getoets word. Die vloei en effek van temperatuur kan ook deur middel van animasie gesimuleer word. Die motoriese prestasiekurwes van 'n masjien kan geanimeer word en 'n bydrae lewer wat betref wrywing, swaartekrag en hitte-uitsetting, asook in kritiese komponente in beweging soos laers, elementêre busse en skakelings. Eienskappe wat die ontwerpproses optimaliseer, is faktore soos traagheid, defleksie, veiligheid en termiese vibrasie. Hierdie faktore lewer 'n bydrae om die gehalte van die ontwerp te optimaliseer (Dassault Systemes SolidWorks Corp., 2009).

Met die 3D-tekening wil dit voorkom asof die student meer op sy gemak voel omdat die student nie altyd ingewikkelde werktekeninge verstaan nie. 'n 3D-tekening is so foto-realisties dat dit moeilik is om te onderskei tussen 'n prentaansig van 'n 3D-model en 'n foto van die masjienonderdeel. Hierdie 3D-modelle kan vinnig gegenereer word in werktekeninge.

By die Nederlandse navorsingsinstituut, TNO, in Eindhoven word tans navorsing gedoen om stroombaanborde in 3D te druk. Hierdie navorsing is nog in 'n beginfase, maar die eerste eenvoudige stroombaan is alreeds in 3D gedruk en in werking. Hierdie tegnologie kan 'n dramatiese verandering vir die stroombaanbedryf inhou en bied baie moontlikhede vir die toekoms (Peels, 2009).

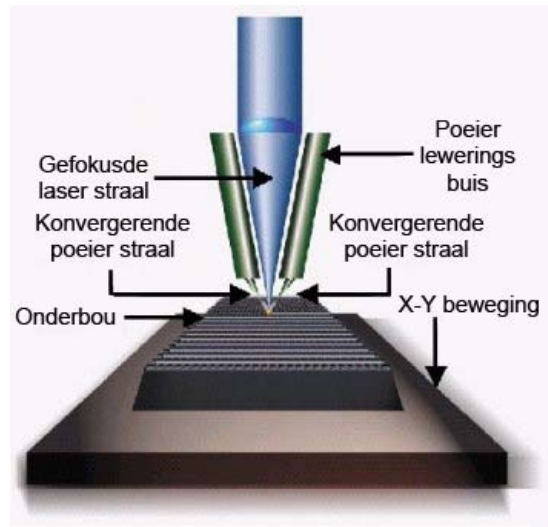
2.8 DIE GEBRUIK VAN 3D-DRUKKERS IN DIE CAD-ONTWERPPROSES

Rapid prototyping (RP) of ook bekend as *Additive Manufacturing* (AM) is 'n uitvinding wat reeds so vroeg soos 1980's ontwerp is deur Charles W Hull. Die 3D-tegnologie is ontwerp deur Bill Masters in Greenville. Bill Masters besit ook verskeie patentregte vir 3D drukwerk (*printing*) (3ders 3D printer and 3D printing news, 2013). Wanneer na 3D *printing* verwys word, word daar verwys na tegnologie waar 'n 3D CAD-tekening omgesit word in 'n stereo-litografie (STL) -formaat soos in Figuur 2.4 verduidelik.



Figuur 2.4: Aftasbeeld na STL (Mechanical Engineering, 2011)

Die STL-lêer word dan vertaal in honderde (selfs duisende) kruisdeursnee-datasnitte. Die drukker begin dan elke snit afsonderlik, laag-vir-laag, 'groeï'. Daar word na 'groeï' verwys omdat die voorwerp of artikel laag vir laag (tussen 15 mikron en 200 mikron) bo-op mekaar gegroeï word. So 'n proses duur van 'n paar minute tot 'n paar uur, of kan selfs tot 'n paar dae neem om te voltooi. Die tyd om die model te voltooi, hang van die kompleksiteit in vorm en grootte van die model af. In Figuur 2.5 word die werking van 'n 3D-drukker geïllustreer.



Figuur 2.5: *Rapid prototyping* (Mechanical Engineering, 2011)

Verskillende tegnieke word gebruik om die 'groeï'-proses te bewerkstellig, wat ook 'n belangrike rol speel in die resultaat van dit wat vervaardig word. Daar word onderskei tussen bou- en 'n ondersteuningsmateriaal in die drukproses. Wanneer die geometrie van so 'n aard is dat ondersteuning gebied moet word aan sekere dele van die boonste materiaal, word daar van ondersteuningsmateriaal gebruik gemaak om die boumateriaal te ondersteun, anders ontstaan die moontlikheid dat die voorwerp inmekaar kan tuimel alvorens die proses voltooi is. Materiaal wat gebruik word om die voorwerpe te 'groeï' is mengsels van titanium-, nylon-, -plastiek-, fotosintetiese harpui- en polistireenpoeier (Mechanical Engineering, 2011).

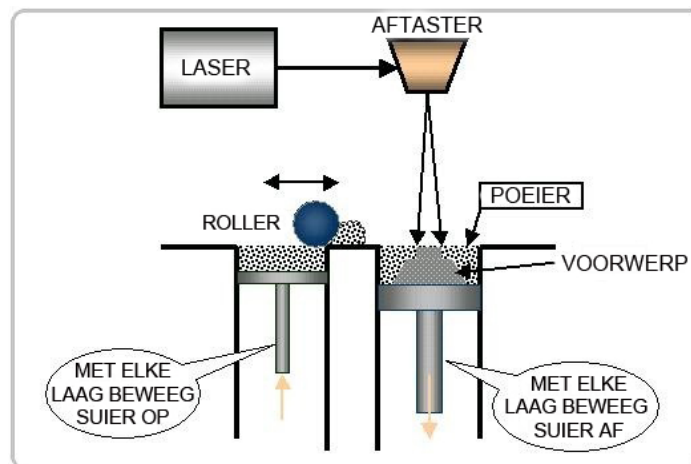
Rapid prototyping, soos verduidelik word in Figuur 2.5, was in die beginjare 'n relatief duur proses wat slegs gebruik is vir prototipe modelle vir die produksie van onderdele. Soos die gehalte, spoed en koste-effektiwiteit van die 3D-drukkers verbeter, word die proses gebruik vir die 'groeï' van volledige, tasbare en funksionele voorwerpe, motoronderdele en –panele, mediese aparate, verbruikersgoedere, bykans enige iets wat deur konvensionele maniere deur masjinerie vervaardig word, kan nou op kleiner skaal in kleiner hoeveelhede teen 'n bekostigbare prys met haarfyn akkuraatheid 'gegroeï' word (Els, 2011). Die voordeel van hierdie 'groeï'-proses is dat bykans enige geometriese vorm gestalte kan aanneem.

Wat die naam 'additive manufacturing' betref, word daar in die algemeen in die media gepraat van '3D printing' (3DP) oftewel, direk vertaal, as 3D-drukwerk. Hoewel wetenskaplikes nog nie self 'n amptelike besluit geneem het oor wanneer daar van 3DP gepraat moet word of 'additive manufacturing' of 'rapid prototyping' nie, word daar, volgens Sherman (2009), aanvaar dat wanneer daar van klein en huishoudelike drukwerk gepraat word, wat laekoste-sisteme behels, daar in die algemeen van 3DP gepraat word.

Die volgende is van die ses belangrikste 3DP-metodes waarmee *additive manufacturing* gedoen word, naamlik Selektiewe Laser-Sintering (SLS), Saamgesmelte Afsettingsmodellering (SAM), Stereo-Litografie (SLA), Gelamineerdevoorwerp-vervaardiging (GVV), *Inkjet*-tegnologie en Elektronbundelsmelting (EBM). In die volgende paragrawe volg 'n kort beskrywing van elke metode.

2.8.1 Selektiewe Laser-Sintering (SLS)

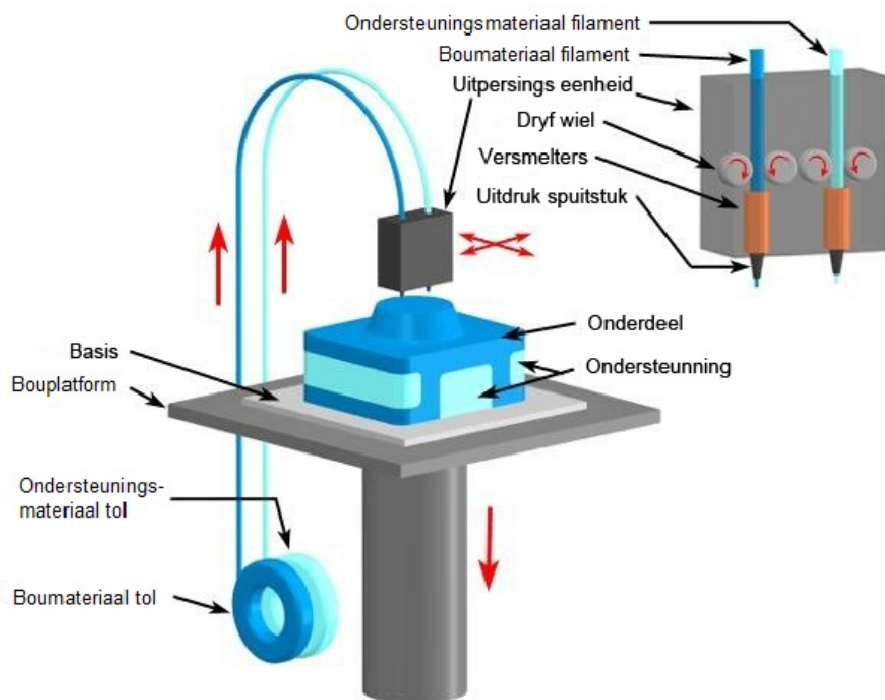
Selektiewe Lasersintering of die SLS-proses maak onderdele direk van 'n 3D- CAD-tekening. Soos in Figuur 2.6 voorgestel, maak hierdie proses gebruik van 'n gekonsentreerde, verhitte laserstraal wat poeiervormige plastiek, metaal en ander poeiervormige materiale saamsmelt om die gewenste 3D-vorm te verkry. Hierdie metode staan as die toevoegingstegniek bekend. Materiaal wat in die SLS-metode gebruik word, is veral metaalpoeiers en termo-plastiek.



Figuur 2.6: Selektiewe Lasersintering (SLS) (Mechanical Engineering, 2011)

2.8.2 Fused Deposition Modeling (FDM)

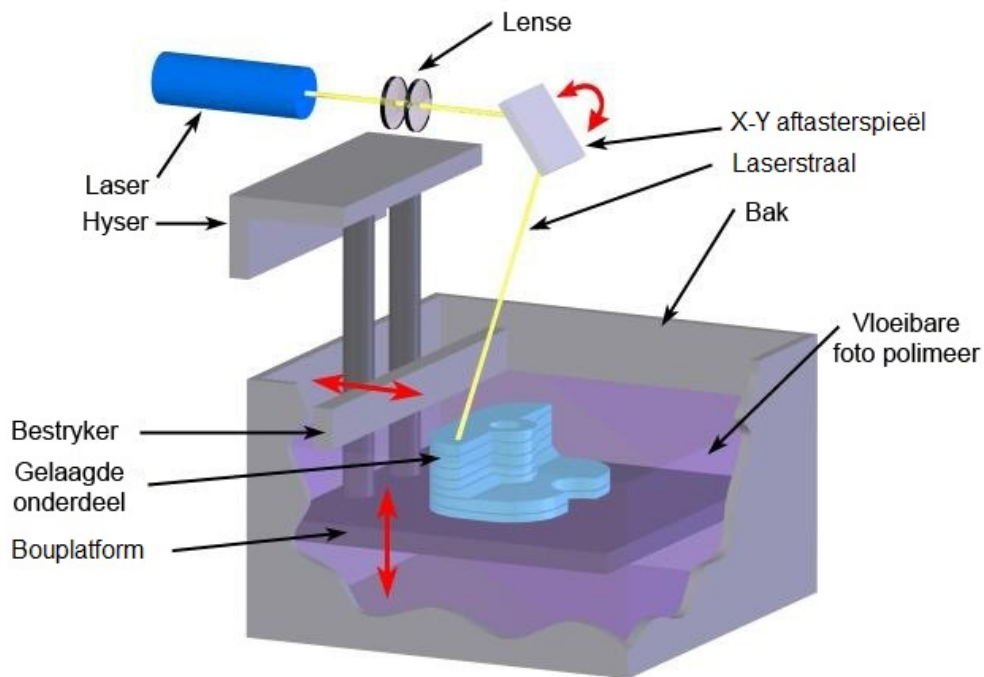
Waar SLS meer bedoel is vir gespesialiseerde 3DP, word Saamgesmelte Afsettingsmodellering (*Fused Deposition Modeling*) (FDM), soos voorgestel in Figuur 2.7, meer gebruik vir algemene voorwerpe soos die maak van plastiekmodelle en goedkoper produkte. Hierdie proses maak gebruik van 'n filament wat gesmelt word deur 'n versmelter wat min of meer op dieselfde prinsiep werk as 'n gongeweer. Die filament word uitgepers in 'n dun draadtjie wat dan laag-vir-laag gegroei word op 'n basis soos in Figuur 2.7 aangedui. Die hele proses word deur 'n rekenaarprogram beheer. Die proses kan verduidelik aan die hand van die werking van 'n gongeweer (*glue gun*): die gom word gesmelt en dan laag-vir-laag op mekaar geplak totdat dit 'n 3D-voorwerp uitbring. In 3DP word gepraat van die voorwerp wat laag-vir-laag gegroei word totdat 'n 3D-voorwerp gevorm word. Vir dele wat in die lug hang, word ondersteuningsmateriaal gebruik, soos aangedui in Figuur 2.7. Hierdie proses is goedkoper en meer gebruikersvriendelik en behoort moontlik meer gewild te wees in huishoudings en skole.



Figuur 2.7: Fused Deposition Modeling (FDM) (Mechanical Engineering, 2011)

2.8.3 Stereo Lithography (SLA)

Die Stereo-Litografie (SLA) -proses gebruik vloeibare foto-polimeerharpnis as basismateriaal. Die materiaal stol wanneer 'n ultraviolet laserstraal daaroor beweeg. Die laserstraal verhard die oppervlakte van die akriel wanneer dit in kontak kom met die oppervlakte. Die laserstraal bou, laag vir laag, die voorwerp, asook die ondersteuningstrukture wat nodig is vir die oorhangende dele. Sodra die eerste deursnit voltooi is, word 'n laag vloeibare hars oor die laag bestryk om die verhardingsproses te bespoedig. Sodra die eerste deursnit geskandeer is, word daar met die volgende laag begin. So herhaal die proses totdat die voorwerp voltooi is. Die proses word in Figuur 2.8 voorgestel. Die SLA-proses word gebruik vir die vervaardiging van modelle, patrone en ander geometriese vorme.

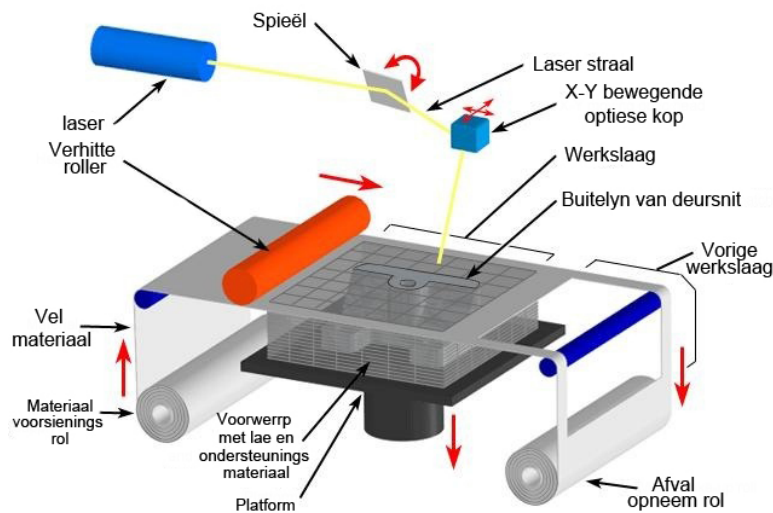


Figuur 2.8: Stereo litografie (SLA) (Mechanical Engineering, 2011)

2.8.4 Laminated object manufacturing (LOM)

Die proses van Gelamineerdevoorwerp-vervaardiging (GVV), of LOM, soos verduidelik in Figuur 2.9, word gebruik om lae materiaal deur middel van 'n koolstofdioksied-laser te sny en laag-vir-laag op mekaar te gom. 'n Rol materiaal, gevoer deur rollers, word gebruik om 'n nuwe laag oor te trek en dan met die

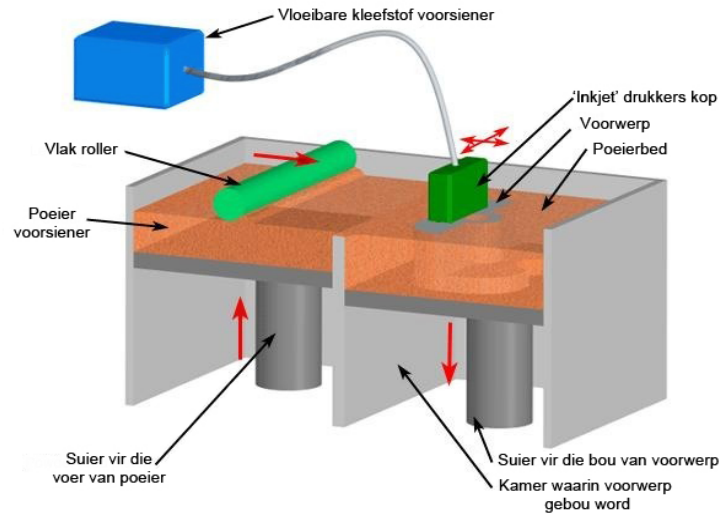
koolstofdoksied laser uit te sny. 'n Verhitte roller rol oor die uitgesnyde laag om dit met die vorige laag te verbind. Hierdie proses staan ook bekend as die stapelingsproses. Die verskillende lae wat op mekaar gestapel is, vorm dan 'n 3D-voorwerp (Mechanical Engineering, 2011). Materiale wat in die proses gebruik word, is papier, plastiek en metaal. Die akkuraatheid van die proses is minder as die van ander 3D-prosesse (Rapid Prototyping Center, 2013).



Figuur 2.9: Laminated object manufacturing (LOM) (Mechanical Engineering, 2011)

2.8.5 *Inkjet*-tegnologie

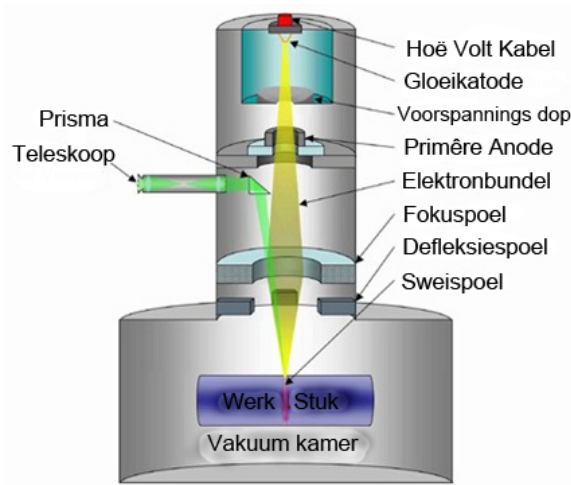
Soos van die naam afgelei kan word, word *Inkjet*-tegnologie, soos aangedui in Figuur 2.10, toegepas in 3D-drukwerk. Hierdie *Inkjet*-tegnologie kry sy naam van die drukkers- en *plotter*stegnologie wat werk deur fyn druppeltjies inks op papier te spuit om 'n grafiese beeld te kry. Die *inkjet*-tegnologie werk dieselfde as by 'n gewone *inkjet*-drukker met die verskil dat daar nie papier is wat deurgevoer word nie, maar 'n tafel wat met elke laag drukwerk afsak, en dat die inks 'n binder is wat die poeier bind om 'n 3D-voorwerp laag-vir-laag te 'groei' (Mechanical Engineering, 2011). Hierdie drukwerk is besonder akkuraat met 'n fyn oppervlakafwerking. Die groei-proses is baie stadig met 'n beperkte verskeidenheid materiale waarmee gedruk kan word (Custompart, 2013).



Figuur 2.10: Inkjet-tegnologie (Mechanical Engineering, 2011)

2.8.6 Elektronbundel-smelting (EBM)

Die *Electron Beam Technology* (EBM) werk met 'n poeierbasis. Die poeier word laag-vir-laag gesmelt in 'n hoë vakuüm, elektroniese bundel. Dit is baie dieselfde tegnologie as SLS (sien 2.8.1), maar die resultaat is 'n sterker en meer akkurate produk. Hierdie tegnologie is veral gewild vir die groei van ortopediese inplantings. In Figuur 2.11 word die tegniek verduidelik. Die tegniek van hierdie tegnologie is om metaalpoeier in 'n hoë vakuüm met 'n elektronbundel te smelt. Die produk word gegroei in 'n vakuüm onder beheerde temperatuur. Dit het tot gevolg dat die materiaal stresvry is en van beter kwaliteit as gegote materiaal. Die materiaal vergelyk baie goed met gesmede materiaal. Elke laag word in presisie volgens die geometrie vanaf die 3D CAD-tekening vervaardig. Hierdie proses groei 'n baie digte en uitsonderlik sterk produk (Arcam, 2009).



Figuur 2.11: Elektronbundel-smelting (EBM) (Mechanical Engineering, 2011)

Dit wil voorkom of 3DP-tegnologie oor die afgelope paar jaar meer gebruikersvriendelik geraak en tegnologies verbeter het. In die volgende gedeelte gaan die waarde en toeganklikheid van 3DP vir die hoëronderwysinstellings en publiek bespreek word.

2.8.7 Aankoop van 'n 3DP vir die Departement van Onderwys in Wiskunde, Wetenskap en Tegnologie by die SUT

Daar is heelwat navorsing gedoen (deur die navorser in hierdie studie) om te bepaal watter tipe 3DP aangekoop moet word vir die Departement van Onderwys in Wiskunde, Wetenskap en Tegnologie vir die opleiding van onderwys- en Ingenieursgrafika en -ontwerperstudente by die SUT. Wat in ag geneem is by die aankoop van die 3DP is dat die 3DP in skole gebruik moet kan word en dat die studente blootgestel moet word aan iets soortgelyk, die 3DP moet koste-effektief en gebruikersvriendelik wees, en die program moet ook saam met huidige CAD-programme gebruik kan word. Met die ondersoek is daar besluit om 'n *Fused Deposition Modeling* (FDM)-drukker (sien 2.8.2) aan te koop omdat die drucker koste-effektief is en beantwoord aan die behoeftes van ontwerp op skoolvlak. By nadere ondersoek is gevind dat daar ongeveer 260 verskillende tipes FDM-drukkers is om van te kies (3ders 3D printer and 3D printing news, 2013). Die keuse het geval op die Cube 3DP. Die redes aangevoer, is dat die program baie eenvoudig en gebruikersvriendelik is. Dit het 'n sterk kompakte omhulsel wat veilig is vir skoliere en

studente. Die 3DP maak gebruik van ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) en PLA (*Poly Lactic Acid*) filament. Beide ABS en PLA is termoplastiek, met ander woorde, dit is plastiek wat vormbaar is wanneer dit verhit word en kan oor en oor gebruik word. Die belangrikste verskil tussen ABS en PLA is dat ABS plastiek is wat gemaak is van olie-gebaseerde hulpbronne en dit het 'n veel hoër smeltpunt as PLA plastiek. Dit is ook sterker en harder. As gevolg van hierdie spesifieke funksies, word PLA algemeen gebruik, onder andere vir die “druk” van ABS musiekinstrumente, gholfstokke en speelgoed. *Poly Lactic Acid* (PLA) is 'n bio-afbreekbare tipe plastiek wat uit plantgebaseerde hulpbronne soos koringstysel of suikerriet vervaardig word. Dit is die rede waarom dit ook groen plastiek genoem word. Dit word ook gebruik vir verpakking, soos vir voedselprodukte, maar natuurlik word PLA ook gebruik vir 3DP (Chilson, 2013). Die Cube het 'n verskeidenheid kleure filament in PLA en ABS. Die Cube-programmatuur is verder ook maklik versoenbaar met huidige CAD-programme en kan ook gebruik maak van Wi-Fi. Verder beskik die Cube ook oor 'n eie 3D program (Cubify 3D systems, 2013). Daar is ook agente in Suid-Afrika beskikbaar. In 2013 is vyf Cubes aangekoop en in die IGO-laboratorium van die SUT geïnstalleer. Die derdejaar-IGO-studente van die SUT van 2013 was die eerste groep wat praktiese werk op die 3DP gedoen het. Onderhoude is ook met van die studente gevoer om hulle ervaring oor die gebruik van die 3DP te verneem (sien 5.5).

2.9 DIE WAARDE EN TOEGANKLIKHEID VAN 3DP VIR DIE PUBLIEK

Dit is moontlik om 'n voorwerp van die internet af te laai en te vorm, en 'n 3DP, oftewel 'n *Rapid Prototype Print* daarvan te maak. Vanaf 2011 het 3DP bekostigbaar geword en al hoe meer gebruikersvriendelik geraak vir jan en alleman (Trotman & Warman, 2013). Om 'n 3DP te kan maak, benodig 'n mens 3D-data van 'n voorwerp. Dit kan van die Internet afgelaai word of geteken word deur 'n 3D program, of dan beter bekend as CAD-sagteware. Hierdie CAD-sagteware word dan omgesit in 'n STL- (*Stereo lithography*) lêer. 'n STL lêer sny die voorwerp in 'n aantal 2D- horisontale snitte wat snit vir snit opmekaar gegroei word. Alhoewel hierdie 3DP alreeds ongeveer 27 jaar op die mark is, het dit nou eers bekostigbaar geword vir die publiek. Charles Hull het in 1986 die eerste 3D-drukker op die kommersiële mark verkoop (Hsu, 2013). Die redes waarom dit so lank gevat het om werklik pos te vat, is dat dit tot nou moontlik nie bekostigbaar was nie, dit was baie stadig en het ingewikkelde sagteware bevat wat nie gebruikersvriendelik was nie. Die 3D-drukkers het 'n

verandering in die denkwysie ten opsigte van ontwerp teweeggebring. Hierdie tegnologie kan ingespan word wanneer 'n produk of onderdeel wat voorheen deur industrie vervaardig is, onverkrygbaar word. Dit sal dus moontlik wees om die produk of onderdeel te druk deur middel van 'n 3DP. In hierdie geval is dit nie nodig om duur masjinerie op te stel nie, maar kan dit gemaak word deur 'n 3D- digitale tekening van die voorwerp te teken en 'n identiese replika, tot 'n mikron afgerond, kan van die voorwerp in 3D gedruk word. 'n 3D- digitale tekening kan verkry word deur die onderdeel te skandeer of op 'n CAD-program te teken. 'n Voorwerp so klein as 100 mikron kan gedruk word, gelykstaande aan ongeveer 2 haarbreedtes, tot etlike meters (Aigner, 2012). Die gebruik van 3D-drukkers is legio en is nog in die beginfase van ontwikkeling. 3D-drukkers word vandag in professionele beroepe soos in die lugvaart, motorbedryf, argitektuur, boubedryf, mediese wetenskappe en tandheelkunde aangewend, asook in die verbruikersindustrie soos vir die vervaardiging van juweliersware, in die mode- en kunsindustrieë, vir speelgoed, meubels, en huistoebehore (McGahan, 2011). Hierdie is etlike voorbeelde en daar kan nog talle moontlikhede bygevoeg word.

Lugvaart-CAD en 3D-drukwerk het al heelwat verandering gebring in die ontwerp van onderdele om die ontwerpe ligter en sterker te maak. Talle van die onderdele word nou direk gedruk en dit het die afvalmateriaal van 90% tot bykans 0% verminder (McGahan, 2011). Die rede hiervoor is dat onderdele nie uit een soliede blok gesny word nie, maar uit poeier gedruk word, en die afvalpoeier kan herwin en weer gebruik word. 'n Tweede voordeel is dat bykans enige geometriese vorms gedruk kan word en dat 3D-drukkers meer komplekse vorms kan druk. Die basiese beginsel van die gebruik van 3D-drukwerk is in gebruik vanaf 1990, maar tot onlangs is 3D-drukwerk slegs gebruik vir prototipe ontwerpe. Die voordeel wat die drukproses inhou, is dat onderdele sterker en ligter ontwerp kan word. Foto 2.3 toon 'n voorbeeld van so 'n voorwerp wat sterker en ligter ontwerp is. Voorwerp A in Foto 2.3 toon die ou swaarder ontwerp, terwyl B in Foto 2.3 die nuwe sterker en ligter ontwerp toon (McGahan, 2011).

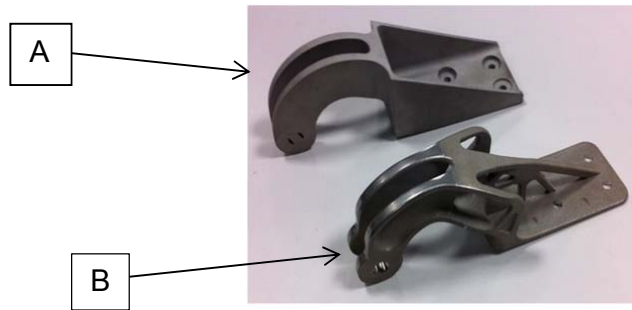


Foto 2.3: Onderdele ontwerp met CAD en gegroei deur 'n 3D-drukker (McGahan, 2011)

Deur die onderdele van 'n vliegtuig deur 'n 3D-drukker te laat druk, kan kostebesparings van miljoene rande teweeggebring word (Dickson, 2011). Dieselfde tegnologie wat in die lugvaart gebruik is, word ook in die motorbedryf aangewend. Daar word oor 'n lang termyn geëksperimenteer om motoronderdele te druk. Veral op die gebied van ontwerp van prototipe motors het 3DP 'n belangrike rol gespeel in die ontwerpproses. Die 'Urbee' motor, soos aangedui in Foto 2.4 is van die eerste motors waarvan die volledige bakwerk deur middel van 'n 3DP vervaardig is (Bates, 2011).



Foto 2.4: 'Urbee' prototipe motor (Stackpole, 2010)

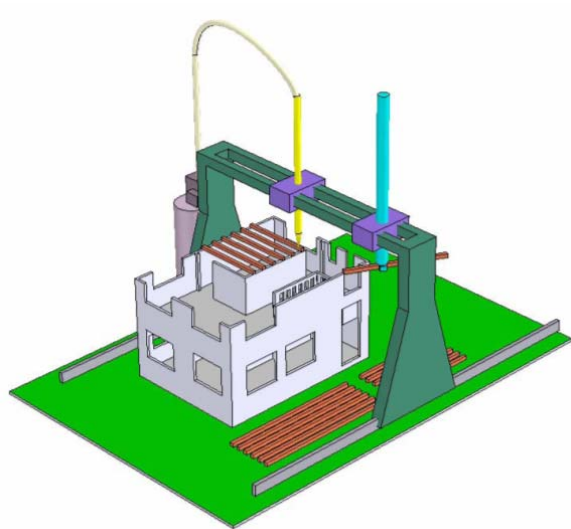
Soos in die motorbedryf, maak argitekte ook gebruik van 3DP. In die verlede is baie tyd gespandeer aan die bou van skaalmodelle, maar nou word sulke modelle met akkurate eienskappe oornag gegroei. Kliënte kan in detail 'n skaalmodel besigtig en 'n akkurate beeld kry van die toekomstige gebou. Skaalmodelle is ook baie meer

gebruikersvriendelik en kliënte het geen kennis van tekeninge nodig soos wat die geval is met ortografiese en perspektieftekeninge nie (sien Foto 2.5)



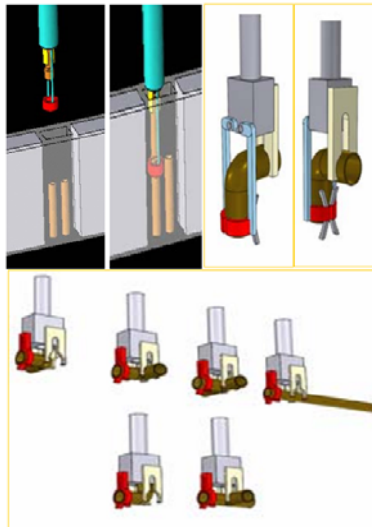
Foto 2.5: Voorbeelde van Argitektuurstrukture wat deur 'n 3D-drukker gedruk is

By die universiteit van Suid-Kalifornië het prof. Behrokh Khoshnevis 'n stap verder gegaan en 3D-tegnologie gebruik om huise te bou. Die drukker word ingespan om 'n buis beton uit te spuit en mure word laag-vir-laag gebou, sonder mensehande. Die proses staan bekend as kontoer-knutseling (*Contour Crafting*). Wanneer hierdie metode 'n werklikheid word, sal dit van groot hulp wees in rampgeteisterde gebiede of selfs waar daar laekostebehuising opgerig moet word. Ook in die oprigting van moderne huise kan die metode gebruik word om ingewikkelde kurwes en geometriese vorme akkuraat te bou wat nie altyd met die hand moontlik is nie (Khoshnevis, 2002). Bogenoemde proses word van 'n rekenaar af beheer wat die beton na 'n pomp verplaas, wat dun lae beton deponer en sodoende die mure laag-vir-laag bou (sien Figuur 2.12). Die hele proses kan vergelyk word met 'n *Inkjet*-drukker wat laag vir laag beton druk om so die huis te bou.



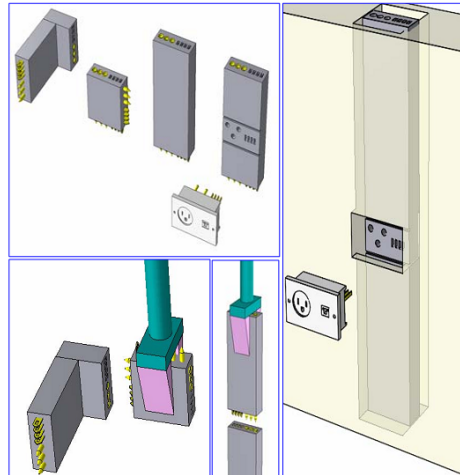
Figuur 2.12: Huis in aanbou deur gebruik te maak van kontoer-knutseling
(Khoshnevis, 2002)

Die loodgieterswerk word ook outomaties in die mure geplaas en gelas. Al die pype word vooraf in 'n spesifieke volgorde op die terrein geplaas sodat die robot-hyskraan die boumateriaal net kan optel en in posisie plaas. Voorbeelde van hoe die pype ingebou word, word in Figuur 2.13 aangedui .



Figuur 2.13: Loodgieterswerk (Khoshnevis, 2008)

Die spesiaal ontwerpte elektriese eenheid word ook in die muur geplaas en word met die drukproses in posisie geplaas en in beton gegiet. Hierdie voorafvervaardigde kraglyne en proppe word saam met die 3DP reeds in die mure geplaas soos in Figuur 2.14 geïllustreer.



Figuur 2.14: Elektrisiteit (Khoshnevis, 2008)

Die konvensionele boumetodes kan tot soveel as 40% soliede afval lewer. Met die kontoerknutseling-konstruksiemetode se akkurate boumetodes is daar baie min tot geen afval. 'n Dubbelverdiepinghuis van ongeveer 220m² wat gewoonlik etlike maande neem om te bou, sal nou in twee dae opgerig kan word (Khoshnevis, 2002).

Nie net in die boubedryf word 3DP gebruik nie, maar 3DP word tans suksesvol op verskeie gebiede in die mediese wêreld aangewend. Hulpmiddels vir gestremdes, soos byvoorbeeld die handondersteuningsapparaat, soos getoon in Foto 2.6 kan volgens persoonlike behoeftes vervaardig word.



Figuur 2.15: Apparaat vir gestremde persone (Dimension, 2011)

Drie-dimensionele drukkers word gebruik om kunsledemate presies volgens die pasiënt se liggaam, sterker, ligter, vinniger en goedkoper te ontwerp en te vervaardig. Die ledemate word ook meer aërodinamies vervaardig, wat dit meer aanvaarbaar maak vir die gebruiker soos geïllustreer in Fotos 2.6 en 2.7 hieronder.



Foto 2.6: Kunsbeen vervaardig deur 3DP (Geomagic, 2012)



Foto 2.7: Kunsbeen (Geomagic, 2012)

'n Lewensgrootte replika van 'n fetus se ontwikkeling kan ook deur 'n 3D-drukker gedruk word. Hierdie tegnologie is moontlik gemaak deur die Royal College se kunst- en ontwerpstudente. 'n Voorbeeld van so 'n gedrukte fetus word in Foto 2.8 getoon.



Foto 2.8: 3D gedrukte fetus (Mail Online, 2009)

Dr. Jorge Lopez van Brasilië het die ultraklank (*ultrasound*) MRI-skandeerder gebruik om 'n lewensgrootte replika van die fetus te groei soos in Foto 2.8 gedemonstreer. Dr

Lopez sê: 'Dit is ongelooflik om die gesig van 'n blinde moeder te sien, wanneer sy die volle skaal van haar baba kan voel en vashou en die ware grootte en vorm van die baba kan ervaar (Mail Online, 2009). In Foto 2.9 word gewys hoe selfs die gesigsuitdrukking van die klein, ontwikkelende fetus vasgelê kan word in die gedrukte weergawe.



Foto 2.9: 3D gedrukte gesigsuitdrukking van 'n fetus (Mail Online, 2009)

Die vermoë om in bykans enige geometriese vorm 'n voorwerp te groei, hou ook voordeel in vir 'n mediese inplanting. Hierdie inplanting kan nou sterker en ligter gegroei word. Die vorm van die inplanting kan deur middel van skandering en CAD bykans presies nageboots word (Arcam, 2009). Knie- of heupvervangings deur gebruik te maak van 3D drukproses het nou al alledaags geword. Die medici maak ook gebruik van 3DP by skedelfrakteure waar navorsing gedoen word oor skedelinplanting. 'n Voorbeeld van sodanige skedeloortplanting word in Foto 2.10 geïllustreer. Al die tegnologie is reeds beskikbaar om hierdie proses makliker, maar ook meer akkuraat as in die verlede uit te voer (Manning, 2011).

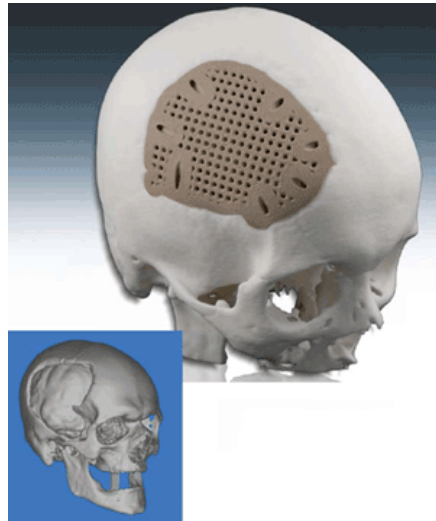
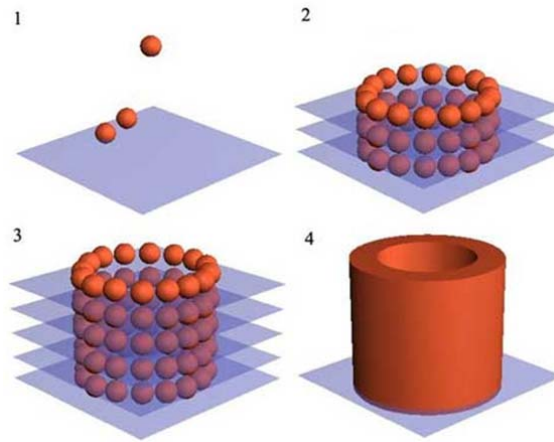


Foto 2.10: Skedelbesering (links) en 'n model (regs) toon 'n Lasersintering PEEK-skedelinplantingsgeometrie (Manning, 2011)

Die 3D-drukproses wat hier gebruik word, is die Selektiewe Lasersintering (SLS). Die proses groei 'n tralievormige struktuur wat beenvorming (osteoblast) bevorder. Die inplanting word in titanium of in Peek- (polyetheretherketone) plastiek gegroei wat beide bevorderlik is vir beengroei. Hierdie geometriese vorm kan slegs deur die 3D-drukproses verkry word - wat onmoontlik is met ander tegnologiese prosesse (Manning, 2011).

Navorsing is tans in 'n gevorderde stadium waar organe soos die lewer, niere, die hart en ander organe gegroei kan word. Die tekort aan skenkerorgane is 'n probleem en sal altyd 'n probleem wees omdat die geskikte organe nie altyd beskikbaar is nie. Die voordeel van 'n gegroeide orgaan is dat die pasiënt se eie selle gebruik word en dus vind daar ook nie verwerping deur die liggaam van die pasiënt plaas nie. Die selle van die pasiënt word in die laboratorium gegroei en in 'n 'inkhouer' geplaas, en word dan gebruik om 'n orgaan te groei. Onder natuurlike omstandighede, teen liggaamstemperatuur begin die selle se DNA-samestelling groei. Tydens die oorplanting word die funksies van die oorspronklike orgaan weer aangeneem; die selle begin funksioneer en dan begin die oorspronklike verloop van die sellewe, soos lewe, groei en doodgaan weer. Om die orgaan te vorm word die selle in 'n 3D-vorm saam met 'n wateroplosbare jel-ondersteuningsmedium gegroei. Hierdie wateroplosbare ondersteuningsmedium was later uit en die selle bly agter en net die nuut gegroeide orgaan of weefsel wat gevorm het, word behou. Figuur 2.16 stel die

proses wat plaasvind, voor. In Figuur 2.16 (1) word die laag jel en die eerste selle deur die rekenaar in posisie 'gedruk' (*geprint*). Die opeenstapeling (*layering*) van selle en jel vind dan plaas, soos aangedui in Figuur 2.16 (2) en Figuur 2.16 (3). In Figuur 2.16 (4) word die voltooide produk getoon met die jel wat uitgewas het. In 2006 het Anthony Atala en sy kollegas van Wake Forest Instituut vir Regeneratiewe Geneeskunde in Noord-Carolina 'n blaas gegroei vir verskeie ontvangerpasiënte (The Economist, 2012).



Figuur 2.16: Selle gegroei met 'n 3D-drukker (Gajitz, 2010)

Die afgelope twee jaar is 3DP besig om deel te word van die algemene huishouding. Die 3DP skep moontlikhede vir meer kreatiwiteit vir juwelierswarevervaardigers, kunstebefoefenaars, binnehuisversierders, stokperdjie-entoesiaste en selfs kinders. Kinders sal self hul eie speelgoed kan ontwerp. 'n Nuwe 3D- kindertelevisiereeks sal byvoorbeeld begin op televisie, en dan, nie lank daarna nie, sal kinders heel moontlik 'n 3D-karakter uit die televisiereeks kan druk met 'n 3D-drukker. So 'n 3DP is al reeds as 'n prototipe beskikbaar genaamd 'Orgio', ontwerp deur Artur Tchoukanov en Joris Peels. 'n Baie vereenvoudigde program is ook beskikbaar waar kinders amper soos met Lego-blokkies (blokkies wat inmekaar pas om bykans enige voorwerp mee te bou) gebruik kan maak van 'n CAD-program om hul eie ontwerpe te vervaardig en dan gebruik te maak van 3DP om hul eie speelgoed te vervaardig (sien Foto's 2.12 en 2.13). Hierdie program, 3Dtin, is 'n baie eenvoudige program. 'n Gratis weergawe met beperkte funksies is op die internet beskikbaar (Saenz, 2011).



Foto 2.11: 'Origo 3D-drukker (Saenz, 2011)



Foto 2.12: 'n Speelding gedruk met 'n 3D-drukker (*printer*) (Mims, 2010)

'n Tweede program op die mark vir kinders is Tinkercad wat maklik aangeleer kan word en baie gebruikersvriendelik is. Tinkercad is 'n gratis 3D CAD-programmatuur beskikbaar op die Internet en is ontwerp vir kinders om daarmee te kan werk (Saenz, 2011). In die kunste en vermaak word 3D-drukkers onder andere gebruik om musiekinstrumente te vervaardig (sien Foto 2.13). Wat voorheen akkuraat en met groot presisie met die hand vervaardig is, kan nou in 3D-drukkers, met dieselfde presisie, gegroei word (Team TeamUSA, 2011).



Foto 2.13: Dwarsfluit vervaardig deur 3-Ddrukwerk (Team TeamUSA, 2011)

Voetslaners, bergklimmers, natuurliefhebbers, weermagdele en stadsbeplanners kan presiese replikas van terreine uitdruk en haarfyn beplan wat in die gebied aangepak moet word. Die mynbou en landbou maak ook gebruik van 3D-landskapuitdrukke om te bepaal hoe grondvorm ondergronds en bogronds daar uit sien (3D Prototyping, 2011). Foto 2.14 toon 'n voorbeeld van 'n stad wat in 3DP gedruk is en wat gebruik kan word vir stads- en streekbeplanning (Rapid Today, 2009).



Foto 2.14: Stads- en Streekbeplanning (Rapid Today, 2009)

Juweliersware met uitsonderlike geometriese vorms word reeds met 3D-drukkers ontwerp en gegroei. Die geometrie van sodanige ontwerp het bykans geen beperking nie. Die voordeel hiervan is dat kliënte hul eie ontwerp kan bepaal en die vervaardigingsproses kan dus bykans onmiddellik begin. Voorbeelde van

juweliersware vervaardig deur 3D-drukkers word in Fotos 2.15 tot 2.16 getoon (Shapeways, n.d.; Team TeamUSA, 2011).



Foto 2.15: Juweliersware (Shapeways, n.d.)



Foto 2.16: Armband oorgetrek met goud (Team TeamUSA, 2011)

Ook in die natuur is 3D-drukkers van waarde. 'n Kaalkoparend se bek is vernietigend beskuldig deur 'n geweerpatoon (sien Foto 2.17). 'n Beeld kon van 'n ander kaalkoparend se bek gemaak word en daarna is 'n replika van die bek met 3D-drukkers gedoen. Dit is juis as gevolg van die vermoë van 3D-drukkers om ingewikkelde geometriese konstruksies uit te druk dat hierdie rehabilitasie moontlik

was. Die foto toon die kaalkoparend sonder die bek in die voor-foto en met die gerehabiliteerde bek in die na-foto. Onderaan is die CAD-tekening van die beeld waarvan die 3D-drukkers vervaardig is (Starr, 2013).

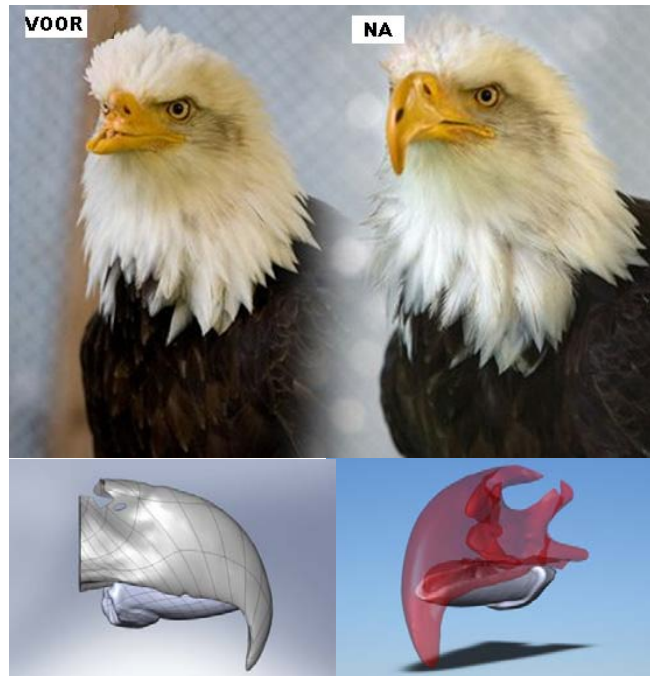


Foto 2.17: 'n Kaalkoparend met gerehabiliteerde bek (Starr, 2013)

Bogenoemde voorbeelde toon 'n verskeidenheid van gebruike van 3D-drukkers. Dit is belangrik om waar te neem by hoeveel beroepe 3D-drukkers betrokke is en wat die impak van 3D-drukkers in die toekoms sal wees. Daarom is dit belangrik dat leerders so vroeg as moontlik met die tegnologie in aanraking sal kom. Die volhoubaarheid en nuttigheidswaarde van die tegnologie strek wyer as net IGO, maar is ook deel van 'n verskeidenheid van beroepe. 'n 3D-drukkers kan in 'n verskeidenheid van vakke gebruik word, soos, byvoorbeeld in 'n biologieklas kan 'n model van 'n hart gedruk word, terwyl daar vir die wetenskapklas 'n model vir atoomsamestelling gedruk kan word.

2.10 SAMEVATTING

In hierdie hoofstuk is die ontstaan van CAD bespreek en hoe CAD ontwikkel het van 'n uiters ingewikkelde program wat slegs met gespesialiseerde opleiding gebruik kon word tot 'n meer gebruikersvriendelike program wat vandag selfs deur kleuters gebruik kan word. Die CAD-program soos ons dit vandag ken, het baie meer funksionaliteit as die programme van die sestigerjare. Studente het vandag die vermoë om bykans enige voorwerp op die rekenaar te ontwerp en met die gebruik van 3D-drukkers te vervaardig. Ons beweeg in 'n tyd van snelle tegnologiese ontwikkeling waar dit wat 'n mens nie kan koop nie, uitgedruk kan word met 'n 3D-drukker.

Met die aanvang van hierdie studie was daar baie min inligting oor die gebruik van 3D-drukkers in Suid-Afrika beskikbaar. Die tegnologie is toe reeds 'n geruime tyd in ander lande gebruik. 3D-drukkers is ideaal vir gebruik deur die ontwerpers, argitekte en Ingenieursgrafika en -ontwerpers van môre. Studente word daardeur visueel gestimuleer en word bewus van ruimte deur die gebruik van CAD en 3D-drukkers (Van West, 2012). Die gebruikersvriendelikheid van die program het ook daartoe bygedra dat hierdie en soortgelyke programme ook in skole gebruik kan word. Omdat CAD slegs die gereedskap is wat gebruik word om tekeninge te maak, sal CAD nie IGO vervang nie, maar wel 'n belangrike rol speel in die benadering tot tekeninge. In Hoofstuk 3 word die onderrigmetodes in IGO onder die loep geneem en bespreek. In die hoofstuk word daar gekyk na taksonomieë, diepte- en oppervlakbenaderings, motivering, refleksie, video's in IGO-onderrig en assessering van CAD.

HOOFSTUK 3

PERSPEKTIEF OP ONDERRIG EN FASILITERING VAN STUDENTELEER IN INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERP

3.1 INLEIDING

In hierdie hoofstuk verskaf die navorser 'n perspektief op effektiewe onderrigmetodes in Ingenieursgrafika en -Ontwerp (IGO). Die probleem wat in hierdie studie ondersoek is, handel oor die integrasie van rekenaarondersteunde tekeninge (CAD) as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program by die Universiteit van Tegnologie. Daar word in diepte gekyk na verskeie onderrigmetodes wat gebruik word in die aanleer van IGO met die gebruik van CAD as 'n hulpmiddel. Studente word aan CAD blootgestel deur middel van 'n verskeidenheid probleemtake wat deur vorige kennis en ervaring opgelos word. Hierdie probleemtake word aangevul met kombinasies van ingewikkelde probleemtake wat die student lei tot diepteleer. Hierdie gebruik van probleemoplossing en die kombinasies van vorige probleemstellings is 'n belangrike gebruik by die aanleer van CAD.

Zongyi, Kaiping, & Bing (2003, p. 122) volg 'n ander benadering. Volgens dié outeurs volg die meeste handboeke die ou, geïkonneerde metode waarvolgens begin word met tekenstandaarde, teken met instrumente, fundamentele projeksieteorie en eers dan word daar begin met meer gevorderde ingenieurstekene. Zongyi et al. (2003, p. 122) beveel aan dat daar reeds in die eerste semester met die eerstejaarstudente met 3D-modellering met die hulp van 3D-rekenaarprogrammatuur begin moet word, en daarna word die basiese beginsels van tekeninge en tekenkonstruksies gedoen. Deur te begin met die verstaan van 3D-modellering help dit die studente om die voorwerp beter in die ruimte te visualiseer en te dokumenteer. Zongyi-hulle is van mening dat studente ingenieurstekeninge op dié manier gouer aanleer en dus beter verstaan. Zongyi et al. (2003, p. 128) lig verder die opinie dat die modernisering van onderwys 'n belangrike navorsingstaak is en bly. Om CAD te verstaan, moet sekere

inhoude wat onderwysstudente op die kognitiewe vlak moet verwerk, eers aan die hulle verduidelik word. Dit kan gedoen word deur middel van 'n spel soos byvoorbeeld skaak. Die deelnemer moet eers verstaan hoe die verskillende skaakstukke op die bord geskuif kan word voordat hy/sy verskillende kombinasies kan toepas in die spel. Dieselfde geld vir CAD - alvorens die student enigsins met CAD kan teken, moet sekere belangrike gebruike eers aangeleer word, sodat hierdie gebruike in kombinasies toegepas kan word.

Om die verskillende onderrigleer- en fasiliteringsmetodes wat bespreek word, duidelik toe te lig, word Bloom se taksonomie en die SOLO-taksonomie in hierdie hoofstuk bespreek. Daar word veral gefokus op Bloom se verwerkte digitale taksonomie. Om die bespreking in konteks te stel, word die vereistes van Vlak ses van die Nasionale Kwalifikasieraamwerk (NKR), waaraan studente moet voldoen om suksesvol te wees, ook bespreek. Verder is die studie uitgebrei deur 'n literatuurstudie oor diepte- en oppervlakkige leerbenaderings, vlakke van motivering en refleksie oor onderrigmetodes te doen. Insigte wat uit die literatuurstudie bekom is, vorm die grondslag van die besprekings in hierdie hoofstuk.

3.2 TAKSONOMIEË

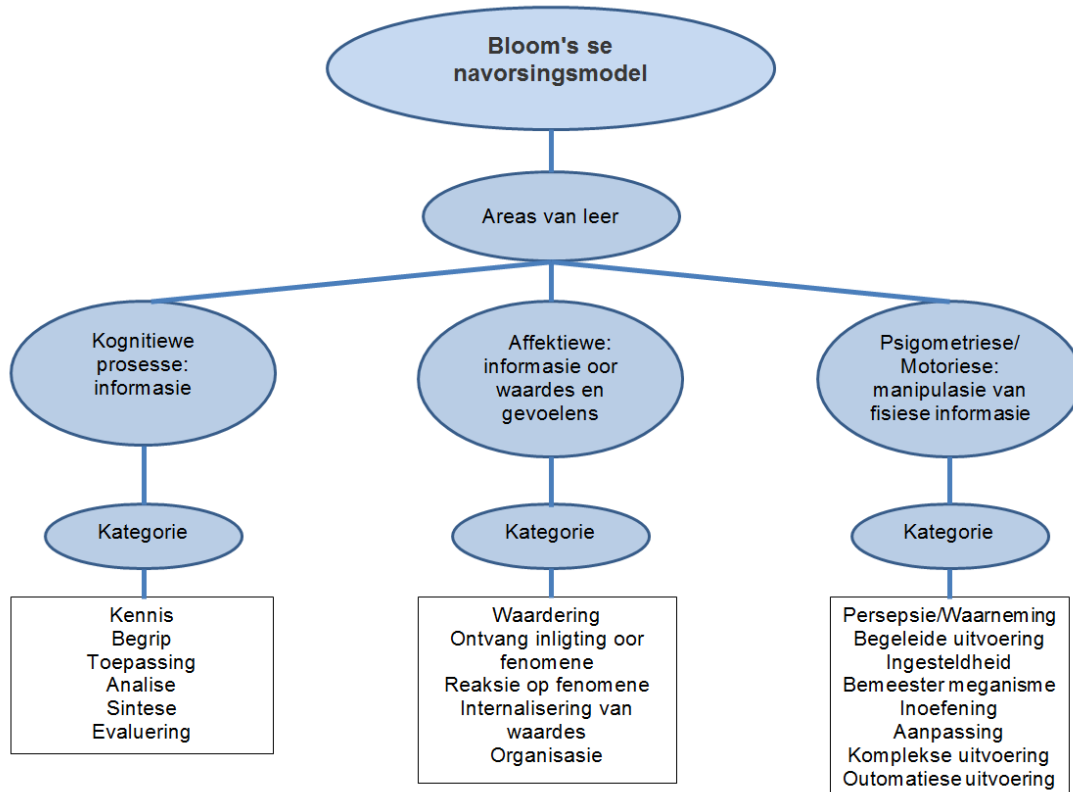
In dié afdeling word die taksonomieë van Bloom, sy hersiene taksonomie, asook die SOLO-taksonomie bespreek, en die vlakke van vereistes van die NKR (Nasionale Kwalifikasieraamwerk) word ook in oënskou geneem. Voorgraadse programme word by SAQA (*South African Qualifications Authority*) geregistreer op NKR-vlak ses en wanneer uitkomst geskryf word vir 'n program moet dit voldoen aan die vereistes vir daardie vlak.

3.2.1 Bloom se Taksonomie

In die 1950's het Benjamin Bloom 'n taksonomie ontwerp wat vandag nog relevant en van toepassing is. Die waarde van Bloom se taksonomie is dat 'n meetinstrument om die standaard van evaluering/assessering te bepaal vir die eerste keer daargestel is. Bloom se taksonomie bring ook mee dat navorsing oor evaluering en opvoeding gestimuleer word. Die taksonomie stel kriteria vir

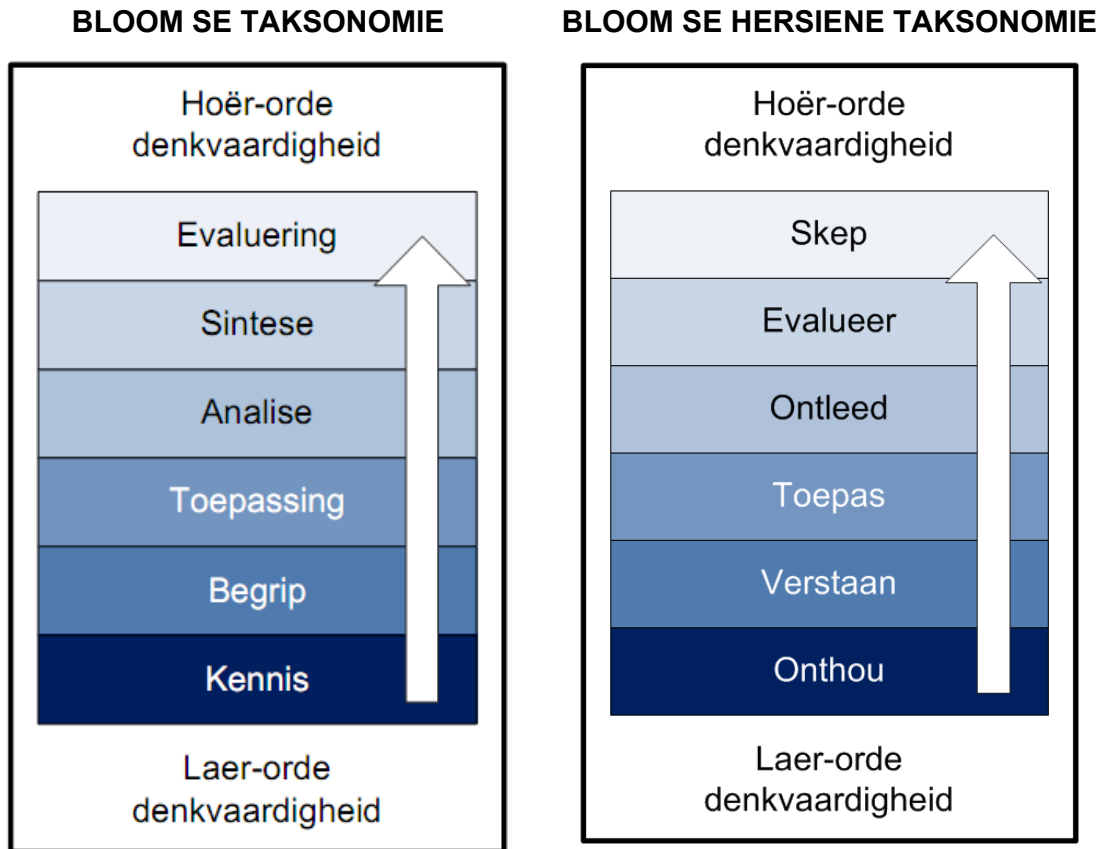
assessering van die leerproses in drie domeine daar, naamlik die kognitiewe domein waar informasie geprosesseer word, die affektiewe domein waar waardes en gevoelens ontwikkel en die psigomotoriese domein waar manipulasie en ontwikkeling van fisiese vaardighede sentreer (Churches, 2008, p. 3; Churches, 2012).

Bloom se taksonomie word uiteengesit in Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Bloom se taksonomie (Churches, 2008, p. 4)

Bloom se taksonomie het bekendheid verwerf, veral wat betref die kognitiewe domein wat deur ses kognitiewe kategorieë (vlakke) onderskei word. Bloom se taksonomie beskryf dat 'n mens nie iets kan verstaan as jy dit nie eers kan onthou nie, daarteenoor kan jy nie kennis toevoeg tot 'n konsep as jy die begrip nie eers verstaan nie. Hierdie denkproses kom in kontinuïteit voor van laer orde kognitiewe vlakke tot hoër orde kognitiewe vlakke soos in Figuur 3.2 beskryf.



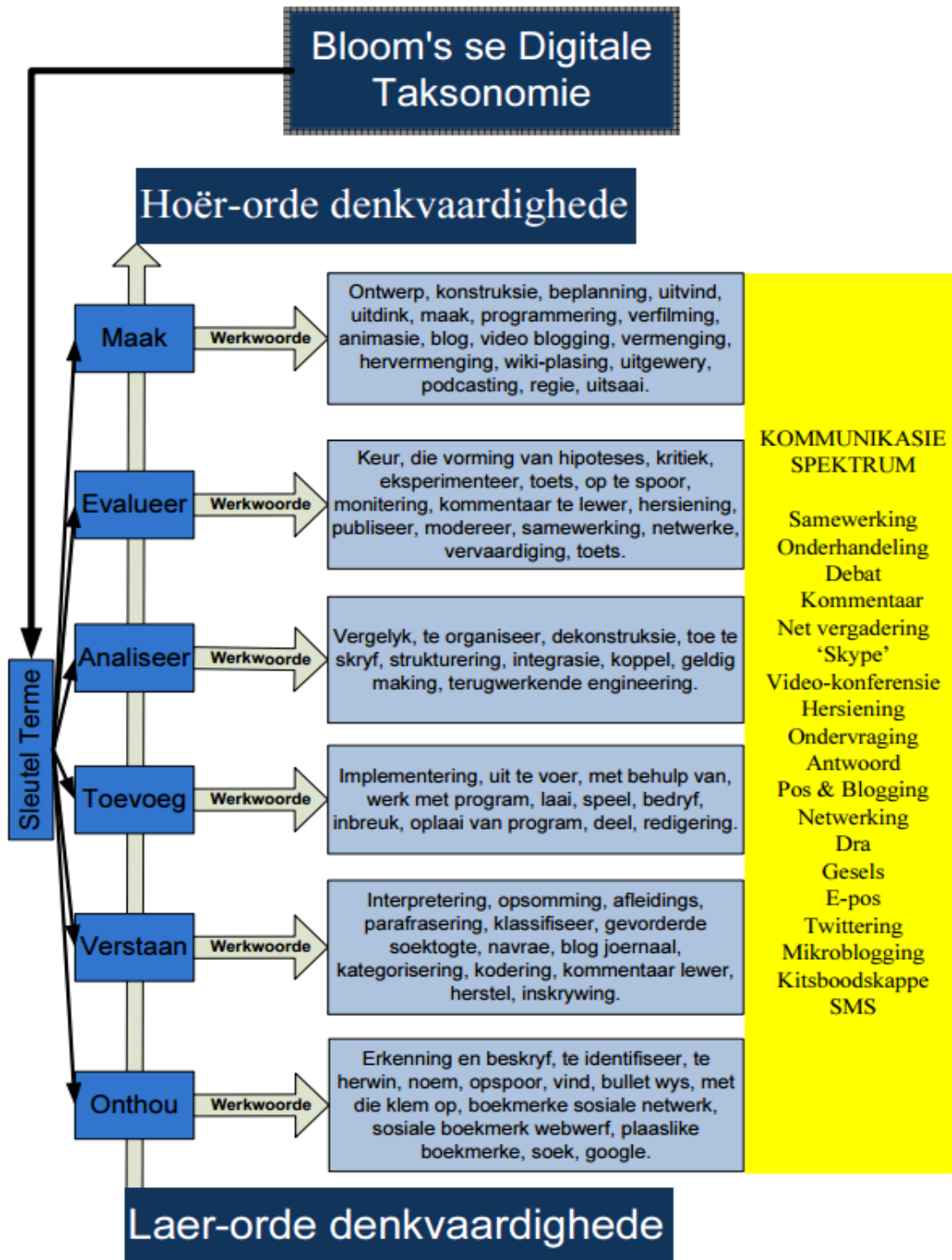
Figuur 3.2: Bloom se taksonomie en hersiene taksonomie (Churches, 2008, p. 5; Churches, 2012)

In die 1990's het Anderson en Krathwohl, 'n hersiene weergawe van Bloom se taksonomie gepubliseer. Die kern van Bloom se hersiene taksonomie is die gebruik van werkwoorde vir die beskrywing van elk van die kategorieë. Die vlakke word van laer- tot hoër orde gerangskik. By die hersiene weergawe van Bloom se taksonomie word sintese met skepping vervang en evaluasie met evalueer. Anderson en Krathwohl beskou kreatiwiteit (skep) op dieselfde vlak as evaluering binne die kognitiewe domein. In Figuur 3.2 word Bloom se hersiene taksonomie skematies voorgestel soos in die paragraaf bespreek. Bloom se taksonomie en die hersiene taksonomie is met die digitale koms in die onderwys uitgebrei tot Bloom se digitale taksonomie. Hierdie uitgebreide digitale taksonomie van Bloom lewer ook 'n bydrae in die analisering van CAD.

3.2.2 Bloom se Digitale Taksonomie

Samewerking speel 'n belangrike rol in die digitale wêreld. Met die koms van digitale tegnologie het kommunikasievaardighede en rolspelers 'n belangrike faktor in tegnologie-opleiding geword (Churches, Teachlearning, 2008, p. 8). Samewerking en goeie kommunikasievaardighede sal voortaan 'n toenemend belangrike rol speel, veral ook in CAD- opleiding, omdat, anders as in die verlede, meer mense tegelykertyd aan 'n projek kan werk. So kan 'n hele span nou tegelykertyd aan 'n ontwerp werk, waar in die verlede slegs een persoon aan 'n projek of ontwerp gewerk het. Hierdie kenmerk word dan ook beklemtoon in Bloom's se digitale taksonomie soos beskryf deur Churches (2008:8). As daar na die publikasie van UNESCO, "The four pillars of Education", gekyk word, is die vier pilare juis gefokus op samewerking. Volgens 'n publikasie van UNESCO (Delors 1998, p. 1) berus die volgende vier pilare op samewerking: Leer om te weet, te doen, saam te leef en te wees. Om studente voor te berei vir onderrig moet hierdie model van samewerking ingesluit word. In die digitale wêreld is 'n verskeidenheid samewerkingshulpmiddels beskikbaar wat kommunikasie baie makliker maak. Digitale hulpmiddels wat kosteloos in die CAD- klas gebruik kan word is, 'wikis', 'blogs', sosiale netwerke, en opvoedkundige onderrigstelsels soos 'Blackboard', 'Moodle' en Web CT (Churches, Teachlearning, 2008, p. 8).

Bloom se aangepaste digitale taksonomie word in Figuur 3.3 diagrammaties voorgestel. Die digitale taksonomie bestaan uit ses sleuteltermes wat begin by 'n laer orde en opwaarts ontwikkel na 'n hoërorde denkvaardigheid. Elke sleutelterm word omskryf deur 'n werkwoord wat uitloop in 'n kommunikasiespektrum. Omdat CAD 'n kommunikasiemedium is, maak die hersiene digitale taksonomie van Bloom dit meer haalbaar om CAD te evalueer.



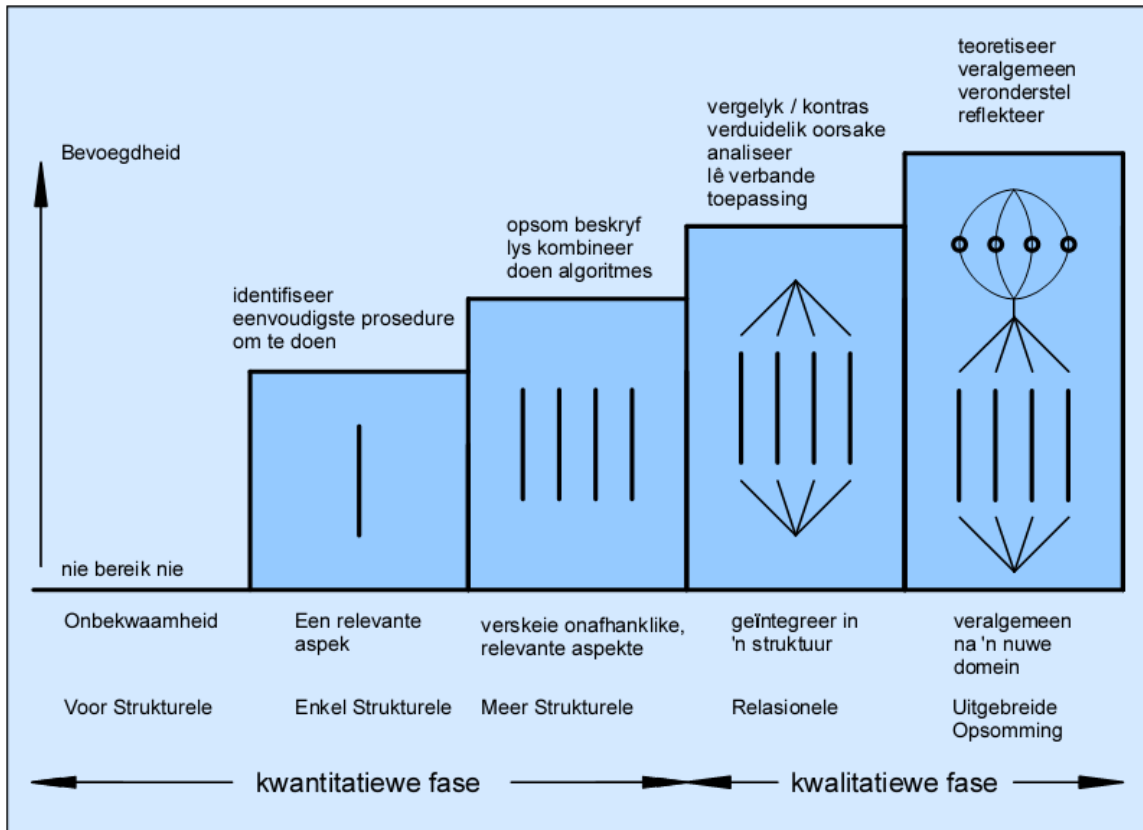
Figuur 3.3: Bloom se digitale taksonomie soos verwerk deur Churches. (Churches, Teachlearning, 2008, p. 7; Churches, Edorigami Wikispace, 2012)

Wanneer 'n student se terugvoer geanaliseer word, is dit nodig dat die navorser kwalitatiewe evaluering moet toepas om die vlak van die response te bepaal. 'n

Erkende meetinstrument wat gebruik word, is die SOLO-Taksonomie (*Structure of Observed Learning Outcomes*) (Biggs, 2011, p. 1).

3.2.3 SOLO-Taksonomie

Die beskrywing van die SOLO-taksonomie is die vlakke van leer wat opwaarts vermeerder van oppervlakkige leer tot waar diepteleer ontstaan. Met die SOLO-taksonomie word daar gevorder van eenvoudige tot 'n komplekse geheel van leeruitkomste. Ter verduideliking: in Ingenieursgrafika en -Ontwerp bestaan 'n tekening uit verskillende konstruksiemetodes wat aangeleer moet word. Hierdie verskillende konstruksies vorm dan later 'n komplekse tekening wat 'n geheel prentjie vorm. Dieselfde gebeur in CAD waar dit belangrik is dat die student eers vertrouwd moet raak met die verskillende *toolbars* voordat ingewikkelde en komplekse tekeninge op CAD geteken kan word. Hierdie eerste fase in die SOLO-taksonomie staan bekend as die voor-strukturele vlak. In die voor-strukturele vlak argumenteer studente slegs oor dele van informasie wat nog nie met mekaar verbind is nie. Die kurrikulum is dan ook so saamgestel dat die student met 'n enkel-strukturele vlak van lyne, vlakfigure en sirkels begin. Hierdie enkel-strukturele vlak word gou omgesit na 'n meer strukturele vlak waar die studente gebruik maak van die lyne, vlakfigure en sirkels om strukture te vorm. Hierdie strukture word weer omgesit in relasionele strukture wat verband hou met die toepassing van CAD in die werklikheid. Die relasionele strukture word veralgemeen na 'n nuwe domein tot 'n uitgebreide opsomming. Die SOLO-taksonomie kan nie nét vir assessering/evaluering gebruik word nie, maar kan ook met vrug aangewend word in die ontwerp van die kurrikulum en is nuttig in die konstruktiewe belyning in die ontwerp van die kurrikulum (Biggs, 2011, p. 1). Die vlakke van die SOLO-taksonomie word in Figuur 3.4 diagrammaties voorgestel.



Figuur 3.4: Die SOLO-taksonomie se vlakke van verstaan ((Biggs & Tang 2009, p. 79): (Atherton 2010)).

Om die onderrigproses te komplementeer is dit noodsaaklik om die onderrigproses konstruktief te belyn. Biggs en Tang (2009:p.50) is van mening dat studente nie geleer word hoe om op bewys van leer te reflekteer nie, hulle moet hierdie getuienis van wat hulle geleer het, kan weergee en hulle eie maak. Die vyf vlakke van die SOLO-taksonomie, soos beskryf deur Biggs en Tang (2009, p. 77), word in Figuur 3.5-9 diagrammaties voorgestel as die voor-, enkel-, meer strukturele-, relasionele- en die uitgebreide abstrakte vlak. Die eerste drie vlakke (voor-, enkel-, en meer-strukturele vlakke) word beskou as die kwantitatiewe fases. Die laaste twee, die relasionele en die uitgebreide abstrakte vlakke, word beskou as die kwalitatiewe fase.

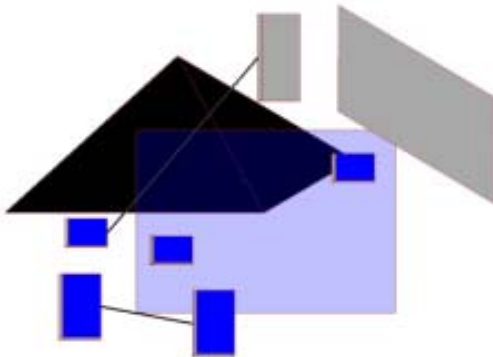
Voor-strukturele fase: In hierdie fase versamel die student inligting wat geen verband hou met wat geleer word nie. Die nut van die voor-strukturele fase is om 'n

fondasie te lê vir die daaropvolgende fases. In CAD leer studente om vorms te teken soos lyne, vierkante, seshokke en sirkels. Maar geen verband word gelê tussen die verskillende vorms nie, soos in Figuur 3.5 geïllustreer.



Figuur 3.5: Voor-strukturele fase (Atherton, 2010)

Enkel-strukturele fase: Tydens hierdie fase word daar 'n verband gelê tussen die verskillende vorms, maar die belangrikheid van verskeidenheid word nog nie begryp nie. Die verskillende vorms word erken, maar die bruikbaarheid daarvan word nie verstaan nie, soos in Figuur 3.6 geïllustreer.



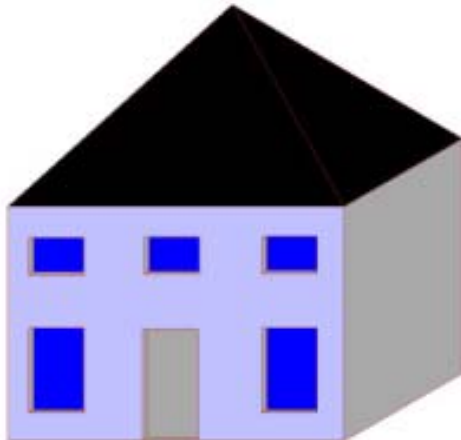
Figuur 3.6: Enkel-strukturele fase (Atherton, 2010)

Meer strukturele fase: In hierdie fase van leer word 'n aantal verbindings tussen die geometriese figure gemaak. Die verskeidenheid van geometriese vorms word in die fase ervaar. Die multifunksionaliteit van die geometriese vorms word herken en verbande word tussen die geometriese vorms gelê, soos in Figuur 3.7 geïllustreer.



Figuur 3.7: Meer strukturele fase (Atherton, 2010)

Relasionele vlak: Die student is nou in staat om die betekenis van die dele binne die geheel te waardeer. Die verband tussen 'n enkele geometriese vorm of lyn word nou waargeneem of gebruik in 'n geheelbeeld, soos in Figuur 3.8 geïllustreer.



Figuur 3.8: Relasionele vlak (Atherton, 2010)

Uitgebreide abstrakte fase: In die uitgebreide abstrakte fase maak die student nie net verbintnisse binne die gegewe geometrie nie, maar hy/sy kan ook relasies na buite maak. Hier word oordrag van kennis en sekere beginsels en idees vasgelê. Beginsels en idees word nie net binne die onderwerp vasgelê nie, maar ook buite die onderwerp, soos in Figuur 3.9 geïllustreer.



Figuur 3.9: Uitgebreide abstrakte fase (Atherton, 2010)

In die uitgebreide abstrakte fase kry die student die geleentheid om verbande te lê tussen wat hy/sy geleer het en die werklikheid. Nou word tekeninge en tegnieke omskep in ontwerp en beplanning. Die onderdele vorm nou 'n geheel van 'n voorwerp wat bruikbaar is in die praktyk. Nou vind diepteleer en toepassing plaas.

3.2.4 Vlakbeskrywers van die Nasionale Kwalifikasieraamwerk (NKR)

Volgens SAQA (2012, p. 9) se riglyne word van voorgraadse studente op NKR-vlak ses (Nasionale Kwalifikasieraamwerk) verwag om gedetailleerde kennis en begrip van een of meer velde te hê, asook om daardie kennis te kan toepas in ander velde, dissiplines of praktyke. Hierdie kennis sluit die verskillende produksieprosesse, soos in CAD onderskryf, in waarvolgens studente die verskillende fases van ontwerp in CAD moet bemeester (sien 2.3.3). Soos deur SAQA voorgeskryf, moet studente ook oor die vermoë beskik om toepaslike metodes, prosedures en tegnieke te kan ondersoek en kan toepas binne 'n bepaalde konteks. Studente op die vlak van 'n voorgraadse kursus, NKR vlak ses, moet ook in staat wees om probleme te identifiseer en oplossings vir probleme te vind (sien 2.3.3). Studente moet ook bewus wees van die etiese implikasies van besluite binne die professionele konteks en ook watter etiese dilemmas moontlik in 'n professionele konteks kan voorkom. Studente moet oor die vermoë beskik om goed ontwikkelde prosesse van analise,

sintese en evaluering op bestuursvlak toe te pas en te demonstree. Hierdie gegewe akademiese- en beroepskonvensies, formate en tegnologie moet ook op 'n hoë-orde denkvlak, soos in Bloom se taksonomie voorgedou, gedemonstree kan word (sien 3.2.1).

Studente op NKR-vlak ses moet ook in staat wees om inligting vanuit 'n verskeidenheid bronne, insluitende mondelinge, skriftelike of simboliese tekste in te samel, te verwerk en te bestuur. Hierdie data moet deur die student geanaliseer en geëvalueer word (sien 3.2.1). Dit sluit nou aan by wat in CAD gedoen word waar 'n verskeidenheid van inligting mondeling, skriftelik en simbolies aan studente verskaf word en die studente hierdie inligting dan evalueer en verwerk in bruikbare CAD-tekeninge (sien 2.3). Volgens die NKR moet die student kennis dra van nuwe stelsels en hul verskillende dele en watter inpak hierdie stelsels op mekaar sal uitoeven. 'n Voorbeeld hiervan word waargeneem in die invloed wat CAD op IGO as vak het (sien 2.5).

'n Verdere vereiste van die NKR is dat leer bestuur moet word, sodat studente binne in 'n gestruktureerde leerproses verantwoordelikheid moet neem vir hul eie leer en om die leer van ander te bevorder. Die hele doel van CAD-opleiding is dat CAD gebruik sal word as tekengereedskap om weer ander te leer om CAD te gebruik as tekengereedskap (sien 2.3.3). Daar word ook verwag, volgens die NKR-vlakbeskrywers, dat studente met verantwoordelikheid hulpbronne in die werkplek moet gebruik en toepas. Daar word ook toegesien in die IGO-klas dat studente genoegsame kennis het van hulpbronne en programmatuur om verantwoordelik daarmee te handel. In die volgende afdeling word diepteleer en hoe 'n gemotiveerde student oorgaan tot diepteleer bespreek.

3.3 DIEPTE- EN OPPERVLAKKIGE BENADERING TOT LEER

Een van die aanwysers van suksesvolle onderrig is te vinde in die student se benadering tot leer en ingesteldheid teenoor die vak. Die doel waarna dosente strew, is dat studente entoesiasies, betrokke en lief moet wees vir die vak, en 'n diepteleerbenadering tot die vak sal toon (Lublin, 2003, p. 2). Alhoewel studente

geklassifiseer kan word as diep- of oppervlakleerders, kan een persoon op verskillende tye beide benaderings hê. Dit kan afhang van die persoon se voorkeur en ingesteldheid tot verskillende vakke, soos in Tabel 3.1 geïllustreer is (Atherton, 2010).

Tabel 3.1: Die kenmerke van diepte- en oppervlakkige leerbenaderings (Atherton, 2010)

Diepteleer	Oppervlakkige leer
Die fokus is op wat duidelik aangedui word	Die fokus is op 'tekens' (of op leer as 'n aanduiding van iets anders)
Lê verbande tussen voorafkennis en nuwe inligting.	Fokus op onverwante dele van die taak.
Lê verbande met kennis vanuit verskillende kursusse.	Inligting vir assessering is bloot gememoriseer.
Lê verbande tussen teoretiese idees en reële ervarings.	Feite en konsepte word sonder insig geassosieer.
Lê verbande en onderskei tussen bewyse en argumente.	Beginsels word nie onderskei van voorbeelde nie.
Organiseer en struktureer inhoud in 'n samehangende geheel.	Die taak word beskou as 'n eksterne strafopdrag of onnodige taak.
Klem is intern gefokus, vanuit die student.	Die klem is ekstern gefokus; uit die eise van die assessering.

Diepte- of oppervlakkige leer toon ooreenkomste met motivering. Diepteleer gaan gepaard met intrinsieke motivering en oppervlakkige leer met ekstrinsieke motivering. Daar is 'n definitiewe verband tussen diepteleer en motivering (sien 3.4). Volgens Biggs en Tang (2009, p. 31) is daar nie iets soos 'n ongemotiveerde student nie. Biggs en Tang (2009, p. 31) beweer verder dat alle studente wat nie in 'n koma is nie, gewillig is om iets te doen. Die dosent se taak is om die student se leergeleenthede te vergroot om die beoogde leeruitkomste te bereik. Dit is ook ongelukkig so dat baie aspekte van onderrig, diepteleer by die student ontmoedig en dalk 'n negatiewe rol speel in die leerproses van die student. Dit is die taak van die

dosent om hierdie negatiewe aspekte te identifiseer en te verminder (Biggs & Tang, 2009, p.31).

'n Leerbenadering kan gedefinieer word as die hoe en wat: Hoe individue leer ervaar, die **“hoe”** en **“wat”** hulle geleer word, is belangriker as **“hoe baie hulle onthou”** (Atherton, 2010). Deur die regte belyning van werk, soos beskryf in Bloom en die SOLO taksonomieë, kan die dosent 'n rol speel om leerders te motiveer om 'n diepteleerbenadering te volg (Atherton, 2010).

Bogenoemde beginsels van diepteleer in die onderrig van CAD is baie belangrik. Studente kan tydens die IGO-onderrigervaring maklik in die beginfase, die voor- en enkel-strukturele fase soos in die SOLO-taksonomie beskryf, moedeloos of selfs verlore raak. Wanneer studente nie die nodige diepgaande kennis van die CAD-sisteme, die voor- en enkel-strukturele fase, soos in die SOLO-taksonomie beskryf, verstaan en onder die knie het nie, sou hulle moontlik nie die strukturele-, relasionele- en die uitgebreide abstrakte fases kan baasraak nie. Die navorser het waargeneem dat om CAD te gebruik vir tegniese tekene, dit noodsaaklik blyk te wees om CAD logies te belyn in die kurrikulum. Diepgaande kennis van CAD kan bydra tot die suksesvolle gebruik van CAD as 'n tekenmetode. Soos beskryf in die SOLO-taksonomie het studente 'n uitgebreide kennis nodig om CAD-vaardig te raak. Beginsels en kennis word nie net binne die ontwerp vasgelê nie, maar ook aan die buitekant van die ontwerp. Daar moet dus harmonie wees in die gebruik van CAD as 'n werktuig en die ingenieursvaardighede om die produk te kan ontwerp. Die navorser het waargeneem dat anders as met handtekeninge is 'n uitgebreide en diepgaande kennis nodig om met gemak CAD as 'n suksesvolle tekeninstrument te kan gebruik. Om by hierdie punt te kom, moet 'n diepgaande kennis bereik word van die onderrig-en-leer beginsels. Die kuns is nie om so gou as moontlik met CAD te kan teken nie, maar deur die regte belyning van 'n kurrikulum studente se belangstelling te behou en van oppervlakte kennis te begelei na 'n diep kennis van CAD (Atherton, 2010).

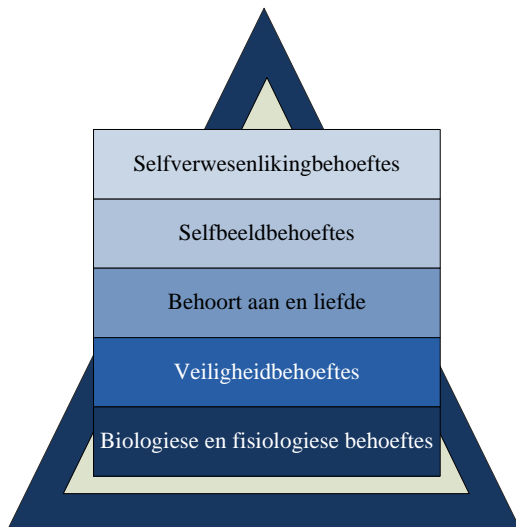
Diepteleer gaan gepaard met 'n strategiese benadering. Diepteleer kan nie plaasvind as studente bloot net nie gemotiveerd is om 'n diepteleerbenadering in 'n

vak te volg nie. Studente wat 'n diepteleerbenadering volg, is eerstens geïnteresseerd en wil graag goed presteer in die vak. Hulle organiseer en versprei hul tyd ekonomies. Verder maak hulle seker dat hulle oor die nodige materiaal en bevorderlike leeromstandighede beskik. Hierdie studente maak ook gebruik van vorige eksamenvraestelle om vir antwoorde voor te berei. Hulle woon gereeld hul klasse by en is bedag op leidrade en probeer om insig te verkry in verskeie onderwerpe in die vak (Lublin, 2003, p. 4). 'n Student met 'n diepteleerbenadering behaal sukses en het 'n intellektuele verhouding met die vakrigting. Die beste manier om studente entoesiasies en gemotiveerd te kry is wanneer die dosent self gemotiveerd en entoesiasies is oor sy/haar vak (Lublin, 2003, p. 5).

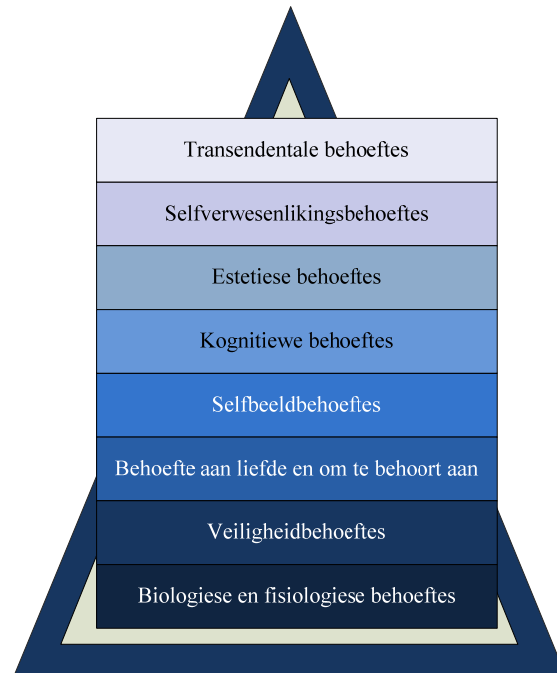
3.4 VLAKKE VAN MOTIVERING

Motivering is 'n proses wat doelgerigte gedrag voortbring; motivering verklaar ook hoekom mense sekere gedrag openbaar. Motivering, eenvoudig gestel, beteken die drang of begeerte om iets te doen of te bereik sodat 'n behoefte in 'n gegewe omgewing bevredig kan word (De Beer, 2004, p. 8). Maslow se klassieke model van vlakke van motivering word in Figuur 3.10 uitgebeeld. Maslow (1908 – 1970) het sy navorsing eers op diere van toepassing gemaak en later van tyd op mense. Die essensie van die navorsing is die vlakke van motivering, en dit beteken dat 'n mens se behoeftes nie op 'n hoërorde- motiveringsvlak bevredig sal word as 'n laer orde nie eers bevredig is nie. Om te verduidelik, kan gesê word dat iemand wat 'n bed het om op te slaap en kos het in die koskaste sal dan begin dink aan 'n volgende motiveringsvlak soos beskerming, orde en wette. Maar alvorens die eerste vlak, wat biologiese en fisiologiese behoeftes is, nie bevredig is nie, sal daar nie na 'n volgende vlak behoeftes oorgegaan word nie, soos in Figuur 3.10 geïllustreer (Atherton, 2010).

MASLOW SE VYF VLAKKE VAN MOTIVERING



MASLOW SE AGT VLAKKE VAN MOTIVERING



Figuur 3.10: Maslow se motiveringsvlakke (Atherton, 2010)

Maslow het later twee ekstra motiveringsvlakke bygevoeg naamlik kognitiewe- en estetiese behoeftes. Hierdie hiërargie van behoeftes is gefokus op menslike behoeftes. In die 1990's is daar 'n agtste motiveringsvlak toegevoeg by Maslow se teorie, naamlik die transendente behoeftes van die mens. Hierdie vlak dui op die behoefte om ander te help om selfverwesenliking te bereik. Hierdie agste motiveringsvlak word in Figuur 3.10 aangedui. Die beskrywing van behoeftes en moontlike sleutelwoorde wat gebruik word vir die vlakke van motivering, word in Tabel 3.2 geïllustreer.

Tabel 3.2: Beskrywing van die sleutelwoorde wat gebruik word in die vlakke van motivering (Atherton, 2010)

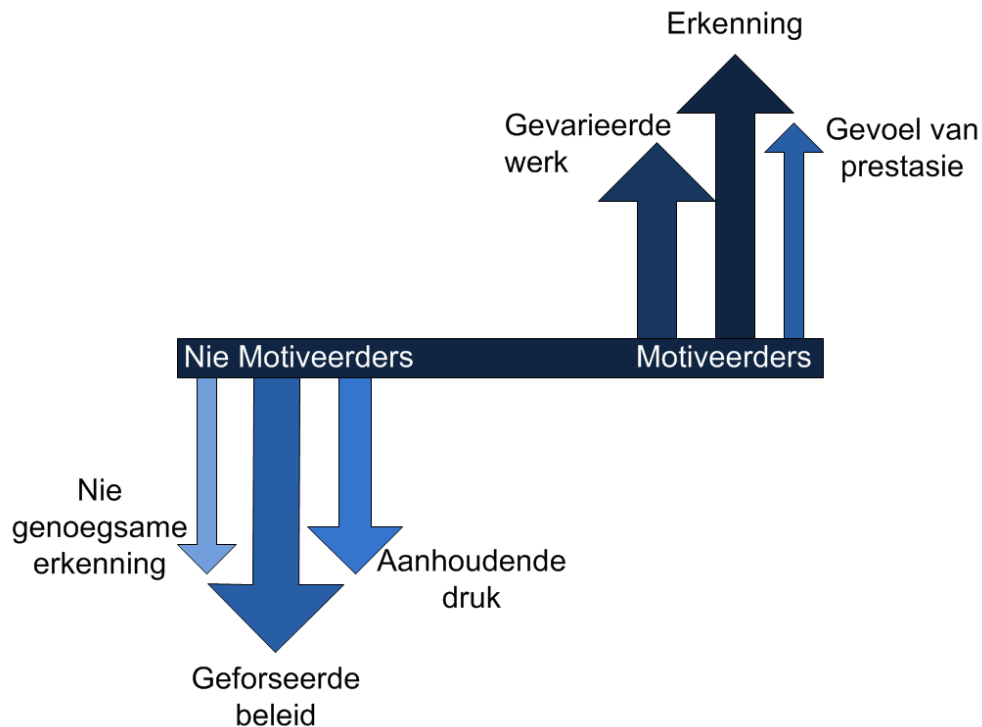
VLAK VAN BEHOEFTE	SLEUTELWOORDE
1. Biologiese en fisiologiese	lug, voedsel, drank, skuiling, warmte, seks, slaap.
2. Veiligheid	die beskerming van die elemente, veiligheid, orde, wet, limiete, stabiliteit.
3. Behoort aan en liefde	groep, familie, liefde, verhouding.
4. Selfbeeld	selfbeeld, prestasie, bemeestering, onafhanklikheid, status, oorheersing, prestige, bestuursverantwoordelikheid.
5. Kognitiewe behoeftes	kennis, betekenis.
6. Estetiese behoeftes	waardering vir en soeke na skoonheid, balans, vorm.
7. Selfverwesening	die verwesenliking van persoonlike potensiaal, selfvervulling, op soek na persoonlike groei en piek-ervarings.
8. Transendente behoeftes	om ander te help om selfverwesening te bereik.

Vervolgens word Herzberg se gesonde, motiverende teorie bespreek. Hierdie teorie word gebaseer op behoeftes wat die mens goed laat voel.

3.4.1 Gesonde, motiverende teorie

Die mens het basiese behoeftes wat deur Herzberg (Changing minds, 2002) beskryf word as gesonde, motiverende behoeftes. Wanneer hierdie basiese behoeftes, soos byvoorbeeld genoegsame erkenning, tevrede met prestasie, verantwoordelikheid en bevordering, nie bevredig word nie, laat dit 'n mens ontevrede, maar motiveer die mens nie noodwendig nie, byvoorbeeld, dit sal studente nie noodwendig tot diepteleer motiveer nie. Motiverende behoeftes, soos aan variasie in die werk, motivering en 'n gevoel tot prestasie, is motiverende behoeftes; wanneer hierdie

motiverende behoeftes bevredig word, stel dit die mens tevrede. Hierdie behoeftes word motiveerders genoem. Hierdie teorie is ook Herzberg se twee-faktorteorie genoem in *Changing minds* (2002). Herzberg het verder gegaan om mense uit te vra oor faktore wat hulle laat goed voel oor hulle werk. Die volgende faktore is deur Herzberg (*Changing minds*, 2002) geïdentifiseer as faktore wat mense laat goed voel oor hul werk, naamlik werkstevredenheid, prestasie, erkenning, die werk wat deur die werker self afgehandel is, verantwoordelikheid en bevordering. Faktore wat werkers ongemotiveerd laat voel, is ongelukkigheid oor maatskappybeleid en -administrasie, toesig, personeel, salaris, interpersoonlike verhoudings en werksomstandighede. Wanneer mense gemotiveer moet word, moet daar gekonsentreer word op die motiveringselemente. In Figuur 3.11 word 'n gesonde motiveringsbalans geïllustreer (*Changing minds*, 2002).



Figuur 3.11: Gesonde motiveringsbalans (Atherton, 2010)

'n Voorbeeld hiervan is die rekenaar en programmatuur in die klas. Die rekenaars en programmatuur motiveer nie noodwendig die leerders nie, maar as die rekenaars of programmatuur nie in stand gehou word nie, is dit 'n demotiveerder. Die navorser ervaar wanneer 'n werkstuk suksesvol deur die student voltooi is, die voltooide

produk n beter motivering is, eerder as wanneer die dosent die studente sal motiveer tot diepteleer.

3.4.2 Vier soorte motiveringstrategieë

Kjerulf (2006) beskryf vier soorte motiveringstrategieë, wat vir studente gebruik kan word, en sê dat drie van die strategieë nie werk nie (sien Figuur 3.12). Kjerulf beweer verder dat daar 'n baie eenvoudige verduideliking is hoekom slegs een van die strategieë werk. Motivering kan intrinsiek (van binne die persoon self) of ekstrasiek (van buite die persoon) plaasvind. Intrinsieke motivering is wanneer daar 'n wil is om iets te doen. Ekstrasieke motivering is wanneer iemand anders probeer om 'n persoon te motiveer om iets doen, soos vroeër bespreek in diepteleer (sien 3.3). Kjerulf (2006) verduidelik verder dat daar ook positiewe en negatiewe motiveerders is. Positiewe motivering dui op besluite wat self geneem word, terwyl negatiewe motivering negatiewe gevolge wil vermy soos byvoorbeeld straf as werk nie gedoen is nie.

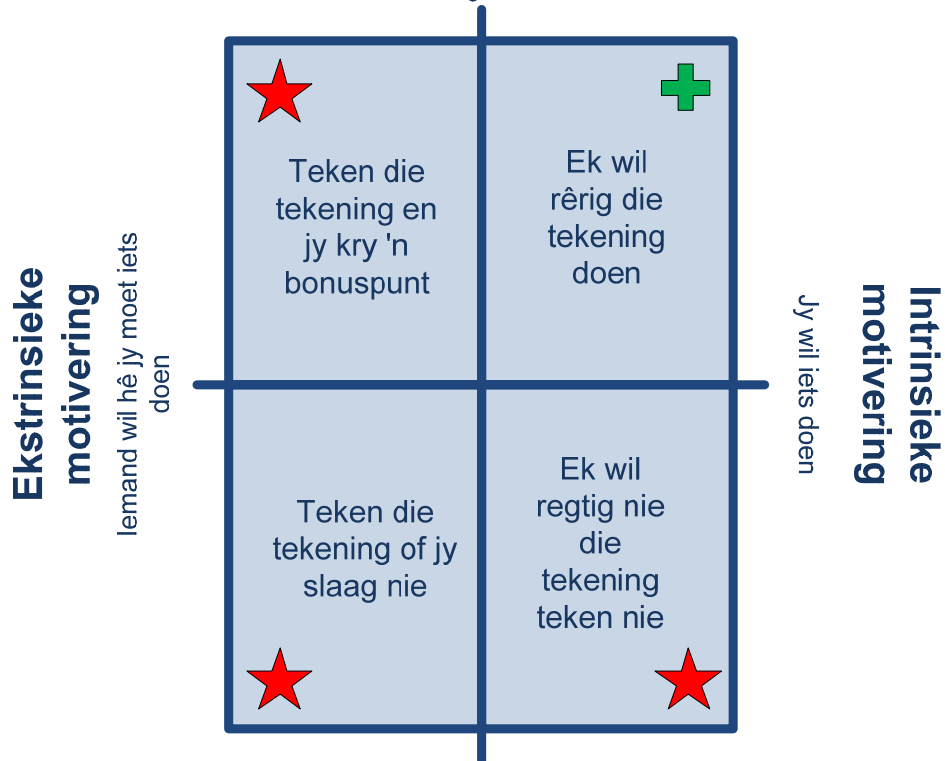
In Figuur 3.12 beskryf Kjerulf (2006) vier kwadrante wat elk 'n moontlike motivering of kombinasie van motiverings is waarvan slegs een tipe motivering volhoubaar is. Motivering deur middel van straf of erkenning is nie volhoubaar nie en verdwyn sodra die motiveringsmiddel verwyder word. Om negatiewe motivering te gebruik, beteken net 'n groter straf/beloning volgende keer. 'n Voorbeeld hiervan is 'n ondersoek wat by 'n biblioteek gedoen is, waar kinders punte gekry het vir die aantal boeke wat hulle gelees het. Indien die kinders 'n sekere aantal boeke gelees het, het hulle 'n gratis pizza gekry. Die kinders het wel meer boeke gedurende die vakansie gelees, maar nadat die projek geëindig het, het die kinders weer minder gelees. Volgens hierdie projek is negatiewe motivering nie volhoubaar nie. Navorsing is ook gedoen op hartpasiënte wat hartomleidingsoperasies ondergaan het. Die pasiënte is gewaarsku om op te hou ongesond eet, rook, drink en hulle werksstres te verminder anders sou hulle vroeër sterf as gevolg van hierdie leefwyse. Na 'n jaar is bevind dat slegs tien persent gehou het by die aanbevelings. Hierdie navorsing van Kjerulf toon dat ekstrasieke motiveringsfaktore nie volhoubaar is nie en dat intrinsieke motiveringsfaktore meer volhoubaar is (Kjerulf, 2006).

In Figuur 3.12 word vier soorte motiveringsstrategieë verduidelik (Kjerulf, 2006, p. n.p.)

Vier soorte motiveringstrategieë


Positiewe motivering


Motivering na 'n doel



Negatiewe motivering

Motivering weg van die doel

 Hierdie drie motiveringstrategieë werk nie tog bly ons dit in die onderwys gebruik.

 Alleen dié motiveringstrategieë genereer volhoubare motivering.

Figuur 3.12: Vier vorms van motivering (Kjerulf, 2006)

Kjerulf (2006) het bevind dat mense wat gemotiveerd is by die werk, oor die volgende eienskappe beskik. Dit is mense wat aan hulself uitdagings stel en dit najaag. Gewoonlik het sulke mense beheer oor dit waarmee hulle besig is en weet wat om volgende te doen. Gemotiveerde mense is mense wat hulle samewerking

gee en ook maklik is 'n span saamwerk. Dit is ook nodig om aan sulke mense die nodige erkenning te gee wat lei tot motivering. Mense wat van hulle werkplek en werksomgewing hou, is meer geneig om intrinsiek gemotiveerd te wees. Wanneer daar vertroue tussen werkers en werkgewers is, lei dit tot intrinsieke motivering. Mense wat intrinsiek gemotiveerd is, motiveer hulself en die mense om hulle (Kjerulf, 2006). Ekstrinsieke motivering blok kreatiwiteit en motiveer studente slegs as daar 'n beloning is. Beloning vernou jou fokus en daar word meer op die beloning gekonsentreer as op die doel. Pink (2009) is van mening dat hoe hoër die beloning, hoe swakker die prestasie.

Die drie intrinsieke motiveringsfaktore is outonomie, bemeestering en 'n doel. Studente moet outonoom raak deur hul eie lewens te rig. Besluite moet van binne hulself geneem word en hulle moet leer om verantwoordelikheid vir hul eie dade te aanvaar. Daar moet by studente die begeerte gekweek word om dit waarmee hulle besig is, te bemeester, om beter en beter te word in die dinge wat saak maak. Dit bring ons weer terug na diepteleer waar studente 'n diepgaande kennis sal verkry van dit waarmee hulle besig is. Studente moet 'n innerlike doel hê wat hulle nastreef (sien 3.5). Daar moet 'n begeerte by studente gekweek word om te doen wat hulle doen in diens van iets groter as hulself. Hierdie is boustene vir 'n innerlike motivering tot 'n spesifieke doel (Pink, 2009).

Die waarde van motivering kan nie onderskat word nie; somtyds is dit belangrik om 'n mens se beperkinge te ken en partykeer is dit goed om 'n mentor te hê wat jou kan help om realistiese doelstellings te bereik. Daarom is dit belangrik dat 'n dosent sy studente sal lei met gesonde, realistiese motivering. Motivering kan ook ontaard in 'n nie-motiveerder as die motivering nie reg bestuur word nie (Svinicki, 2003, p. 15). Motivering kan versterk word deur die eienskappe van 'n persoon wat jy wil motiveer, te versterk. Hierdie eienskappe kan versterk word deur meer punte te gee vir assessering, studente aan te moedig en deur positiewe terugvoering (eksterne motivering).

Beklemtoon die interne waarde van intrinsieke motivering vir die studente. Intrinsieke motivering kan verkry word deur studente in 'n omgewing te plaas waarin hulle gemotiveerd kan voel om te presteer. Hierdie gemotiveerde groep sal dan ook

die ongemotiveerde studente beïnvloed deurdat hul entoesiasme gewoonlik aansteeklik werk. Stel uitdagende doelwitte aan studente en verskaf gereeld terugvoering oor hul vordering. Studente moet in hulself glo, en ook glo dat hulle aan die verwagtinge wat aan hulle gestel word, kan voldoen. Die doel moet ook nie so eenvoudig wees dat daar geen uitdaging in die bereiking van die doelwitte is nie. Verander die leeromstandighede deurentyd sodat die akademiese omgewing steeds 'n uitdaging bly vir die hele klas.

'n Dosent moet die studente se negatiewe houding teenoor leer verander tot 'n positiewe houding sodat die studente sukses behaal. Die studente kan ook verder gehelp word om die waarde van die take waarmee hulle besig is in te sien. Oortuig die studente dat hulle suksesvol kan wees en bou ook aan hulle selfbeeld. Dit is belangrik dat 'n dosent die selfverwagtinge van studente altyd probeer verhoog. Dit is noodsaaklik om studente voortdurend te wys op doelwitte wat hulle reeds bereik het, waarmee hul tans besig is en wat nog bereik kan word. Hierdie bestuursproses van doelwitte bereik, doelwitte waarmee tans besig en die einddoel waarna hulle moet streef, is 'n belangrike deel van die motiveringsproses. Wanneer die studente die gevoel kry dat hulle in beheer van die leersituasie is en deel vorm van die hele proses, begin innerlike motivering plaasvind. Daarom is dit belangrik dat die dosent nuwe doelwitte met oorleg sal stel, sy/haar studente se vermoëns sal ken en dat nuwe doelwitte 'n uitdaging sal wees, maar wel bereikbaar (Svinicki, 2003, pp. 22-24).

Daar is verskeie maniere om studente te motiveer, maar die belangrikste toets vir motivering is die eindproduk wat die student inhandig. Die eindproduk van 'n dosent en student word bepaal deur die sukses van die finalisering van die studie (Svinicki, 2003, p. 23). Dit wil voorkom dat intrinsieke motivering belangrik is om 'n leerder te laat oorgaan tot diepteleer (sien 3.3). Maar dit is ook moontlik dat ekstrasieke faktore 'n leerder kan oortuig tot intrinsieke motivering en gevolglik diepteleer kan bewerkstellig (Atherton, 2010). 'n Voorbeeld van intrinsieke motivering waargeneem in die Ingenieursgrafika en -ontwerpklas, is wanneer leerders die nut van CAD in die onderwys besef en self CAD gebruik om tekeninge voor te berei. 'n Voorbeeld van ekstrasieke motivering is waar studente besef hulle sal iets moet doen om te slaag,

en dan begin werk. Die navorser, wat self 'n dosent in CAD is, het waargeneem dat intrinsieke motivering meer volhoubaar is en dus oor 'n langer tydperk studente se leer positief beïnvloed, terwyl ekstrasieke motivering van korte duur is, en bloot daarop gerig is om 'n onmiddellike doel te bereik. Dit is van belang dat dosente, studente ekstrasiek sal motiveer sodat hulle deur hulle eie intrinsieke motivering tot 'n diepteleerbenadering aangespoor sal word. Daarom is dit so belangrik dat elke student 'n doel het om na te streef, sodat die strewe in 'n innerlike doel kan omskakel, wat dan op natuurlike wyse tot 'n diepteleerbenadering sal lei (sien 3.3).

Twee van die belangrikste interne motiveerders is belangstelling in en entoesiasme vir die onderwerp van studie. Hier speel dosente 'n uiters belangrike rol – as hulle self die take met selfvertroue aanpak, belangstelling toon in die vakgebied en wat alles daarmee bereik kan word, en entoesiasies oorkom, steek dit studente aan, prikkel dit ook hul belangstelling, word hulle weetgierig oor die vakgebied en entoesiasies (Patrick, Hisley & Kempler, 2010, p.217). Dan begin hulle oor hul leer besin en reflekteer, en vind diepteleer plaas (Biggs & Tang, 2009, p.25).

3.5 REFLEKSIE IN CAD ONDERRIG

Dit maak nie saak hoe lank dosente onderrig gee of hoe goed hulle klas gee nie, dit is altyd goed om refleksie oor afgehandelde onderrig te doen. Dit word aanbeveel dat sodanige refleksie op 'n daaglikse basis behoort plaas te vind. Killen (2010, p. 108) is van mening dat nie net die gehalte van onderrig verbeter word nie, maar die vordering van die studente kan ook beter waargeneem en gemonitor word deur refleksie aan die kant van die dosent. Om oor onderrigleerbeure te reflekteer, is om te analiseer wat onderrig is en waaroor die onderrig gaan. Veral 'n beginneronderwyser moet op 'n gereelde basis refleksie oor onderrig doen (Killen, 2010, p. 108). Refleksie word gewoonlik gedoen na afloop van 'n lesaanbieding wanneer die onderwyser die lesaanbieding oordink en die nodige verbeteringe aan die les aanbring vir toekomstige aanbiedings. Beide die raamwerk waarbinne die refleksie gedoen word en die proses van die refleksietegniek moet eksplisiet wees en doelbewus uitgevoer word. Die onderwyser kan ook gebruik maak van 'n kollega om tydens die klasaanbieding teenwoordig te wees en doelgerig waar te neem sodat hulle na die tyd saam oor die les kan reflekteer (Killen, 2010, p. 112).

Elke klassituasie is uniek omdat die omstandighede in die klas, die dosent en die leerders uniek is. Geen twee klasse het dieselfde leerders, onderwyser of vakinhoud nie en daarom is dit nodig vir die dosent om aan te pas na gelang van die leerders, vakinhoud en sy/haar eie persoonlikheid. Indien die dosent gereeld refleksie doen tydens die klasgeleentheid, maar ook na klas, oor die dag se werk, dra refleksie by tot suksesvolle onderrig. Die dosent moet gewillig wees om ag te slaan op kritiek en terugvoer van die studente en dit nie afmaak as onbelangrik nie (Biggs & Tang, 2009, p41). Swak resultate van studente kan die gevolg wees van swak onderrig. Soos die tegnologie verander, is dit ook nodig dat die onderrigleer ten opsigte van die metodiek moet aanpas.

Refleksie kan aksienavorsing of aksie-onderrig indirek aanmoedig of rigtinggewend wees in aksienavorsing en onderrig. Die navorser doen gereeld refleksie na 'n semester se werk en nadat terugvoering van studente ontvang is. Hierdie gereelde refleksie oor hoe die studente die onderrig ontvang en onderrigleer ervaar, was 'n rigtingwyser in die beplanning vir die volgende jaargroep. Voorstelle van die studente is geïmplementeer, en dit het bygedra tot beter leer (sien 5.2). Killen (2010:110) beskryf drie tipes refleksietegnieke, naamlik tegniese, praktiese en kritieke refleksie. Met tegniese refleksie word daar klem gelê op die tegniese toepassing van die opvoedkundige kennis wat in die klaskamer bemeester moet word en om te bepaal watter uitkomst die studente tydens die klasgeleentheid moet bereik. Die doel van praktiese refleksie is om teorie en praktyk bymekaar te bring. In praktiese refleksie word besin oor die bereiking van 'n doel. Kritieke refleksie vind plaas wanneer onderriggewers besin oor hul betrokkenheid by morele en sosiale kwessies binne en buite die klaskamer. Hier word daar gestrewe na gelykheid en bevryding (Killen, 2010, pp. 110 -11).

Killen (2010) beskou Donald Schon as een van die invloedrykste persone op die gebied van tegniese modelle oor refleksie. Donald Schon verduidelik sy teorie met die konsep van rame met betrekking tot hoe onderwysers uit verskillende rame (perspektiewe) kyk na refleksie. 'n Raamwerk is die konsep van verwagtinge wat gebaseer is op kennis, waardes en oortuigings. Onderwysers organiseer en interpreteer hul omgewing en hul gedrag vanuit hulle eie ervarings in die verlede.

Sommige onderwysers kry dit reg om oor hul klassituasies te reflekteer uit verskeie raamwerke en sien onderrigsituasies uit verskillende perspektiewe, terwyl ander net een spesifieke posisie sien en slegs een spesifieke refleksieraamwerk vir 'n klasgeleentheid gebruik. Daar word onderskei tussen twee tipes refleksierame. Die een tipe refleksieraamwerk is die stel van konsepte (wat onderwysers dink), en die tweede stel is dié van aksie (wat onderwysers doen). 'n Voorbeeld hiervan in die IGO-klas is dat IGO-onderwysers die idee ('n konsep) het dat daar altyd netjies op die swartbord geteken moet word en die leerders word geleer om netjies tekening te maak. Maar wanneer die onderwysers tot aksie oorgaan, is die bordtekening dikwels nie netjies en van goeie gehalte nie.

Ondervinding speel 'n belangrike rol in wat die onderwyser beplan om in die klas te doen en dit wat uiteindelik tydens 'n klasgeleentheid aangebied word. 'n Gesoute onderwyser sal terwyl hy/sy besig is om 'n klas aan te bied, 'n behoefte van die leerders waarneem, opsom, refleksie doen en die situasie gebruik om die les in 'n ander rigting te stuur, en sodoende meer waarde tot die les kan voeg. 'n Volgende voorbeeld van refleksie is wanneer refleksie gedoen word nadat 'n les aangebied is. Killen (2010, p. 112) beskryf die twee refleksieprosesse soos volg: Refleksie tydens die klasgeleentheid word gedoen terwyl die onderwyser die les aanbied. Sodanige refleksie vind plaas as die onderwyser evalueer wat gedoen is deur vrae aan die studente te stel en rigtingaanpassings gedoen word (steeds tydens die klasaanbieding) op grond van die response en die reaksie van die studente. Dit verg ervaring van die onderwyser om op hierdie wyse te evalueer, omdat die onderwyser dit wat nou gebeur het in sy/haar gedagtes moet laat afspeel, dit evalueer en die nodige aanpassings moet maak om die studente in die regte rigting te stuur (Killen, 2010, p. 112).

Refleksie deur studente kan ook anoniem en vrywillig gedoen word nadat 'n tydperk verloop het en 'n sekere gedeelte van die werk afgehandel is. In die omgangstaal staan dit bekend as module-, kursus-, dosente- of onderrigevaluering deur studente. Refleksie kan ook direk na 'n klasgeleentheid plaasvind wanneer die studente die sogenaamde 3-minuutparagrafe skryf oor wat gedurende die geleentheid vir hulle besonder betekenisvol was, wat hulle negatief ervaar het, en waarmee totaal

weggedoen behoort te word. Refleksie deur studente bou 'n beter verhouding tussen studente en dosent omdat dit aan die student geleentheid gee om insette te lewer oor dit wat aangebied is en sodoende waarde word waarde tot die dosent se onderrig en die aanbieding gevoeg. Ook bring dit werksbevrediging vir die dosent mee omdat vordering meetbaar is en die dosent daaruit sy/haar eie sterk en swak eienskappe kan identifiseer om sodoende te verbeter op die onderrig wat gebied word. Refleksie is motiverend vir die dosent, omdat dit sterk punte kan uitlig en dit bied terselfdertyd aan die student geleentheid om ondersoekend en krities te dink oor dit wat geleer en ervaar is, en om self te besin oor hoe dit moontlik aangepas kan word om meer waarde vir sy/haar leerervaring te bied. Refleksie bevorder dus leer by studente en maksimaliseer terselfdertyd onderrig. Refleksie moedig ervare dosente aan om van gewone tot meer ervare en kreatiewe onderriggewers te vorder (Killen, 2010, pp. 114-16). Dit moedig dosente aan om meer innoverend te wees, dit wil sê, meer gereeld hul onderrigmetodiek en -tegnologie te verander. Refleksie bemagtig dosente om van gewone na uitstekende onderriggewers te vorder. Met refleksie kan foute uitgewys word, en bepaal word waarom sekere klasgeleenthede 'n sukses of 'n mislukking is (Killen, 2010, pp. 122-23).

3.6 UITKOMSGEBASEERDE ONDERWYS (UGO)

In Suid-Afrika (SA) is Kurrikulum 2005 in 1998 geïmplementeer. Kurrikulum 2005 is op die beginsels van Uitkomsgebaseerde Onderwys (UGO) gebaseer - die onderwysstelsel (volgens beleid) wat tans nog aan hoëronderwysinstellings in SA gevolg word. Uitkomsgebaseerde onderwys (UGO) is 'n benadering wat gerig is op duidelike stellings oor die kennis, vaardighede wat bemeester moet word en waardes en houdings wat leerders tydens hul leerproses moet bemeester en aanvaar. Hierdie stellings word uitkomst genoem, wat verklaar wat die resultaat (of uitkoms) van die leerproses vir die studente behoort te wees. In die onderrigsituasie word daar onderskei tussen twee benadringe naamlik behaviorisme en konstruktivisme. Vidoes kan beskou word as 'n onderrig metode wat die konstruktivistiese Hierdie formulering van uitkomst was nie vreemd vir IGO nie, omdat die bemeestering van kennis en vaardighede en vasstelling van die resultaat (formulering van uitkomst) nog altyd deel was van IGO as gevolg van die praktiese aard van die vak.

Uitkomst dui op dit wat die studente in staat moet wees om te doen (te demonstreer) aan die einde van 'n leerervaring (Killen, 2010, p. 54). Spady, in Killen (2010, p. 54-56), noem dat werkwoorde (aksiewoorde) soos byvoorbeeld verduidelik, ontwikkel, analiseer, ontwerp en evalueer gebruik moet word om spesifiek aan te dui wat van die studente verwag word om te demonstreer aan die einde van die leerervaring. 'n Studentegesentreerde benadering word in UGO gevolg, wat beteken dat die fokus op die student is en ook op die rol is wat die student speel in die leerproses (Killen, 2010, p. 92).

In UGO word daar na kritieke uitkomst en spesifieke uitkomst verwys. Om aan die kriteria van die kritieke uitkomst te voldoen, moet die studente probleme kan identifiseer en oplos, en besluite neem deur middel van kritiese en kreatiewe denke (Spady, 2004, p. 169). In CAD word studente deurentyd gekonfronteer met uitdagings en probleme (sien 5.5). Van die uitkomst in CAD wat in pas is met die vereistes van UGO, is dat een van die benaderings wat gebruik word, van studente verwag om in groepe saam te werk. Volgens UGO moet studente in staat wees om inligting te versamel, ontleed, orden en krities evalueer. Hierdie kriteria geld ook in CAD, en wel spesifiek in die ontwerpproses (sien 2.3.3). Volgens die kritieke uitkomst van UGO word vereis dat 'n verskeidenheid strategieë oordink en ondersoek moet word om sodoende meer doeltreffend te leer. In CAD, en veral in die ontwerpproses, word studente geleer om 'n verskeidenheid strategieë krities te oordink en te ondersoek en om die mees doelmatige 3D-ontwerp te ontwikkel. In so 'n ontwerp is dit ook noodsaaklik om kultureel en eties sensitief te wees, soos deur UGO in die kritieke uitkomst onderskryf word. CAD skep ook nuwe opleidings-, loopbaan- en entrepreneursgeleenthede (RSA DoE , 2005, p.9).

Benewens die kritieke uitkomst is daar ook spesifieke uitkomst vir elke vakgebied wat die kennis, vaardighede en bevoegdhede wat bemeester moet word binne spesifieke velde en dissiplines, bepaal. By die samestelling van 'n nuwe kurrikulum is dit belangrik om kennis te dra dat alle leeruitkomste ewe belangrik is, maar dat al die leeruitkomste nie dieselfde gewig dra nie. Die vier spesifieke leeruitkomste vir IGO is: (i) Die onderlinge afhanklikheid van die gebruik van tegnologie in die

samelewing en in die omgewing. (ii) Die uiteensetting van die tegnologiese prosesse in 'n georganiseerde samestelling. (iii) Kennis en begrip. (iv) Die toepassing van die kennis in leeruitkoms drie (RSA DoE , 2005, p. 11).

Assessering in uitkomsgebaseerde onderwys handel daaroor dat assesseringsuitkomste vir elke leeraktiwiteit wat beplan word, opgestel moet word. Die assesseringsuitkomste bestaan uit kriteria wat bereik moet word, met ander woorde, die vaardighede, kennis, waardes en houdings wat leerders moet ontwikkel en bemeester gedurende die leerproses (terwyl hulle die aktiwiteit doen). Tydens assessering moet die studente bewys kan lewer of demonstree dat hulle aan die kriteria voldoen. Assesseringsriglyne wat gebruik word met UGO is onder andere dat selfassessering, assessering van groepwerk, portefeuljes en rubrieke vir assesserings benut moet word. 'n IGO-portefeulje behoort verskillende soorte tekenopdragte, projekte, verslae en geskrewe stukke te bevat om 'n individu se vordering ten opsigte van kennis en vaardighede in IGO, sy of haar houding teenoor IGO en sy of haar begrip van IGO te toon. Vervolgens word daar gekyk na video's as onderrigmetode in CAD.

3.7 DIE GEBRUIK VAN VIDEO'S AS 'N ONDERRIGMETODE IN CAD

In die verlede kon video's slegs met duur toerusting en deur professionele fotografe vervaardig word. Met vandag se rekenaartegnologie het video's meer bekostigbaar en meer toeganklik vir die algemene gebruiker geword. Met selfone en *ipads* kan 'n video binne 'n paar minute vervaardig en regoor die wêreld versend word. Video-uittreksels oor vandag se nuusgebeure is bykans onmiddellik beskikbaar op nuuswebwerwe en You Tube. Opvoeders kan video's gebruik om werk meer toeganklik te maak vir leerders (Case & Hino, 2010, p. 2). Video's is ook maklik bekombaar en goedkoop – dus beskikbaar vir lae-inkomstehuishoudings. Video-uittreksels kan gebruik word om studente se belangstelling aan te wakker om sodoende meer te wete te kom oor sekere onderwerpe. Opvoedkundige video's kan ook gebruik word vir selfstudie en/of aanvullende materiaal vir studente. Dit is reeds moontlik om sulke video's op selfone te plaas (Case & Hino, 2010, p. 1).

Die beskikbaarheid van tegnologie noop universiteite om die behoeftes van die student in die 21ste eeu te heroorweeg (Park & van der Merwe, 2009). Video's maak deel uit van die opvoedingstransformasie van die 21ste eeu. Video's verbeter die algehele onderrigleerervaring en die kwaliteit van die leeromgewing (klaskamer).

Met video's kan leerders nou verder as die klaskamer sien hoe die tegnologiese ontwikkeling dit wat in die buitewêreld gebeur verander. Onderwysers kan leerders op 'n toer neem sonder om die skool te verlaat. Leerders kan ook deur middel van 'n video verbind wees met ander skole en lande om interaktief deel te neem aan gesprekke oor akademiese onderwerpe. As gevolg van die internet, selfone en ander tegnologiese toestelle is daar 'n ontploffing in die beskikbaarheid van videomateriaal oor bykans enige onderwerp. Tucker (2013:7) beweer dat die gemiddelde jong persoon, tussen die ouderdomme van 13 en 24 jaar, gemiddeld 16.7 uur per week aanlyn spandeer (Tucker, 2013, p. 7). Ons leef in 'n era waar bykans enige ding wat in die wêreld gebeur op video of op 'n foto te sien is. Dit is vir seker die regte tyd vir onderwys om in videotegnologie in die klaskamer of lesingsaal te belê. Met die kennisontploffing en die maklike bekikbaarheid van nuwe inligting is die kans goed dat onderwysers nie meer in die toekoms sal klas gee nie, maar slegs leiding sal gee oor 'n onderwerp, met ander woorde, hoofsaaklik leer sal fasiliteer en nie noodwendig inligting sal oordra nie. Studente kan met 'n selfoon en rekenaar vinnig inligting oor 'n onderwerp kry sonder om ure lank in boeke te gaan soek na inligting. Dit gebeur al klaar dat studente tydens die klas *Google* op soek na die regte antwoorde (Greenberg & Zanetis, 2012, p. 3). Video's kan tot didaktiese voordeel in die klas gebruik word. Die gebruik van video's as 'n onderrigmedium in CAD is baie toepaslik omdat dit 'n interaktiewe medium is, om betrokkenheid te bewerkstellig en om kennis oor te dra. Om hierdie drie doelwitte te bereik, moet die dosent die volgende in gedagte hou: Die studente word interaktief betrek deur die vakinhoud van die visuele beeld wat beskikbaar gestel word. Video's help veral om sekere soorte kennis vas te lê, en die nodige inleiding tot en agtergrond oor 'n les te verskaf. Dit lei tot meer betrokkenheid van die student, en die geleentheid tot die visuele vaslegging van die beelde (werklikheid). Die student kan dus insien hoe die gebeure in die werklikheid sou plaasvind. Die beeld van die realiteit bevorder die oordrag en vaslegging van kennis. Omdat videobeelde, beweging en klank

gekombineer word, is dit 'n hulpmiddel wat op 'n aanvullende wyse leer makliker en vinniger maak om sodoende die leertempo te versnel en dieper leer bewerkstellig (Greenberg & Zanetis, 2012, pp. 4-5).

Video's is 'n kragtige hulpmiddel in die hande van die 21ste-eeuse student. As studente hulle eie video's maak, verg dit beplanning en insig. Die vervaardiging van video's kan deur die dosent gebruik word as assesseringsmetode wanneer die studente hul eie video's vervaardig as 'n werkopdrag, om die insig en vaardighede in sekere aspekte van die werk te demonstreer, wat dan geëvalueer kan word (Greenberg & Zanetis, 2012, p. 7).

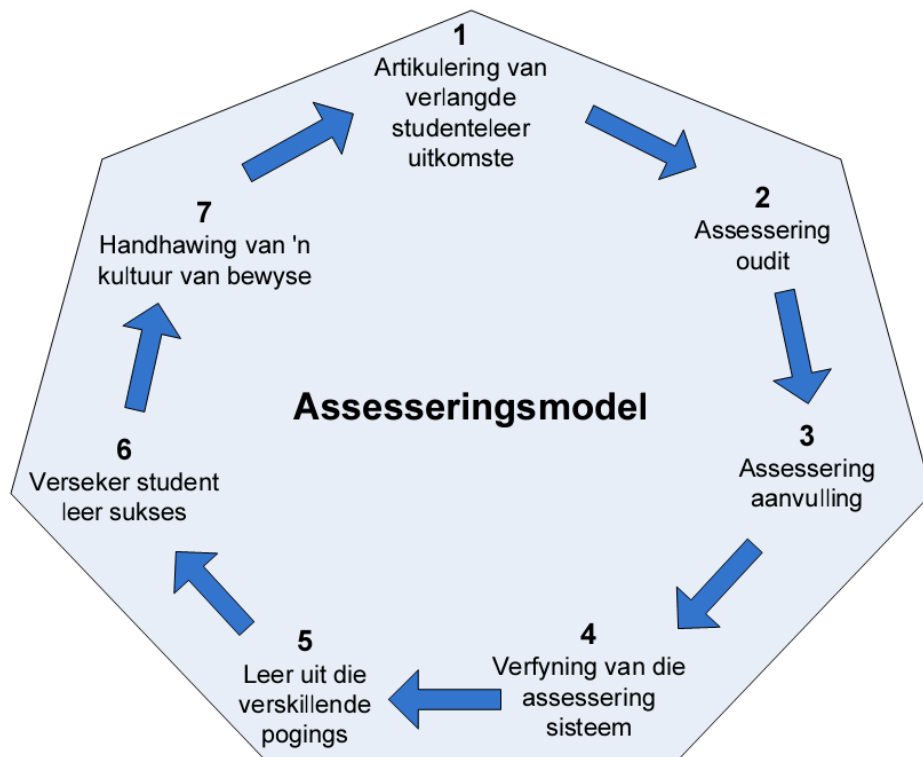
In die opleiding van CAD by die SUT is gebruik gemaak van Tri-CAD, 'n maatskappy wat daarop ingestel is om video-sagteware beskikbaar te stel vir skole en hoëronderwysinstansies. Tri-CAD beywer hulle om tegnologie in die onderwys te verbeter en het 'n reeks videomateriaal vervaardig vir die onderrig van CAD (Carter, 2013). Hierdie 2D- en 3D- videomateriaal van Tri-CAD word gebruik in die opleiding van CAD-studente by die SUT.

3.8 ASSESSERING VAN EGD

Wanneer daar 'n kwalifikasie verwerf word in 'n onderwysstelsel, is dit noodsaaklik dat daar 'n werkbare assesseringsmeetinstrument beskikbaar is om te bepaal of studente die vereiste uitkomst van die kwalifikasie bereik het. Die algemeenste vorm van assessering is in geskrewe vorm, hetsy in 'n opstel, verslag, toetse of eksamens. Die assesserings word meer kompleks wanneer formatiewe- en summatiewe assessering gebruik word. Wanneer formatiewe- en summatiewe assessering gebruik word, bestaan daar 'n hele reeks van assesseringsmoontlikhede (Burns & Sinfield, 2004). Universiteite en skole is aanspreeklik vir studente se leer, daarom is dit belangrik om 'n kultuur van bewyslewering van uitkomst te skep wanneer dit kom by assessering (Millet, Payne, Dwyer, Stickler & Alexiou, 2008, p. 4).

'n Vereiste vir assesserings is dat dit altyd geldig en betroubaar moet wees. Die geldigheid en betroubaarheid van assessering bepaal die gehalte van die

assessering. Om geldige en betroubare assesserings te verseker, moet die studente goed ingelig wees en weet wat van hulle verwag word om hulle in staat te stel om die nodige assesseringsbewyse te lewer. Hierdie bewyse moet 'n spesifieke, afgebakende terrein van die werk wat geassesseer sal word, dek. Daar moet besluit word watter assesseringsinstrumente gebruik sal word om studente te help om die bereiking van die uitkomste te demonstree (bewys) (Millet, et al. 2008, p. 5). Die sewe stappe in die assesseringsmodel soos voorgestel in Figuur 3.13 word gevolg om te bepaal of die student die leeruitkomste behaal het. Millet et al. (2008, p.10) verduidelik verder wat die stappe behels, naamlik die artikulering van die studente se leeruitkomste, 'n assesseringsoudit, aanvulling van die assesseringstegnieke, verfyning van die assesseringstelsel, leer uit die verskillende assesseringspogings, die versekering dat studente se leer suksesvol was en die handhawing van 'n kultuur van bewyselewing. Figuur 3.13 toon die assesseringsmodel om die assesseringseinddoel te bereik.



Figuur 3.13: Aangepaste assesseringsmodel van Millet et al. (2008)

Die artikulering van die studente se leeruitkomste is die verantwoordelikheid van die instelling. By die SUT sal die verantwoordelike deelnemers aan die

assesseringsproses die volgende afdelings wees: die eksamenafdeling, die administrasie, die betrokke departement (in die geval van hierdie verslag, die Departement van Opvoedkunde), dosente en studente. Hierdie sisteem van assessering moet duidelik oorgedra word aan almal wat deelneem aan die assessering. Die assesseringsraamwerk en dit wat van die rolspelers verwag word moet duidelik gestel word sodat al die rolspelers kan fokus op die doel wat die student aan die einde moet bereik, soos voorgestel in Figuur 3.13.

Volgens die assesseringsoudit, soos aangedui deur Millet et al. (Figuur 3.13) word daar gepoog om voldoende data van die studente te versamel vir analise as bewys van 'n student se potensiaal. In die geval van CAD sal bewyse versamel word van opdragte afgehandel, bewyse van genoegsame kennis van ontwerpe en die beplanning van ontwerpe, CAD-tekeninge wat gedoen is en die akkuraatheid en korrektheid daarvan, asook die bewyse van prototipes wat gebou is of waarvan gebruik gemaak is vir 3DP, toetse en eksamens. Omdat daar leemtes is in enige organisasie, word assesseringsaanvullings benut indien addisionele bewyse benodig word om sekere leemtes uit te wys en aan te vul. Dit mag byvoorbeeld gebeur dat die studente nie genoegsame bewys kan toon van hul bemeestering van 'n meganiese ontwerptekening nie. Dan kan aanvullings in hierdie fase gedoen word om die leemtes aan te spreek. Die instansie moet deurentyd reflekteer oor die assesseringsmetodes en die versekering bied dat die studente voldoen aan die assesseringstandaarde. Nadat daar voorsiening gemaak is om leemtes aan te vul, word gefokus op die verfyning van die assesseringsisteem. Dit is belangrik dat daar voortdurend opdateringswerk sal plaasvind. Daar word gekyk na nuwe assesseringsmetodes en belyning van die ou metodes van assessering sodat die hele spektrum van assessering gedek word. Na die verfyning van die assesseringsisteem word evaluering gedoen van die hele proses en die resultate van die assesserings. Na dié evaluering word bepaal wat uit die proses van evaluering geleer kan word om te verseker dat dieselfde foute nie weer gemaak word nie. Die totale assesseringspoging word geëvalueer om te bepaal hoe suksesvol die assessering van die studente was. Millet et al. (2008, pp. 10-17) stel dit dat assessering verseker dat studenteleer suksesvol is.

Watter veranderinge behoort instellings dan te maak ten opsigte van tekortkominge rakende studenteleer en om suksesvolle studenteleer te verseker? Instellings behoort deurentyd op hoogte te bly met die nuutste tegnologie en tendense in die onderwys om te verseker dat studenteleer suksesvol is. Daar moet ook voortdurend bewyse gelewer word van die proses van evaluering van die assessering van studenteleer. Sorg moet gedra word dat daar altyd 'n proses van bewyslewering gevolg word ten opsigte van assesserings wat afgehandel is, en dat daar kontinuïteit in die verband is, asook dat die assesserings uitgebrei word na nuwe areas vir daaropvolgende assesserings (Millet, et al., 2008, pp. 10-17).

Onderwys is vinnig aan die verander in die 21ste eeu. Daarom is dit belangrik dat hoërondewysinstansies steeds sal moet aanpas by nuwe tegnologie, ook wat assesseringsmetodes betref. Die ontwikkeling van die tegnologie maak dit moontlik om studenteleer aanlyn te assesser. Ten spyte van die voordele van aanlyntegnologie, wil dit voorkom asof dosente huiwerig is om gebruik te maak van tegnologie in assesseringsmetodes. Aanlyntegnologie maak dit moontlik om vinniger inligting op te spoor, te versend en te evalueer. Aanlyntegnologie bied die dosent die geleentheid om 'n groter volume assesseringsbewyse te bewaar, eerder as om, soos in die verlede, rakke vol papier en boeke te stoor.

Die tegnologie bemagtig studente om beter en meer ingeligte besluite oor leergedrag waar te neem as in die verlede. Soos byvoorbeeld indien 'n student inligting verlang oor n onderwerp is fotos, video's en n verskeidenheid besprekings oor die onderwerp onmiddelik beskikbaar op die internet. Aanlyntegnologie beskik oor die moontlikhede om studente by te staan om hul volle potensiaal te bereik. Studente kan nou die geleentheid gebied word om eksamens, toetse en werkstukke aanlyn in te handig (University of New York, 2012). Werk kan aanlyn aangebied word in teks-, klank- en video-formaat. 'n Werkopdrag wat aanlyn ingehandig is, dien as bewys van inhandiging vir die dosent en student. Verskeie tipes data kan ook van 'n digitale dokument verkry word, soos byvoorbeeld uit hoeveel woorde so dokument bestaan, en die dokument kan ook vir plagiaat getoets word deur 'n verskeidenheid programme. Die student het nou geleentheid om alle werk wat hy/sy ontvang, aanlyn te stoor en beskikbaar te stel vir assessering en/of evaluering. Die student

het die voordeel om bewys te lewer van alle werk wat aanlyn ingehandig is. Dit is ook moontlik om outomaties aan die student 'n boodskap te stuur oor werk wat nie ingehandig is nie. Dit is ook moontlik om te bepaal hoeveel tyd 'n student aan sekere werk bestee het. Studente het nou die geleentheid om sekere werk tuis op hul eie tyd en tempo af te handel. Dit is ook moontlik om seker te maak dat studente oor genoegsame voorafkennis oor 'n onderwerp beskik voordat 'n klas bygewoon word (Prineas & Cini, 2011).

3.9 SAMEVATTING

In Hoofstuk drie is daar oor die navorsing wat oor effektiewe onderrigmetodes en leerbenaderinge in IGO gedoen is, gerapporteer. Daar is in die studie gefokus op taksonomieë, diepte- en oppervlakleerbenaderings, vlakke van motivering, refleksie, die gebruik van video's en assessering van studente leer. Die toepassing van effektiewe onderrigmetodes speel 'n belangrike rol in suksesvolle onderrig in die IGO-klas. Daar is veral in die afdeling oor taksonomieë gefokus op Bloom se aangepaste digitale taksonomie. Bloom se digitale taksonomie is 'n handige hulpmiddel wanneer CAD-vrae geanaliseer moet word.

Die student se ingesteldheid tot die vak is belangrik vir suksesvolle leer. Die ideaal in hoër onderwys is om 'n student van 'n oppervlakkige leer na 'n diepteleerbenadering te beweeg. Studente wat 'n diepteleerbenadering volg, is gewoonlik intrinsiek gemotiveer.

Refleksie dra by om 'n kritiese ingesteldheid aan te wakker en om die beste uit die leerders te haal. CAD-onderrig maak suksesvol gebruik van videomateriaal wat op die rekenaars geprogrammeer is. Tegnologie word aangewend om assessering in die klas te doen. Werkopdragte word aanlyn ingehandig en ook geassesseer. Eksamens en toetse in CAD word met sukses op rekenaars afgeneem. Vervolgens word die navorsingsontwerp en -metodologie in Hoofstuk 4 bespreek.

HOOFSTUK 4

DIE NAVORSINGSONTWERP EN -METODOLOGIE

4.1 INLEIDING

In Hoofstuk 2 is die ontstaan, kenmerke en belang van CAD bespreek. Daar is ook gekyk na die bruikbaarheid 3DP in onderrigleer en in die samelewing. In Hoofstuk 3 het effektiewe onderrigmetodes vir IGO aandag geniet met die klem op die gebruik van CAD as 'n instrument vir IGO- tekene. In Hoofstuk 4 word die klem verskuif na die navorsingsmetodologie en op watter wyse die navorsingsprobleem in hierdie studie, naamlik die integrasie van rekenaarondersteunde tekeninge, CAD, as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program by die SUT beantwoord is.

Delport en Roestenburg (2011, p.171) beklemtoon dat daar 'n duidelike onderskeid bestaan tussen navorsingsontwerp en navorsingsmetodologie. Laasgenoemde sluit dataversamelingsmetodes in. Dataversamelingsmetodes is metodes wat benut word om inligting in te win om die doel van die navorsing te bereik (Greef, 2011c, p.171). Die navorser het in dié studie hoofsaaklik gebruik gemaak van kwalitatiewe en kwantitatiewe navorsingsmetodologieë.

Die navorsingsontwerp gebruik in die studie is aksienavorsing en die voorkeurpopulasie vir die studie was onderwysstudente in Ingenieursgrafika en -Ontwerp (IGO) van die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT). Die dataversamelingsmetodes wat gebruik is, is vraelyste, onderhoude en data wat versamel is tydens werkwinkels. Die data uit die vraelyste is deur middel van Respondus 4.0 ingesamel en verwerk (Respondus, 2010). Respondus is 'n ondersteuningsprogram wat gebruik word om toetse en vraelyste digitaal op te stel. Hierdie vraelyste is deur dieselfde jaargroep in hulle eerste, tweede en derde studiejaar voltooi. Die vraelyste is jaarliks aangepas deur middel van 'n aksienavorsingsproses waarvolgens die verskillende onderrigmetodes en kombinasies

van CAD-onderrig geëvalueer is (sien 4.3.2). Die data van die vraelyste is digitaal geanaliseer (sien 4.6).

4.2 NAVORSINGSMETODOLOGIE EN ONTWERP

Breytenbach (2002, p.137) sê dat: "... navorsing 'n wetenskapsbeoefening" is en dat wetenskapbeoefening 'n verskeidenheid handeling is wat uit verskillende aktiwiteite saamgestel is. Dit bespreek die wyse en gesindheid waaruit 'n verskynsel bestudeer word en is tegelykertyd 'n geesteskepping van die mens. Kennis word veral gekry deur denke en beredenering van die mens. Dit is menslike kennis ten opsigte van 'n bepaalde verskynsel wat met behulp van waarneming, beredenering en eksperimentering bekom en bevestig is. Navorsingsmetodologie verwys na die 'hoe?' van navorsing, naamlik die beginsels, prosesse en prosedures waarvolgens die probleem benader word. Om die navorsingsproblematiek van hierdie studie die beste te benader, is 'n aksienavorsingsontwerp gebruik, en kwalitatiewe sowel as kwantitatiewe data is versamel in 'n poging om die navorsingsvrae te beantwoord (vgl. Ivankova et al., 2012, p.267).

4.2.1. Kwalitatiewe en kwantitatiewe navorsingsmetodologieë

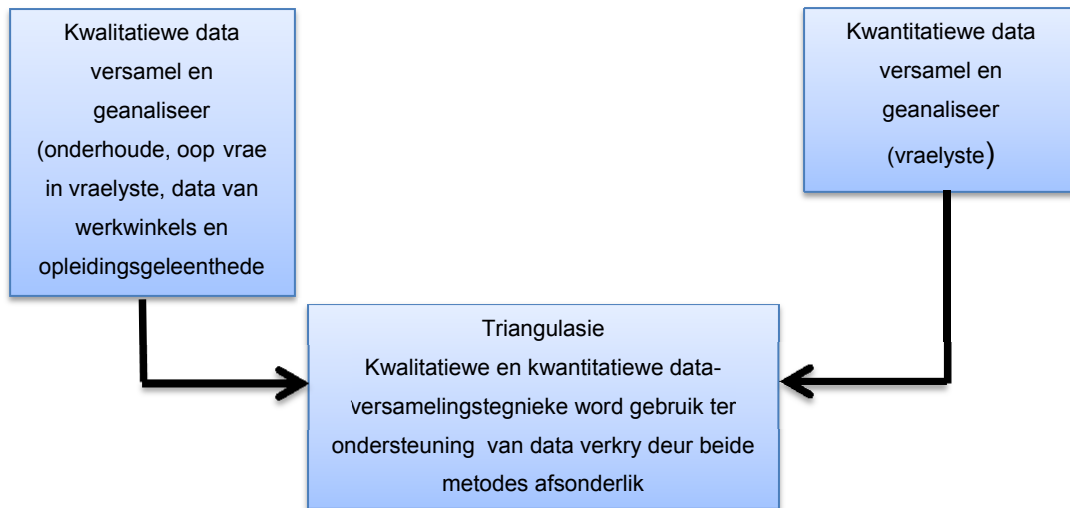
Creswell (in Ivankova et al., 2012, p.268) stel voor dat kwalitatiewe- en kwantitatiewe navorsingsontwerpe nie as teenoorgestelde pole beskou moet word nie, maar eerder as die twee uiterstes op 'n kontinuum.

Kwantitatiewe navorsing fokus op die deduktiewe wat meestal op afleidings berus, terwyl kwalitatiewe navorsing op die induktiewe fokus, waar die algemene van die besondere afgelei word. Kwalitatiewe- en kwantitatiewe navorsingsmetodes is beide in hierdie studie aangewend sodat sekere eienskappe van albei metodes tot voordeel van die studie kon strek (Johnson & Hibberts, 2012, p.122). Tabel 4.1 dui die verskille tussen kwantitatiewe en kwalitatiewe navorsingsmetodes aan.

Tabel 4.1: 'n Aangepaste model van Van der Walt en Kruger (2010, p.22) wat die verskille aandui tussen die kwantitatiewe en kwalitatiewe navorsingsmetodes

Kwantitatief		Kwalitatief	
Eksperimenteel	Nie-eksperimenteel	Interaktief	Nie-interaktief
Ware eksperimenteel	Beskrywend	Etnografies	Konsep-analise
Kwasi-eksperimenteel	Vergelykend	Gevallestudie	Historiese analise
Enkel- onderwerp	Korrelerende	Gegronde teorie	
	Opname*	Kritiese ondersoeke	
	Ex Post facto	Aksienavorsing	
	Sekondêre data-analise	(Strydom, 2011, p.496)	
* Opnames word hier as een van die tipes navorsingsontwerpe geklassifiseer. Opname is 'n tipe data-insamelingstegniek			

In hierdie studie word kwalitatiewe- en kwantitatiewe data gekombineer, wat triangulering genoem word om bevindings te bekom. Triangulering word gebruik om die geloofwaardigheid en betroubaarheid van die studie te verhoog. De Vos noem (in Maree, 2007, p.296) dat bevindinge verkry deur vraelyste (kwantitatiewe komponent) en een tot een onderhoud (Kwalitatiewe komponent) gebruik word om die bevindinge te versterk en te verifieer. Die kwalitatiewe data en kwantitatiewe data wat versamel is, is gebruik ter ondersteuning en versterking van beide dataversamelingmetodes (kwantitatief en kwalitatief) soos verduidelik in Figuur 4.2 (Greef, 2011c, p.442).



Figuur 4.1: Aangepaste model van triangulasie van kwalitatiewe en kwantitatiewe data (Greef, 2011c, p.442; Maree & van der Westhuizen, 2012, p.40).

Triangulering verhoog die betroubaarheid en geldigheid van die navorsing. Deur van beide kwantitatiewe en kwalitatiewe metodes gebruik te maak, volg die navorser 'n benadering wat geleentheid bied om oor die bevindinge te besin. Die verskillende navorsingsbenaderings word gekenmerk deur eiesoortige eienskappe, skematies uitgebeeld in Tabel 4.2 (Johnson & Christensen, 2004, p.30). Maree en Van der Westhuizen (2012, p.39) stel dit dat met triangulasie die data wat met die verskillende metodes versamel is, komplementêrend is, omdat van 'n verskeidenheid data-versamelingsmetodes gebruik gemaak is, maar dat almal op dieselfde probleem gerig is.

Die wetenskaplike werkwyse van die studie was deduktief en induktief. Die studie is uitgevoer en die teorieë is aan die data getoets (deduktief) (vgl. Johnson & Christensen, 2004, p.30). In die studie is studente se menings ingewin oor hul ervaring van die gebruik van en onderrig in 2D- en 3D-tekene, asook die verskil in en volgorde van die metodiek tussen handgeskrewe tekeninge en CAD-tekeninge wat deel vorm van die IGO-kurrikulum. Die navorser het ook in die studie sekere gedrag van die studente waargeneem tydens die praktiese sessies waartydens van handgetekende tekene en CAD-tekene gebruik gemaak is. Die persoonlike reaksie

van die student bring die onvoorspelbaarheid van elke persoon na vore as gevolg van elke student se sosiale samestelling en eie persoonlikheid. Daar is geslote vrae gestel waar daar net 'n 'ja'- of 'nee'-antwoord verwag is. 'n Voorbeeld van so 'n vraag is: Verkies jy om met CAD te teken? Daar is ook gefokus op die holistiese siening (kwalitatief) van CAD as 'n metode van teken en die invloed wat dit op ingenieurstekeninge het. Die fokus verskuif dan na die opbreek van CAD as 'n geheel in kleiner dele (kwantitatief). Die algemene doelwitte van die studie is veelvuldige doelwitte wat beskrywend en verklarend is van CAD en hand-getekende tekeninge, maar ook ontdekkend en eksplorerend sodat tot nuwe insigte gekom is. In die studie is 'n verskeidenheid van bronne in ag geneem om die werklikhede en feite van handgetekende tekeninge en CAD in die klas toe te pas (vgl. Johnson & Christensen, 2004, p.30; Unver, 2006, p.323; Hibberts & Johnson, 2012, pp.123-24). Vervolgens word kwalitatiewe navorsingmetodologie se spesifieke kenmerke uitgelig.

4.2.2. Kwalitatiewe navorsingsmetodologie

Kwalitatiewe navorsing is die bestudering van individue onder natuurlike omstandighede ten einde vas te stel op welke wyse betekenis toegeken word in sosiale situasies (Breytenbach, 2002, p.138). Kwalitatiewe navorsing benut woorde eerder as getalle. Hierdie woorde is 'n weergawe van die deelnemers se opinies, idees en gevoelens. 'n Kwalitatiewe navorsingsbenadering lewer beskrywende data volgens menslike waarneming. Die navorsing word in die geheel beskou en 'n holistiese benadering word gevolg. Kwalitatiewe navorsing wil bepaal wat mense doen, watter soort prosesse werk en watter soort betekenis word gekonstrueer. Kwalitatiewe data is minder gestruktureerd as in die geval van kwantitatiewe navorsing. Kwalitatiewe data is beskrywend van aard en die insameling van data word gedoen deur waarnemings, onderhoude en uittreksels uit geskrewe bronne. Die verwerking geskied deur middel van redigering, transkripsie, interpretasie en integrasie van data (Breytenbach, 2002, pp.138-39).

In hierdie studie is 'n uitgebreide literatuurstudie gedoen deur raadpleging van talle gedrukte bronne en webwerwe. Die data vir die studie is verkry deur vraelyste wat oop en geslote vrae ingesluit het. Oop vrae laat ruimte vir die deelnemer om sy/haar eie interpretasie weer te gee. Die navorser het verder data ingesamel deur middel van onderhoude en waarneming van die respondente (studente) se gedrag tydens die

aanbieding van die IGO-klasse. Waarneming is ook gedoen van die opleiding van onderwysers tydens werkwinkels. Die navorser het IGO-onderwysers toegesprek by CAD-opleidingsgeleentheid oor die gebruik van CAD en 3D-drukwerk in Suid-Afrikaanse skole. Na afloop van die geleentheid het 'n vraag- en responsgeleentheid plaasgevind waar waardevolle inligting deur die IGO-onderwysers verskaf is. Hierdie data is later geanaliseer in die vorm van 'n *Mindmap*, en in 'n dataspreivel verwerk (vgl. Bezuidenhout, 2006, p.8).

Kwantitatiewe navorsingsmetodologie word meer breedvoerig bespreek in die volgende gedeelte.

4.2.3. Kwantitatiewe navorsingsmetodologie

Kwantitatiewe navorsing word beskryf as navorsing waar daar primêr van kwantifisering as 'n numeriese navorsingsmetode gebruik gemaak word om observasie, materiale of kenmerke te beskryf. In kwantitatiewe navorsing word die vraag na hoeveelhede gevra. Statistiek word gebruik om die ingesamelde data noukeurig te ontleed en 'n gevolgtrekking te maak. Verskynsels word noukeurig bestudeer, en vergelykings kom gewoonlik aan die orde om bevindinge te bewys. Kwantitatiewe navorsing bestaan uit 'n verskeidenheid van fasette wat duidelik van mekaar onderskei kan word (Ivankova et al., 2012, pp.263-65).

Aksienavorsing is in hierdie studie toegepas en word vervolgens meer breedvoerig bespreek en verduidelik teen die agtergrond van hierdie studie.

4.3 NAVORSINGSONTWERP

Watter benadering ook al geld in die navorsingsontwerp, dit moet die navorsingsvraag beantwoord. Die klem van 'n goeie navorsingsontwerp moet van so 'n aard wees dat as iemand anders na die navorsingsontwerp kyk, moet die gevoel wees dat dieselfde keuse van ontwerp gemaak sou word (Fouché & Delpont, 2011, pp.109-10). Vir die studie is besluit op 'n aksienavorsingsontwerp omdat daar gefokus word op 'n praktiese probleem rakende die fenomeen wat ondersoek word, en waarvoor slegs deur middel van insette van die deelnemers 'n praktiese oplossing gevind kon word. Deur die gebruikmaking van aksienavorsing oor 'n tydperk van vier jaar is ondersoek

ingestel na hoe die inhoud en onderrig van CAD (die fenomeen) verstaan en ervaar word deur deelnemende studente.

4.3.1 Aksienavorsing

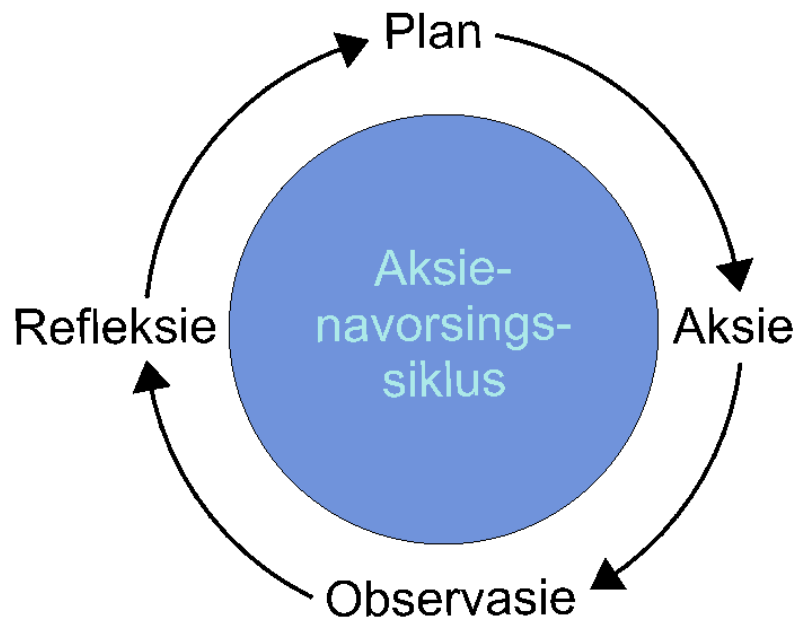
Aksienavorsing word gedoen deur die persoon wat die navorsing doen se eie handeling na te vors. Daar word met tye ook na aksienavorsing as 'n praktykgebaseerde navorsingsmetode verwys. Die navorser bestudeer sy/haar eie werk krities, en daarom word daar ook na aksienavorsing verwys as 'n vorm van refleksienavorsing (McNiff, 2012, p.5; Check & Schutt, 2012, p.268).

Tydens die aksienavorsing is onderrigmetodes in CAD en die ervaring van studente aangaande die onderrigmetodes ondersoek, asook hulle eie ervaring van die praktiese toepassing of gebruik van CAD en tekeninge wat met die hand gedoen moes word. In hierdie ondersoek is studente nie net vrae gevra oor die navorser (die CAD-dosent) nie, maar ook oor die metode van onderrig. Aksienavorsing word ook na verwys as verdiepingsvrae, wat beteken dat daar na binne gekyk word en 'n mens jouself afvra hoe jy kan verander of dit waarmee jy besig is, kan verbeter. Die navorser het met die oog op verdieping en verbetering oor sy eie onderrigleerpraktyke van die afgelope vier jaar besin.

McNiff (2012, p.5) noem dat vrae wat begin met woorde soos wat, wie, watter, wanneer, waar en hoekom in aksienavorsing gebruik word. Hierdie tipe vrae is reflektiewe vrae wat onmiddellike, praktiese kwessies oor die onderwerp van navorsing aanspreek (Smith, 2007, p.6). Dié tipe van vrae is ook in die aksienavorsingsproses gestel. Wanneer die navorsingsverslag geskryf word, moet dit sistematies die navorser se eie gedragpatroon en die rede vir die sekere gedragspatrone verduidelik. Die navorser kom dan ook tot beter begrip van sy/haar eie gedragpatroon sodat dit duideliker beskryf word in die proses. Aksienavorsing het 'n oop einde en begin nie met 'n bepaalde hipotese nie, maar eerder met 'n idee wat die navorser self ontwikkel. Die eie idee word deurentyd geëvalueer en gekontroleer om te bepaal of dit nog in pas is met wat hy/sy dink. Dit help die navorser om hom-/haarself uit te leef in dit waarvoor hy/sy 'n passie in die lewe het en gee sin aan nuwe denke en verandering (McNiff, 2012, p.5). Deur aksienavorsing stel navorsers hulself voor hoe die pad vorentoe moet lyk en word daar vernuwende

strategieë beproef totdat sukses, is of 'n mate van sukses wat bevredigend is, behaal word. Daar word nie gestop na 'n onsuksesvolle poging nie, maar eerder met 'n nuwe strategie begin totdat sukses behaal is.

'n Tipiese aksienavorsingsmodel word in Figure 4.3 en 4.4 geïllustreer. So 'n aksienavorsing model bestaan uit 'n siklus van plan, aksie, observasie en 'n refleksie (Figuur 4.3). Hierdie aksienavorsingsiklusse is deurentyd in die navorsing toegepas oor 'n tydperk van vier jaar. Met die model kon die verandering en aanpassing in die onderrigleer van CAD waargeneem word.



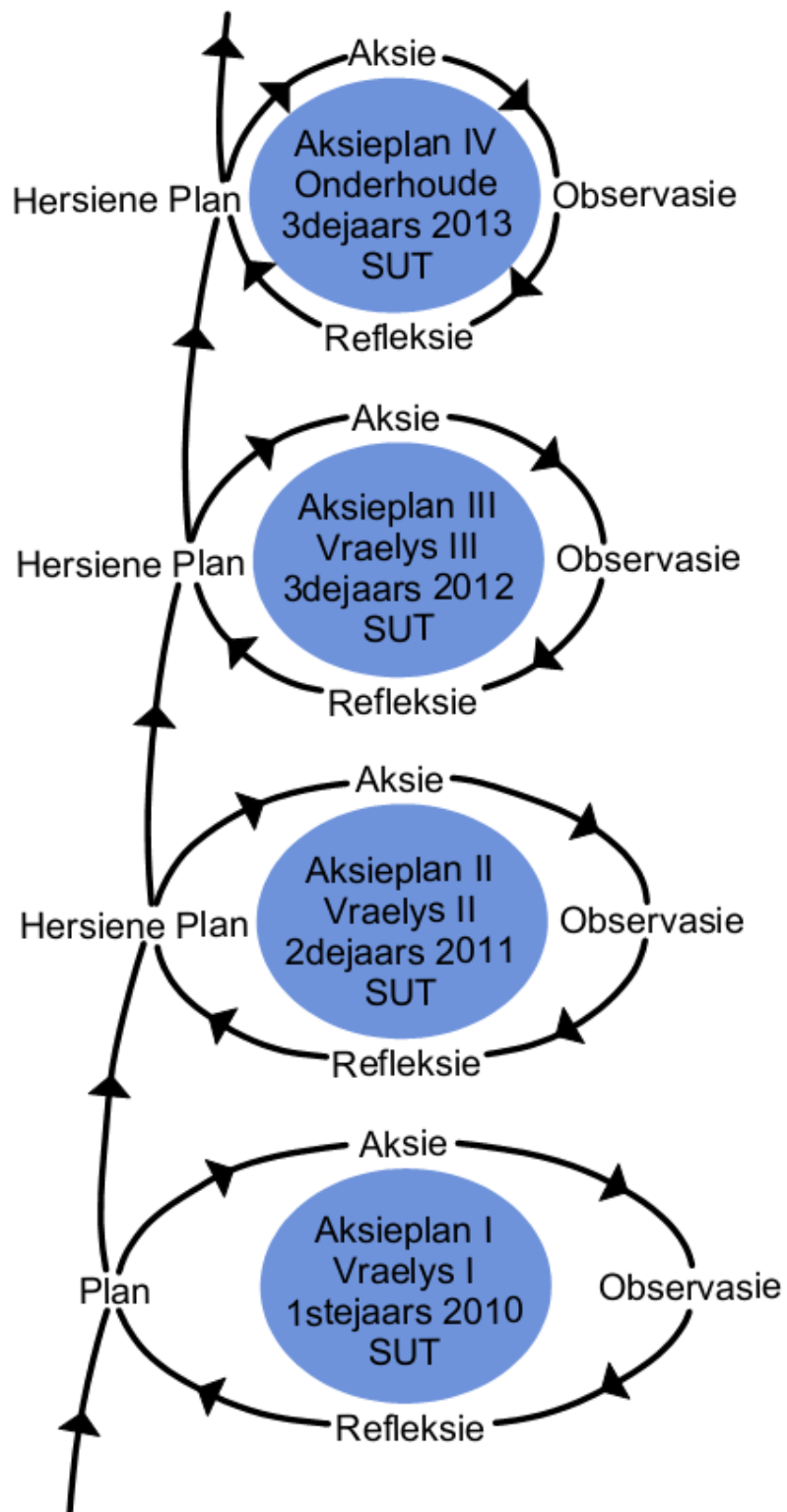
Figuur 4.2: Aksienavorsingsiklus (Cohen et al., 2009, p.306)

Hierdie sistematiese strategie met 'n oop einde sodat die siklus 'n paar keer herhaal kan word om die plan te verbeter, word skematies in Figuur 4.4 voorgestel.

In die ontwikkeling van CAD tydens die opleiding van onderwysstudente by die SUT word daar deurentyd gebruik gemaak van aksienavorsing in die onderrig.

McNiff (2012, p.6) vergelyk aksienavorsing met fietsry. Wanneer iemand begin fietsry probeer hy/sy talle kere om bo te bly totdat hy/sy uiteindelik suksesvol is. Dieselfde proses vind plaas met CAD-opleiding waar daar talle tekentegnieke is wat studente

moet baasraak om tegniese tekeninge te kan bemeester. Dit is nie net belangrik vir onderwysstudente om die tekentegniese aan te leer nie, maar ook om die tekentegniese in kombinasie te gebruik. Hierdie kombinasies van tekentegniese moet so aangewend word dat tekeninge akkuraat, maar ook in die mees ekonomiese tyd geteken kan word. Dit gebeur telkens dat studente in die begin ure kan spandeer aan 'n eenvoudige tekenetaak wat eintlik in 'n paar minute afgehandel kan word. Suksesvolle bemeestering word nie net behaal deur die studente bloot te stel aan verskillende tekentegniese nie, maar ook deurdat hulle die verskillende tekentegniese in kombinasie aanleer. In hierdie konteks was aksienavorsing, soos verduidelik in Figuur 4.3, in hierdie studie van groot waarde omdat talle metodes aangepas, ontwikkel en gebruik is om 'n suksesvolle kombinasie van tegniese aan studente oor te dra in die beskikbare tyd van die kurrikulum.



Figuur 4.3: Aksiestapen uitgevoer oor vier jaar van navorsing

Daar is gereeld voorraadopname gehou oor alles wat geleer is en watter aanpassings gemaak is. 'n Belangrike beginsel wat in CAD voorkom, is dat dit 'n lewenslange leerervaring is; die onderwyser bly die navorser (McNiff, 2012, p.8). McNiff sê dat die voordeel van aksienavorsing is dat dit jou laat voel dat jy 'n strategie het om goed te lewe, om te leef in die dinge wat jy glo en om rede te gee aan elke stap wat jy gee (McNiff, 2012, p.6). Aksienavorsing het 'n belangrike onderrigswaarde omdat daar geen enkele regte manier is nie, en dit lei tot gesonde debatvoering. Aksienavorsing gee 'n mens die geleentheid om die effektiwste onderrigstyl vir 'n spesifieke onderrigkonteks te vind en ontwikkel jou eie sieninge. Soos in CAD-onderrig, is gevind dat die leer van sekere aksies belangrik is vir die leer van CAD en later weer lei tot die gebruik van die aksies in kombinasies. Met elke siklus (sien Figuur 4.5) het die navorser deur middel van refleksie gepoog om 'n verbeterde plan in werking te stel vir CAD-onderrig. Aksienavorsing bied 'n navorser die geleentheid om te verduidelik waarmee jy besig is en hoekom jy sekere dinge doen (McNiff, 2012, p.8).

Aksienavorsing vind deurentyd in twee prosesse plaas, naamlik sistematiese siklusse van plan, aksie, observasie en refleksie, maar deurentyd vind daar ook leer plaas. In CAD is gevind dat die belangrikste vorm van leer die verstaan van die aksies is en deur die herhalende gebruik van die verskillende aksies in kombinasies. Die siklusse is deurentyd besig om die leer te versterk. Dit is dus belangrik om in aksienavorsing nie net te fokus op die aksie wat plaasvind nie, maar ook te let op watter leer die aksienavorsing tot gevolg het (McNiff, 2012, p.11). In die geval van CAD speel hierdie aksies 'n belangrike rol in leer en is gevind dat die beste resultate verkry word deur toegewyde praktiese toepassing en ervaring in die veld van CAD. CAD is ook 'n leefwyse en die beste resultate word verkry by studente met 'n toegewyde diepteleerinstelling (sien 3.5). Navorsers doen aksienavorsing in 'n sekere sin om die mens beter te verstaan, maar ook om sosiale verandering teweeg te bring vir 'n beter samelewing. Net so is aksienavorsing 'n leefwyse en is dit nie net iets waaroor die navorser oplees en aan ander vertel nie, maar dit neem 'n praktiese gestalte aan in jou manier van onderrig. Anders leef die gedagtes slegs in jou verbeelding en kom dit nie tot realiteit nie (McNiff, 2012, p.24).

4.4 POPULASIE EN TEIKENGROEP

Die belangrikste aspek in die keuse en seleksie van subjekte vir die aksienavorsingsproses, wat gevolg is in hierdie studie, was om persone te gebruik wat oor die nodige informasie beskik. Deur doelgerigte, geskikte of gerieflikheidsteekproefneming is onderwysstudente in IGO van die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT) as deelnemers in die studie geselekteer sodat die siklus 'n paar keer herhaal kon word (vgl. Maree & Pietersen, 2007a, p.117). Die teikengroep vir die aksienavorsing was 55 IGO-studente wat in 2010 in hulle eerste studiejaar geselekteer is. Dieselfde meningsopname is ook in hul tweede studiejaar gedoen. Tydens die meningsopname van 2011 was daar 36 tweedejaar-IGO studente in die klas; in 2012 is 'n opvolg-meningsopname van dieselfde studente in hulle derde studiejaar gedoen. Die aantal respondente in die derdejaarklas was 29. Data is ingevorder deur middel van vraelyste en onderhoude (sien Addendums 5.1, 5.2, 5.3, 5.6). Die vraelyste is voltooi deur dieselfde jaargroep, van 2010 tot 2012.

Die onderhoude is in 2013 individueel gevoer met vyf studente in hulle derde studiejaar. Hierdie studente was nie deel van die oorspronklike groep IGO-studente nie, maar die eerste groep wat 3DP-prakties in die klas gedoen het (sien 5.11). Die onderhoude het ook opvolgvrae uit die vraelyste ingesluit en sodoende gedien as ondersteuning vir die data verkry uit die vraelyste. In die onderhoude is gebruik gemaak van oop vrae. Die vrae is in drie temas verdeel. Vrae in die eerste tema het gehandel oor CAD. Die tweede tema het vrae bevat oor onderrigleer, die derde tema het vrae bevat oor 3DP.

Inligting is ook verkry oor CAD-opleiding wat aangebied is vir IGO-onderwysers in die Vrystaat, Noord-Kaap en Gauteng in samewerking met Tri-CAD by die Universiteit van die Vrystaat (UV). Inligting is ook versamel van onderwysers wat toegesprek is in die Vrystaat oor die ontwikkeling van CAD en 3DP in Bloemfontein, Welkom en Sasolburg. Dan is inligting ook verkry tydens 'n leerderfasiliteerderswerkwinkel vir die Departement van Basiese Onderwys (DBO) by die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT).

4.5 DIE OPSTEL VAN DIE VRAELYS

Daar is verskeie metodes waarvolgens data ingesamel kan word; in dié studie is die vraelyste rekenaarmatig daargestel en elektronies deur die respondente ingevul sodat spesifieke data versamel kon word. Die tipes vrae wat in die studie gebruik is, was oop-, geslote-, digotomiese-, Likert-skaaltipe- en opvolgvrae (vgl. Greef, 2011c, p.196). Soos wat Cohen, Manion, Morrison, (2009, p.318) voorstel, is hierdie vrae so gestel dat dit omgeskakel kon word in doelmatige navorsingsdata. Volgens Cohen et al., (2009, p. 318) moet die vraelys ook voldoen aan die navorsingsvereistes en hulle noem dat die volgende van belang is: Die vrae moet verstaanbaar en duidelik gestel word sodat respondente presies weet watter inligting van hulle verlang word. Dit wat benodig word vir die navorsing moet volledig gedek word. Keuses van vrae moet duidelik en op die man af gestel word, sodat die antwoorde kan bydra tot die bereiking van die navorsingsdoel. Vrae moet so gevra word dat dit nie die respondente verwar nie. Daar moet nou gelet word op die logiese volgorde van vrae (Maree & Pietersen, 2007c, p.160). Die vrae moet voorafgegaan word deur 'n duidelike uiteensetting en verduideliking en die eerste vrae moet maklik wees om op te respondeer. In die studie is die vraelys met biografiese vrae begin, wat moontlik die respondente op hulle gemak geplaas het omdat dit vrae is wat maklik beantwoord kon word. Daarna is vrae rakende die studie gevra om sodoende data in te samel wat vir die navorsing benodig is. Die vrae is in onderwerpe gekategoriseer sodat vrae oor spesifieke onderwerpe logies opmekaar gevolg het (vgl. Maree & Pietersen, 2007c, p.161).

4.5.1 Oop vrae

'n Oop vraag is 'n vraag wat gevra word deur die navorser sonder om enige aanleiding te gee van wat van die respondent verwag word (Welman, Kruger, Mitchell, 2011, p.174). 'n Voorbeeld van so 'n oop vraag wat gevra is, was: Watter verbetering kan jy voorstel om CAD -onderrig te verbeter in die klas? (sien 5.8). Hierdie tipe vraag gee aan die respondent die geleentheid om enige antwoord in 'n spesifieke spasie te skryf, soos ook verduidelik word deur Greef (Greef, 2011c, p.196). Response op oop vrae is minder voorspelbaar as by geslote vrae omrede oop vrae se antwoorde minder gestruktureerd is en meer die respondent se eie mening verwoord. Hierdie tipe oop vrae gee aan die respondente die geleentheid om uitdrukking te gee aan hulle eie mening, kreatief te wees en ook selfs uiting te gee aan menings van komplekse

waarde (Greef, 2011c, p.196). Respondente het die geleentheid gekry om interpretasies in hul eie woorde te gee oor hulle ervaring van CAD. 'n Voorbeeld van so 'n oop vraag wat in hierdie studie gebruik is, was: Wat kan jy voorstel om CAD-onderrig te verbeter in die klas? Die respondente is dus die geleentheid gegee om hulle eie opinies weer te gee (sien 5.8). Daar is ook nadele verbonde aan oop vrae, soos byvoorbeeld dat dit kan lei tot irrelevante en onnodig lang antwoorde. 'n Vraag kan ook te oop wees vir die respondent, sodat die respondent nie weet wat van hom/haar verlang word nie (Cohen et al., 2009, pp.319-20). Oop vrae is benut waar die navorser meer wou weet van die respondente se sienings van CAD. Inligting verkry op hierdie manier kon later in verskillende temas gegroepeer word.

Deur die response op die oop vrae kry die navorser geleentheid om meer insig te verkry oor onderwerpe waaroor daar in haar/sy eie kennis 'n leemte mag wees. 'n Langdradige oop vraelys kan die invul van die vraelys egter 'n moeisame taak maak, en veroorsaak dat sekere vrae onbeantwoord gelaat word. 'n Gebalanseerde en bondige vraelys is dus belangrik om die respondente se aandag te behou. Die navorser het die vraelyste so bondig en kernagtig moontlik probeer hou. Oop vrae is ook afgewissel met geslote vrae wat gehelp het om onnodige lang oop vrae uit te skakel. Oop vraelyste se dataverwerking is tydrowend en moet in ag geneem word by die opstel van 'n vraelys (Greef, 2011c, pp.196-98).

4.5.2 Geslote vrae

Geslote vrae beperk respondente tot een of meer keuses wat uitgeoefen kan word. Respondente moet 'n keuse uitoefen oor op watter moontlike respons of response hy/sy wil reageer. Hierdie tipe vrae het waarde wanneer baie inligting oor die navorsing reeds beskikbaar is en die navorser slegs sekere inligting wil verifieer. Geslote vraelyste het waarde wanneer al die teoretiese kwessies uit die weg geruim is en slegs keuses gemaak moet word (Greef, 2011c, p.198). 'n Voorbeeld van so 'n geslote vraag uit die vraelys is: Wat is jou geslag? Manlik of Vroulik (sien 5.8). Met geslote vrae kan die graad van frekwensie, volledigheid en verskynsels maklik vasgestel word. Geslote vrae is maklik om te kodeer en te analiseer (Greef, 2011c, p.198). Geslote vrae is goed gestruktureerde vrae wat nie verduidelikings van die respondente verlang nie. Om die rede verstaan respondente ook geslote vrae beter.

Die vrae is meer gefokus as oop vrae. Geslote vrae word gebruik in navorsing oor komplekse kwessies, waar eenvoudige antwoorde nie gegee kan word nie (Greef, 2011c, p.198). 'n Voorbeeld van so 'n vraag, wat 'n moontlike komplekse (keuse)-antwoord vereis het, was die vraag: Watter CAD-program gebruik jy? Met die volgende moontlikhede: Auto CAD, Solid Edge, Turbo CAD en enige ander CAD-program. Die navorser gee leiding oor wat van die respondent verlang word en die vraag was maklik om te antwoord, en die response ook maklik om te verwerk. Die resultate van geslote vrae kan vinnig verkry word. Daar word nie van die respondente enige opmerkings, kwalifikasie of verduidelikings verwag nie (Cohen et al., 2009, p.321). Sensitiewe vrae is makliker om te beantwoord in geslote vrae (Ivankova et al., 2012, p.164). 'n Nadeel van geslote vrae is dat die verkeerde samestelling of volgorde van die vrae leidend of misleidend kan wees ten opsigte van sekere antwoordkeuses. Respondente kan ook gefrustreerd raak as die antwoord wat hulle wil gee, nie beskikbaar is nie. Dit is ook moontlik dat respondente die vraag verkeerd kan verstaan en daarom 'n verkeerde respons kan gee, of die belangrikheid van die vraag kan misgekyk word (Greef, 2011c, p.198). Vrae is maklik om te beantwoord en geen detail is nodig nie. 'n Respondent kan die vraag beantwoord, al het hy/sy geen kennis van of opinie oor die vraag nie (Ivankova et al., 2012, p.164).

4.5.3 Digotomiese vrae

Digotomiese vrae het net twee responsmoontlikhede, byvoorbeeld Ja/Nee. Met hierdie tipe vrae vrek die denkrigtings en word daar dikwels opvolgvrae gevra om die verskillende denkrigtings te bepaal. Hierdie tipe vrae moet tot die minimum beperk word, omdat die vraelys te lank word en dit gevolgtrekkings beperk (Greef, 2011c, p.198). In die navorser se vraelys is hierdie vrae tot 'n minimum beperk en gewoonlik opgevolg met 'n oop, kwalitatiewe vraag waar die respondent dan 'n verduideliking moes gee vir sy/haar keuse. 'n Voorbeeld van so 'n vraag wat gevra is. Het jy in die CAD-kursus gebruik gemaak van die video-hulpmiddels? Respons: Ja of Nee; gevolg deur 'n opvolgvraag: Indien jou antwoord *Ja* was, verduidelik watter voordeel dit vir jou ingehou het (sien 5.4).

4.5.4 Die Likertskaal

Hierdie skaal word algemeen gebruik in navorsing. Dit is 'n houdingskaal wat van 'n respondent vereis om by elke item op 'n drie- of vyfpuntskaal sy/haar respons op die vraelys aan te dui. In hierdie studie is van 'n vyf-punt Likerttipeskaal gebruik gemaak (sien Addendum 5.3). Gewoonlik is die eenvoudigste vorm om te vra of die respondent saamstem of nie saamstem nie met 'n item of stelling op die vraelys. Net twee response (twee skale) is nodig om aan te dui of die respondent 'saamstem' of 'nie saamstem' nie. Hierdie manier van vraagstelling is baie skaars in navorsingsvraelyste en daarom sal eerder gebruik gemaak word van 'n drie- of vyfpuntskaal wat meer algemene gebruik is in navorsing. Die vyfpuntskaal wat in die studie gebruik is laat ruimte vir 'n neutrale antwoord (vgl. Ivankova et al., 2012, pp.167-68). 'n Voorbeeld van 'n vyfpuntskaal en die item op die vraelys soos in hierdie studie gebruik, word hieronder verduidelik. *In die IGO-klas het ons meer gefokus op CAD tekeninge as op handgeskrewe tekeninge.*

1. Stem ten volle saam
2. Stem saam
3. Weet nie /Onseker
4. Stem nie saam nie
5. Stem glad nie saam nie

4.5.5 Die lengte van die vraelys

Die lengte van die vraelys speel 'n belangrike rol in responskoerse. Respondente neem gewoonlik vrywillig deel aan so 'n vraelysondersoek en navorsers wil nie onnodig die respondente ophou met ellelange vraelyste wat baie tyd in beslag gaan neem nie. Die vraelys moet so opgestel word dat slegs die items wat nodig is om die data wat verlang word, te verkry, in die vraelys ingesluit is. Die navorser wil gewoonlik die meeste inligting moontlik uit die beknopte vraestel moontlik verkry. Die navorser het volgens die aanbeveling van Greef (2011c, p.193). die vraelyste so kort en bondig moontlik gehou.

4.5.6 Die formaat van die dekbrief

Alle vraelyste en onderhoude was vergesel van 'n dekbrief waarin die werkwyse en die doel van die vraelys of onderhoude verduidelik is. Hierdie dekbrief is versigtig saamgestel en ontwerp volgens die riglyne van Greef (2011c, p.193) met die nodige beklemtoning en motivering van die belangrikheid van die voltooiing van die vraelys (sien Addendum 4.1, 4.2). Die volgende informasie het deel uitgemaak van die dekbrief. Inligting oor die navorser en die studie is verskaf, asook 'n verduideliking van hoe die respondente geselekteer is. Die doel van die onderhoud of vraelys en wie baat sal vind by die navorsing is ook verskaf. 'n Beroep is op die deelnemers gedoen om hul samewerking te gee. Die tyd wat dit ongeveer sou neem om die vraelys in te vul, is genoem, en die versekering is gegee dat die inligting konfidensieel gehanteer sou word en deelnemers se anonimiteit is gewaarborg. Hierdie inligting moet te alle tye deel uitmaak van 'n vraelysdekbrief Greef (2011c, p.193).

4.5.7 Die formaat en uitleg van die vraelys

Die uitleg van 'n vraelys is baie belangrik, want dit het nie net 'n invloed op hoe die vraelys ingevul word, nie maar ook op wat ingevul word. Soos wat Cohen et al. (2009, p. 338) aanbeveel, maak die uitleg van die vraelyste wat in hierdie studie gebruik is (sien Addendums 5.1, 5.2, 5.3) dit maklik om in te vul, en dit is ook aantreklik en interessant. Vir hierdie doel is die vraelys op Respondus ('n rekenaarprogram) gedoen wat vir die IGO studente van die SUT maklik was om in te vul. 'n Vraelys moet onder geen omstandighede moeilik leesbaar, verstaanbaar en om in te vul blyk te wees nie. Die digitale vraelyste was maklik om in te vul, veral die geslote vrae, waar die respondente slegs met die rekenaarmuis moes klik waar nodig. 'n Beknopte vraelys is nie net moeilik leesbaar nie, maar ook moeilik om in te vul. Omdat die vraestel wat die navorser gebruik het, digitaal gedoen is, was spasie nie regtig 'n probleem nie. Die vraestel is so ontwerp dat een vraag op die rekenaarskerm verskyn en wanneer die vraag beantwoord is, verskyn die volgende vraag op die skerm. Respondente kon ook vorentoe en agtertoe gaan na vorige vrae, indien die respondent dit sou verlang. Boaan die vraag is ook aangedui watter vrae reeds beantwoord is en watter vrae nog beantwoord moes word. Daar is deurentyd gepoog om Cohen et al. (2009, p.109) se reël te volg, naamlik om die vraestel so eenvoudig as moontlik te hou met goeie taal- en terminologiegebruik. In die vraestel is ook in ag geneem dat die respondente ondervinding het van CAD en 3DP en dat terminologie

wat betrekking het op CAD en 3DP vir die spesifieke respondente verstaanbaar sou wees (vgl.Cohen et al., 2009, p.338).

4.5.8 Hoe die vraelys voltooi moet word

Die vraelys wat in Respondus 4 opgestel is, is op Blackboard (die SUT se leerbestuurstelsel – *LMS*) gelaai. Respondus is 'n program wat ontwerp is om vraelyste en toetse vir Blackboard te ontwerp. Vraelyste word outomaties van Respondus na Blackboard gelaai. Blackboard is die studenteportaal waar onderrigleermateriaal en ander hulpmiddels geplaas word. Die vraelyste is op Blackboard geplaas en die rasionaal agter die besluit was dat al die respondente rekenaarvaardig is, en dat al die studente gebruik maak van Blackboard omdat al die studiemateriaal en studentekommunikasie daar beskikbaar is. Deur die vraelyste op Blackboard te plaas, was dit maklik en vinnig vir die studente beskikbaar en was dit ook maklik vir die navorser om te verwerk omdat die data outomaties op 'n databasis beskikbaar is. Die vraelyste kon bykans op enige plek waar die respondente internet beskikbaar het, voltooi word. Die vraelyste is sentraal gestoor en hanteringsfoute is tot die minimum beperk (vgl. Blackboard international, n.d.; Pfaffman, McCoy, Sutton, 2010, pp.5-6,11-12,15-16). Nadat die vraelys op 'Blackboard gelaai is, is die funksies deur die navorser gestel om die tydperk te bepaal wat die vraelys beskikbaar moes wees. Die tyd wat die vraelys beskikbaar moet wees vir die respondente kan gestel of afgesit word. Die vraelys kan vir 'n paar minute of dae, of selfs maande vir die respondente beskikbaar wees – in hierdie geval was dit vir slegs 'n week beskikbaar omdat die navorser graag die respondente se terugvoering wou bepaal na afloop van die werk voltooi in die termyn. Die vraelys kan ook gekoppel word aan 'n wagwoord sodat slegs respondente met 'n wagwoord die vraelys kan voltooi – dié funksie is gebruik en die studente het die wagwoord van die navorser ontvang. Die rede vir die gebruik van die wagwoord, is omdat die navorser wou verseker dat die vraelyste ingevul word in gekontroleerde omstandighede wat die geldigheid en betroubaarheid van die data verseker het. Wanneer die respondent die vraelys invul, kan die navorser die vraelys so aktiveer dat net een vraag op 'n slag op die rekenaarskerm beskikbaar is, sodat die vraag eers beantwoord moet word voordat die volgende vraag op die rekenaarskerm verskyn. Daar is ook 'n verstelling wat respondente toelaat om terug te gaan na vorige vrae of om respondente te beperk om nie te terug te gaan na

reeds beantwoorde vrae nie. Die navorser het gebruik gemaak van die funksie wat bepaal dat net een vraag op die skerm verskyn, maar respondente kon ook teruggaan na vorige vrae as hulle sou wou verander aan vorige response. Die program kan ook gestel word sodat 'n respondent meer as een keer die vraelys kan voltooi of slegs een kans het om die vraelys te voltooi. Die keuse deur die navorser gemaak, is dat die vraelys slegs een keer ingevul kon word om duplisering te verhoed. Die vraelys is ook anoniem ingevul sodat die navorser nie kon sien wie die respondent is nie. Dit is wel moontlik om te sien of die respondente die vraelys voltooi het, maar die navorser sal nie kan bepaal watter respondent watter vraelys voltooi het nie. Wanneer die voltooide vraelys terugontvang is, is al die data in digitale sigbladformaat beskikbaar, gereed vir verwerking (vgl. Blackboard international, n.d.).

4.6 DATAVERSAMELINGSTEGNIEKE

In die studie is gebruik gemaak van vraelyste, onderhoude en waarneming as dataversamelingstegniese (sien 4.5.2). Die data is versamel uit 'n groep onderwysstudente van die SUT en het oor 'n tydspan van 4 jaar verloop (sien 4.4). Hierdie metode van dataversameling is gebruik met die spesifieke groep, juis as gevolg van die unieke samestelling van die studie wat spesifiek gerig is op die CAD-onderrig (uitkomst) van die SUT-onderwysstudent en die invloed van CAD (2D en 3D) teenoor handgeskrewe tekeninge (vgl. Check & Schutt, 2012, pp.104-105).

4.6.1 Data wat benodig is vir die studie

Die data-insameling vir die studie het oor vier jaar plaasgevind. Gedurende die eerste drie jaar is dieselfde respondente gebruik soos hulle jaarliks na 'n nuwe fase gevorder het. Die eerste vraelyste is in 2010 opgestel en data is van die eerstejaarstudente versamel. In 2011 en 2012 is opvolgvraelyste opgestel en aanpassings is aan die onderrigmetodes gemaak gebaseer op die response op die eerste vraelys. In Tabel 4.4 word 'n uiteensetting gegee van die CAD-program in elke jaargroep.

Tabel 4.2: Fase van die CAD program.

1stejaars 2010	2dejaars 2011	3dejaars 2012	3dejaars 2013
Twee-dimensionele (2D) CAD-tekening	Gevorderde 2D CAD-tekeninge en kennismaking met 3D	Drie-dimensionele (3D-) tekeninge en 3D oorskakeling Bekendmaking van 3DP	Drie-dimensionele (3D-) tekeninge en 3D oorskakeling met praktiese komponent van 3DP

Soos in Tabel 4.4 getoon het die IGO-eerstejaars van die SUT van 2010 met twee-dimensionele CAD-tekeninge begin. Die vordering gemaak in die CAD-tekeninge is deurentyd gemonitor en waar nodig, is aanpassings gedoen aan die metodiek en kurrikulumbepanning. Die eerstejaars van 2010 het na afloop van hul eerste akademiese jaar 'n vraelys met oop en geslote vrae/items voltooi (sien Addendum 5.1). In vraelys twee het dieselfde groep van 2010 in 2011 vraelys twee beantwoord (sien Addendum 5.2). In hierdie vraelys is opvolgvrae gevra uit vraelys een. Aanpassings is gemaak nadat die terugvoering van vraelys een bestudeer is. Meer gevorderde oefeninge met 'n groter verskeidenheid kombinasies is in die volgende fase gedoen. In die onderrigleerafdeling is oop vrae/items gebruik oor die gebruik van videomateriaal en in watter mate respondente selfstandig slegs van videomateriaal gebruik kan maak om CAD aan te leer. Vraelys twee was ook in drie temas verdeel, naamlik tema een: biografiese inligting; tema twee: inligting oor CAD; en tema drie: vrae oor onderrigleer.

4.6.2 Vraelyste

In die studie is gebruik gemaak van vraelyste om data in te samel. Die verskillende tipes vrae/items wat in die vraelyste gebruik is, is reeds bespreek (sien 4.5). In hierdie studie het die navorser gebruik gemaak van digitale versamelingstegnieke vir die versameling van data, wat beteken dat die studente die vraelyste digitaal voltooi het. Volgens Greef (2011c, pp.189-99) is daar drie tipes digitale vorms vir dataversameling. Die eerste is om per e-pos 'n aangehegte vraelys te stuur. Die tweede is 'n webwerf-gebaseerde vraelys wat aanlyn gedoen word. Die derde metode is om van 'n gerekenariseerde interaktiewe stemopname gebruik te maak. In die

studie is gebruik gemaak van 'n webwerf-gebaseerde vraelysondersoek wat aanlyn gedoen is. Die voordeel van rekenaarondersteunde of digitale dataversameling is dat daar weggedoen word met papier en dat alle inligting reeds op die rekenaar is en gereed is om verwerk te word met 'n dataprogram. Dit maak die kanse ook minder dat data verlore kan raak tydens die inlees van data na die rekenaar. Data kan ook maklik versamel word van ander toestelle soos tablette, selfone en ander digitale toerusting. 'n Verdere voordeel is dat data byna van enige plek na 'n sentrale dataverwerker gestuur kan word en onmiddellik verwerk kan word. Dit beteken dat data regoor die wêreld ingesamel kan word en bykans onmiddellik beskikbaar kan wees vir verwerking. Die nadeel is dat respondente wat nie rekenaargeletterd is, of nie toegang tot internet het nie, nie by die dataversameling betrek kan word nie. Die kwessie bly dat die navorser nie kan weet hoeveel respondente bereid sal wees om die vraelys in te vul en terug te stuur nie, of die respondent die vrae sal verstaan en of hulle eerlik genoeg sal wees om in hul response by die waarheid te bly. Daar is ook nog eksterne faktore wat kan veroorsaak dat inligting nie by die navorser uitkom nie, soos politieke onrus, stakings of 'n onvoldoende fisiese of sosiale omgewing (Greef, 2011c, pp.189-90).

4.6.3 Onderhoude

Daar is drie tipes onderhoudvoering, naamlik die gestruktureerde onderhoudvoering, semi-gestruktureerde onderhoudvoering en ongestruktureerde onderhoudvoering (Deakin University, 2013, p.29). In die studie is semi-gestruktureerde onderhoude gevoer. Die semi-gestruktureerde onderhoude is 'n variant van in-diepte-onderhoude. Die semi-gestruktureerde onderhoude bestaan uit oop vrae waarvan die bewoording en eindbestemming nie noodwendig vooraf vasgestel is nie. Volgens Greef (2011c, p.187) kan onderhoude persoonlik of per telefoon gedoen word. Vir die studie is die onderhoude persoonlik op 'n basis van een tot een gevoer.

Botha (2001, p.14) is van mening dat onderhoude sekere sterk en swak punte kan hê. In die studie kom die volgende sterk punte ooreen met die wat Botha (2001, p.14) noem. In 'n onderhoud het die onderhoudvoerder die voordeel om die vrae aan die respondente te verduidelik. Die respondente se ware weergawe word verkry in die onderhoud en geen hulp of beïnvloeding kan van bystanders verkry word nie. Tydens die onderhoud het die onderhoudvoerder beheer oor die struktuur van die vraelyste

gehad, en kon opvolgvrage gevra word indien 'n antwoord nie duidelik was nie. Meer komplekse vrae kan gebruik word om die diepte van die onderhoud te waarborg. Swak punte wat uit die onderhoude na vore gekom het, was dat studente kon voel dat daar op hulle privaatheid inbreuk gemaak word, daarom is die studente op hul gemak gestel en verduidelik dat wat hulle in die onderhoud sê nie teen hulle gehou sou word nie. Dit is ook moontlik dat studente antwoord wat hulle dink die regte antwoord moet wees, daarom is dit belangrik dat studente aangemoedig word om hulle eerlike opinie te gee. Daar moet 'n mate van 'n vertrouensverhouding tussen die respondent en die navorser ontwikkel word.

Dit is belangrik dat die onderhoudskedule relevant saamgestel word sodat die respondent die waarde daarvan kan insien. Die vrae wat gestel word, moet waarde tot die studie toevoeg en op die respondent van toepassing wees. In onderhoude word oop vrae gestel – daar bestaan geen regte of verkeerde antwoorde nie, en geen spesifieke respons word verwag word (Greef, 2011, p.347).

4.6.4 Waarneming van studente tydens onderrig en praktiese CAD-sessies

Volgens Check en Schutt (2012, p.76) kan waarneming suksesvol gebruik word met klasgroepe en is waarneming ook 'n meer natuurlike data-insamelingsproses as byvoorbeeld vraelyste. Die rede hiervoor, volgens Check en Schutt (2012, p.76), is dat studente nie onder druk geplaas word om sekere vrae te beantwoord nie, maar dat vraagstelling in die meer natuurlike verloop van die klasgebeure plaasvind. Vrae kan gestel word en die studente kry geleentheid om te verduidelik waarmee hulle besig is. Hierdie bevindinge strook ook met die bevindinge wat die navorser gemaak het tydens waarneming van CAD-klasse, en ook as opleier tydens die opleiding van onderwysers (sien 5.14). Direkte observasie is van waarde in 'n omgewing, soos byvoorbeeld in 'n klassituasie. Met waarneming word die navorser deel van die navorsing en beleef die wêreld van dit wat nagevors word (Oberholser, 2007, p.13). Waarneming het waarde toegevoeg tot die praktiese ervaring van CAD in die IGO-klas.

4.6.5 Dataversameling tydens opleidingsessies en werkwinkels oor CAD

Data is ook versamel tydens CAD-opleidingsessies en werkwinkels aangebied deur die navorser. Na afloop van die opleidingsessies en werkwinkels was daar

geleentheid vir vrae deur die teenwoordiges; hierdie vrae is gedokumenteer (sien Addendum 5.4) en in Mindmap (’n rekenaarprogram) gekategoriseer. Evalueringsvraelyste is ook na afloop van die opleidingsessies en werkwinkels ingevul, en is ook op Mindmap gekategoriseer (sien 5.14).

4.7 DATA-ANALISE

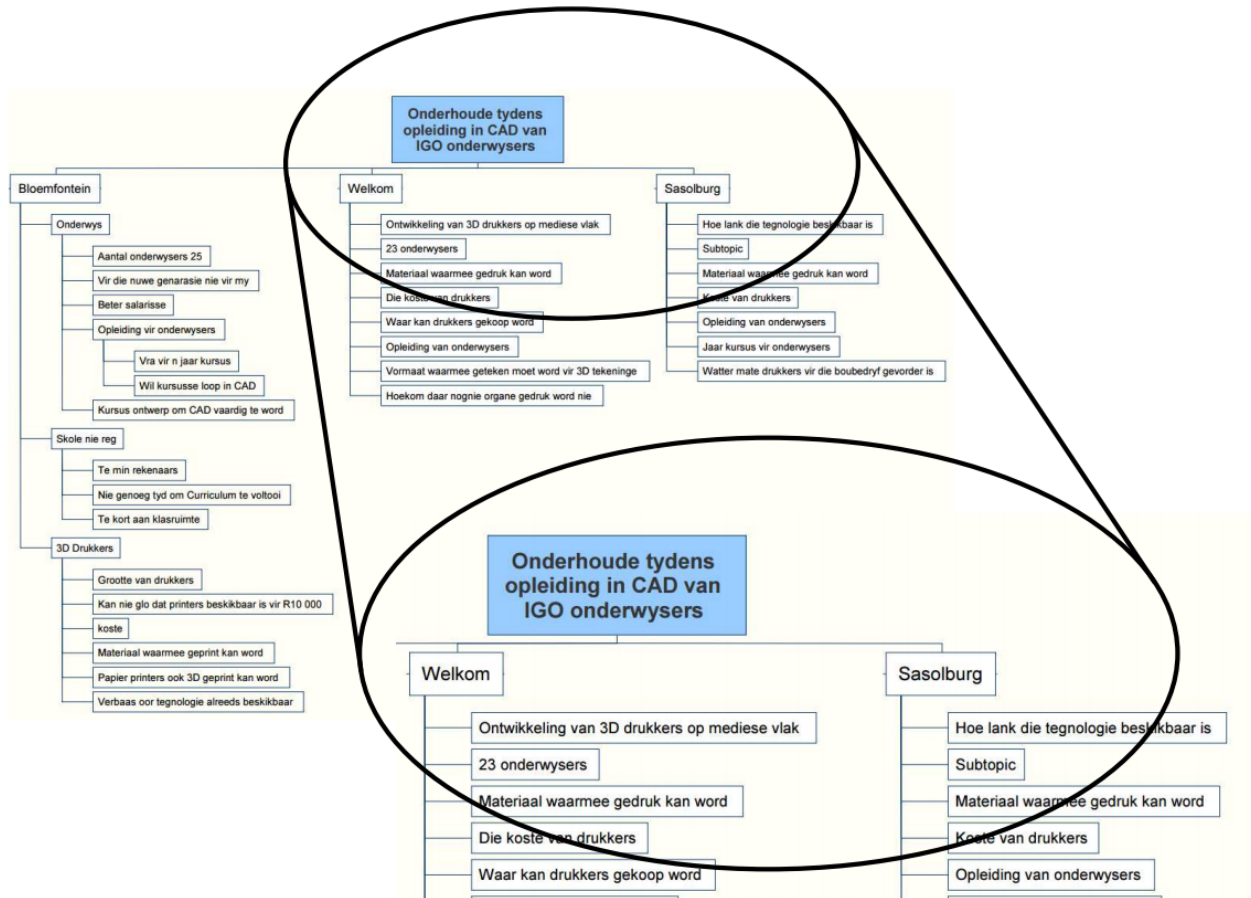
Die basiese doel van dataversameling is die verkryging van feite en opinies van ’n spesifieke groep respondente (Greef, 2011c, p.186). Vervolgens kyk ons na die verskillende tipes data-analise en vraagstellings-tegnieke.

4.7.1 Kwalitatiewe data-analise

Data wat versamel is deur die oop vrae in die vraelyste is outomaties deur Respondus op ’n spreivel geplaas (sien 4.1). Daarna het die navorser die kwalitatiewe data op ’n breinkaart georganiseer en gegroepeer volgens temas om te kon waarneem wat die respondente se menings was oor die vrae om sodoende beter insig in die probleem te verkry (sien 4.6.3). Opvolgvrae is ook in die tweede- en derdejaarvraelyste gevra. Soos Greef (2011b, p.403) opmerk, word kwalitatiewe data-analise uitgebou in die vorm van ’n spiraal. Die opbou van die spiraal, soos in aksienavorsing beskryf (sien 4.3.1), word ook erken in die antwoorde op vrae in die drie stelle vraelyste wat deur die eerste- tot derdejaarstudente voltooi is. Hierdie data wat oor die vier jaar ingesamel is, is vergelyk om afleidings uit die respondente se menings te maak. Oop vrae is ook in die onderhoude met derdejaarstudente gebruik (sien 5.8, 5.11) veral om hul mening oor die CAD, video’s en 3DP te versamel (sien 5.11).

Die navorser het van ’n breinkaart gebruik gemaak om die response op die oop vrae te analiseer en in die kategorieë en temas in te deel. Die kolomme van die breinkaart het uit sleutelbegrippe, sleutel- operasionele definisies (elemente) en aanwysers bestaan (vgl. Greef, 2011c, pp.190-91). Die program, Mindjet Mind Manager, ’n breinkaart program, is gebruik om die kategorieë in temas te rond skuif. *Mindjet Mind Manager* word veral gebruik vir breinkaarte en dinkskrums. Die voordeel daarvan om ’n breinkaart op die rekenaar te gebruik, is dat die data wat ingesamel is, net so uit die databasis gekopieer kon word, sonder enige veranderinge of die korrigeer van spelfoute. Daarna is dit gesorteer in die verlangde hoofvertakkings of kolomme (vgl.

Bezuidenhout, 2006, p.8). Figuur 4.5 toon 'n voorbeeld van 'n breinkaart verwerk op die rekenaar en soos toegepas is in hierdie studie.



Figuur 4.4: Voorbeeld van breinkaart gebruik om onderhoudsdata te analiseer

4.7.2 Kwantitatiewe data-analise

Die kwantitatiewe data is geanaliseer deur die resultate in persentasies te beskryf en verder op te som en te organiseer sodat die data verstaan kon word, soos aanbeveel deur Pietersen en Maree (2007a, p.183.186).

Uit die kwantitatiewe data kon statistieke versamel word oor die ouderdom van die respondente, die geslagsverspreiding, aantal studente wat rekenaars en CAD-programmatuur het. Die kwantitatiewe data is ook outomaties deur Respondus op 'n spreivel gelys en toe is gebruik gemaak van grafieke, tabelle en sirkeldiagramme (*pie-charts*) om die data te analiseer en voor te stel (vgl. Welman et al., 2011, pp.237-41).

4.8 ETIESE OORWEGING

Navorsers moet met etiese verantwoordelikheid optree wanneer hulle met die gemeenskap in interaksie betrokke raak. Daarom moet navorsers die etiese norme nakom. Die woord 'eties' word in die HAT omskryf as "in ooreenstemming met die standarde, reëls van 'n gegewe beroep of groep" (Odendal, Schoonees, Swanepoel, Du Toit, Booyesen, Odendal, Schoonees, Swanepoel, Du Toit, Booyesen, 1994). Volgens Welman et al. (2011:p.201) is daar veral vier belangrike etiese oorwegings waaraan aandag gegee moet word, naamlik die nodige toestemming, reg van privaatheid, beskerming teen benadeling en betrokkenheid by die respondente. Die navorser het die nodige toestemming verkry nadat die respondente deeglik ingelig was oor die doel van die navorsing en ondersoek (vgl. Welman et al., 2011, p.201). 'n Toestemmingsbrief is aan die hoof van die Departement van Onderwys in Wiskunde, Wetenskap en Tegnologie gestuur waarin toestemming versoek is om navorsing te mag doen in die afdeling (sien 1.8), en dit is toegestaan. Die respondente was ook ingelig oor die reg van hul privaatheid en is die versekering gegee dat hulle anoniem sal bly in die navorsing. Die respondente is skriftelik voor die voltooiing van elke vraelys en ook die onderhoud in 'n brief ingelig (sien Addendum 4.2) oor hulle reg tot privaatheid en dat hulle vrywillig die vraelys voltooi en onder geen druk tot deelname geplaas word nie, en ook dat hulle enige tyd kon onttrek indien hulle ongemaklik sou voel met die invul van die vraelys (vgl. Welman et al., 2011, p.201). Hulle moes die brief onderteken en terugstuur. Die respondente moet die versekering hê dat hulle gevrywaar word van enige fisiese of emosionele benadeling (Welman et al., 2011, p.201). Navorsers moet waak teen die manipulerings van respondente en om respondente te hanteer as objekte en nommers in plaas van waardige menslike wesens. Geen onetiese taktieke of ondervraging mag in die proses gebruik word nie (Welman et al., 2011, p.201) – vereistes wat noukeurig nagekom is in die studie.

Taal- en kultuurverskille is ook belangrik in die Suid-Afrikaanse konteks. Verskillende uitdrukkings het verskillende betekenis in verskillende tale. Omdat verskillende kultuurgroepe in hierdie studie betrokke was, moes hierdie verskille gerespekteer word (vgl. Welman et al., 2011, p.200). Buiten taal en kultuur moet seksuele verskille ook in ag geneem word (Welman et al., 2011, p.200). Ingenieursgrafika en -ontwerp is in die verlede oorheersend deur die manlike geslag bedryf, maar hierdie tendens het verander en daarom moes geslagsverskille ook in ag geneem word. Die

onderhoudvoerder sowel as die respondente moet “gesigloos” sowel as “onsigbaar” wees in die navorsing. Dit moet sover as moontlik vermy word om onderskeid tussen geslagte te tref, en sodanige verskille moet geneutraliseer word (Welman et al., 2011, p.200) byvoorbeeld verwysings na ‘hy’ moes vermy word deur die meervoudsvorm (hulle) te gebruik of indien dit nie moontlik was nie, is ‘hy/sy’ gebruik.

4.9 GELDIGHEID EN BETROUBAARHEID

Soos deur Cohen et al. (2009, p.346) aanbeveel, is daar in die studie gepoog om die geldigheid en betroubaarheid van die data wat deur die vraelyste en onderhoude versamel is, te verseker. Daar is ’n verskeidenheid van faktore ten opsigte van betroubaarheid en geldigheid wat ’n rol speel by die invul van vraelyste. So is die tydsberekening en gemoedstoestand van die studente in ag geneem tydens die afneem van vraelyste. Triangulasie is in die studie gebruik om betroubaarheid en geldigheid van die bevindinge te verhoog. Om die data te kon trianguleer, is vraelyste met kwantitatiewe (oop vrae) en kwantitatiewe (geslote) vrae gebruik om data te versamel en dit is opgevolg met ’n onderhoud (vgl. Nieuwenhuis, 2007, p.113)

Daar is ook onderskeid gemaak tussen die verskillende vraelyste en die onderhoude om te kon waarneem of daar enige verandering in die data wat ingesamel is (oor die verskillende jare), was tussen die verskillende vraelyste en onderhoude. In so ’n geval moet daar duidelik onderskeid gemaak word tussen data ingesamel deur vraelyste en data ingesamel deur onderhoude (Cohen et al., 2009, p.346). Die grootste gevaar van onderhoude is dat respondente moontlik nie die waarheid praat nie, daarom is dit altyd goed om opvolgvrae te vra om sodoende seker te maak dat respondente vrae reg verstaan het. Soos wat Nieuwenhuis (2007, p. 113) ook voorstel, het die navorser tydens die onderhoud telkens aan die deelnemers gevra of hy hulle antwoorde op die vrae reg geïnterpreteer het. Nieuwenhuis (2007, p.114) wys ook daarop dat hoe meer die navorser betrokke raak by die deelnemers, hoe groter is die kans vir vooroordele om te ontwikkel omdat die navorser te subjektief betrokke kan raak. Omdat die navorser wel subjektief betrokke was, omdat hy ook die dosent van hierdie studente was, het hy deurgaans gepoog om die navorsing op ’n professionele en gedissiplineerde wyse te laat verloop. McMillan en Schumacher (2001, p. 411) noem die voorafgaande verduideliking ‘gedissiplineerde subjektiwiteit’ wat toegepas moet word deur die navorser om geldigheid en betroubaarheid te

bewerkstellig. Bevindinge van die studie kan ook nie veralgemeen word na die breëre populasie waaruit die deelnemers en respondente getrek is nie (vgl. Nieuwenhuis, 2007, p. 115)

4.10 SAMEVATTING

'n Aksienavorsingsontwerp is in hierdie studie gebruik. Kwalitatiewe sowel as kwantitatiewe metodes is verder aangewend om data in te samel ten einde die navorsingsvrae te beantwoord. Die gebruik van triangulering het die betroubaarheid van die navorsing verhoog. Die navorser het in die navorsing deurentyd die geleentheid gehad om krities na sy werk te kyk en aanpassings te maak waar nodig. Deur die gebruik van aksienavorsing is daar ook gepoog om 'n verdieping in die onderrigmetode teweeg te bring en sodoende ook die kwaliteit van onderrig te verbeter. Aksienavorsing het 'n oop einde en daar is altyd nog geleentheid vir verandering. Die populasie was onderwysstudente in (IGO) aan die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT). Die drie vraelyste is oor vier jaar aan dieselfde groep respondente voorgehou deur middel van Blackboard. Die vraelyste is egter elke jaar aangepas. Onderhoude is ook gevoer met 'n derdejaarsgroep oor 3DP. Die data is versamel deur gebruik te maak van Respondus wat outomaties verwerk is na 'n spreivel. Die spreivel is gebruik om data op te verwerk in grafieke en oop vrae se response is op 'n breinkaart georganiseer en gegroepeer volgens temas. Alle etiese oorwegings is gerespekteer tydens die navorsingsproses. Die vraelyste is met sorg gehanteer om die geldigheid en betroubaarheid daarvan te verseker en vertroulikheid en die anonimiteit van deelnemers te waarborg. In Hoofstuk 5 word die analise van die vraelyste en onderhoude bespreek.

HOOFSTUK 5

DATA-ANALISE

5.1 INLEIDING

Die vraelyste is opgestel en voltooi oor 'n tydperk van drie jaar om die gebruik van, behoefte aan en verwagtinge te opsigte van CAD by die Ingenieursgrafika en -Ontwerp- (IGO-) studente van die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT) te bepaal (sien 4.3.3). Hierdie vraelyste is deur dieselfde respondente in 2010, 2011 en 2012 (Addendums 5.1, 5.2 en 5.3) voltooi om deur middel van aksienavorsing die progressiewe vordering en doelmatige aanpassings wat in die kursus aangebring is, waar te neem en te evalueer. Dus was die respondente in 2010 eerste-, in 2011 tweede- en in 2012 derdejaar-IGO studente (sien 1.6.2.6). Die vraelyste is digitaal deur die studente voltooi en die rapportering van die studente se response is soms net so oorgedra, met foutiewe sinskonstruksie en spelfoute, om 'n beter gevoel te kry van hoe die respondente hulself uitgedruk het in die terugvoering wat gegee is. Die navorser gebruik ook kruisverwysings na literatuur om die response van die studente te bevestig of te ondersteun met soortgelyke bevindinge uit die literatuur.

Die drie vraelyste is afsonderlik geanaliseer en die resultate/data volgens spesifieke temas verduidelik. Vraelys 1 (Addendum 5.1) het die volgende inligting van die respondente gevra: biografiese inligting, voorafkennis en belangstelling in CAD, volhoubaarheid van CAD, studente se ervaring en voorafkennis van CAD, asook aanbevelings gemaak deur studente oor CAD-onderrig. Vraelys 2 (Addendum 5.2) het die volgende inligting van die respondente verlang: biografiese informasie, voorafkennis en belangstelling in CAD, metodiek van die program, volhoubaarheid van CAD, onderrigleer in CAD, hardeware en programmatuur, en onderrigleermateriaal. Vraelys 3 (Addendum 5.3) het die volgende inligting van die respondente verlang: biografiese informasie, hardeware en programmatuur, onderrigleer in CAD, onderrigleermateriaal, en volhoubaarheid van CAD.

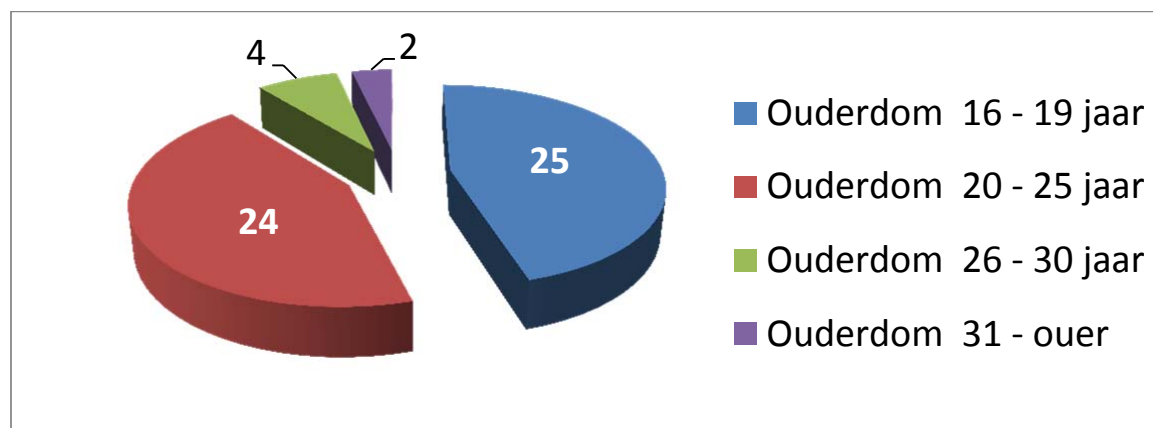
Die meerderheid IGO-studente wat vir die Ingenieursgrafikakursus inskryf, het geen voorafkennis van CAD gehad nie. Laasgenoemde stelling is deur die vraelyste

geverifieer (sien 5.2 vraag 7). Hierdie stelling het 'n invloed op die onderrigleer in CAD en moes in ag geneem word in die ondersoek ten opsigte van wat bereik wil word volgens die gestelde uitkomst vir die IGO-studente aan die SUT. Daar is verder ook vasgestel hoe die studente die metodiek van die program ervaar het en watter veranderinge daar aan die program aangebring kon word. Uit die vraelyste is behoeftes van die studente bepaal, aanpassings is gemaak en opvolgvraelyste is voltooi om die nodige aanpassings te toets. In hierdie hoofstuk word die data wat geanaliseer en geïnterpreteer is, gerapporteer.

5.2 ANALISERING VAN VRAELYS 1: INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERPSTUDENTE IN EERSTE STUDIEJAAR 2010

5.2.1 Biografiese inligting

Die groep respondente wat Vraelys 1 in 2010 voltooi het, was 55 eerstejaar-IGO-onderwysstudente verbonde aan die SUT. Die eerstejaarstudente was die volledige klas wat in November 2010 eksamentoelating verkry het. Hierdie groep het die vraelys aan die einde van die jaar voltooi (sien 1.6.2.6). Studente is toegelaat om eksamen te skryf indien hulle die vereiste toelatingspunt van 'n gemiddeld van hoër as 40% behaal het. Al 55 respondente het die vraelys vrywillig voltooi. Die response op **Vraag 1** toon die **ouderdomsverspreiding van die eerstejaarstudente** en word in Figuur 5.1 en Tabel 5.1 aangedui. Uit die response is bevind dat 89% van die studente jonger as 26 jaar was.



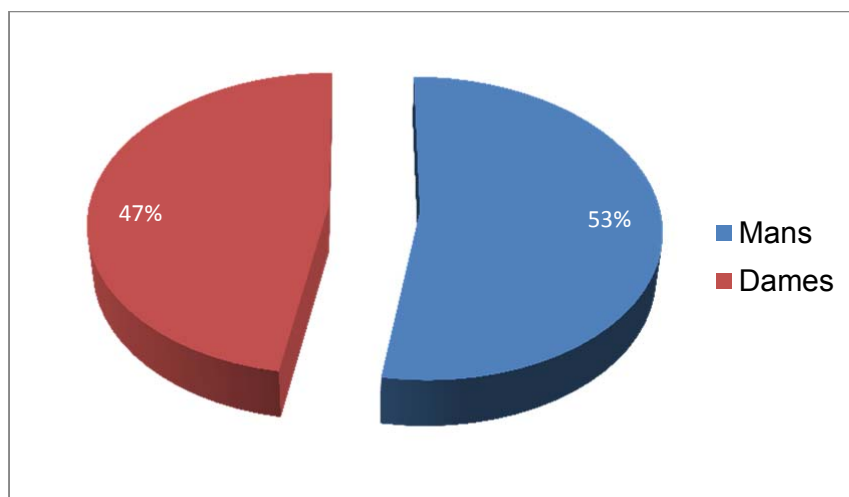
Figuur 5.1: Ouderdomsverspreiding

Response op **Vraag 2** bevestig dat al die respondente uit die eerstejaargroep kom.

Tabel 5.1: Studiejaar

	AANTAL STUDENTE	PERSENTASIE
EGO Grafies 1	55	100%
EGO Grafies 2	0	0%
EGO Grafies 3	0	0%
Totaal	55	100%

Vraag 3 se response toon dat die **geslagverspreiding** van die respondente eweredig was soos onderstaande grafiek aandui.

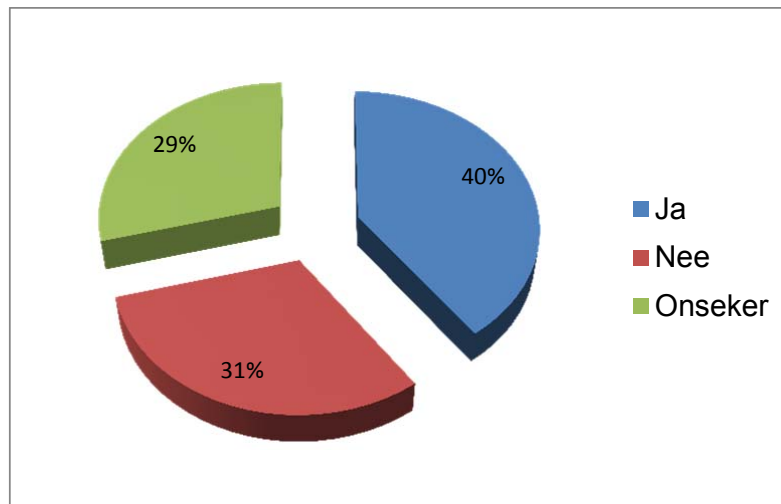


Figuur 5.2: Geslagverspreidingsgrafiek

5.2.2 Die volhoubaarheid van CAD

Met **Vraag 4** het die navorser bepaal of **die moeilikheidsgraad van die program voldoen het aan die respondente se verwagtinge**. Veertig persent (40%) het ja geantwoord, 31% nee, en 29% was onseker, soos in Figuur 5.3 aangetoon. In antwoord op die opvolgvraag, **Vraag 5**, is daar 'n aanduiding dat 91% gretig was om

meer te leer van CAD. Uit die response van die twee vrae wil dit voorkom asof 'n belangstelling onder die studente gewek is om meer te wete te kom oor CAD.



Figuur 5.3: Program voldoen aan IGO-studente se verwagtinge

Studente se belangstelling in CAD gaan ook 'n invloed uitoefen op die volhoubaarheid van CAD en om te bepaal of die respondente gretig was om meer van CAD te leer, is Vraag 5 gevra.

Response op **Vraag 5** toon dat die meerderheid respondente **gretig was om meer van CAD te leer**. Een-en-negentig persent (91%) het aangedui aan dat hulle gretig was om meer van CAD te leer, terwyl 9% nie gretig was om meer van CAD te leer nie, soos in Tabel 5.2 aangedui.

Respondente het die volgende geantwoord op die opvolgvraag, **Vraag 5.1**, om aan te dui dat hulle gretig was om meer van CAD te leer :

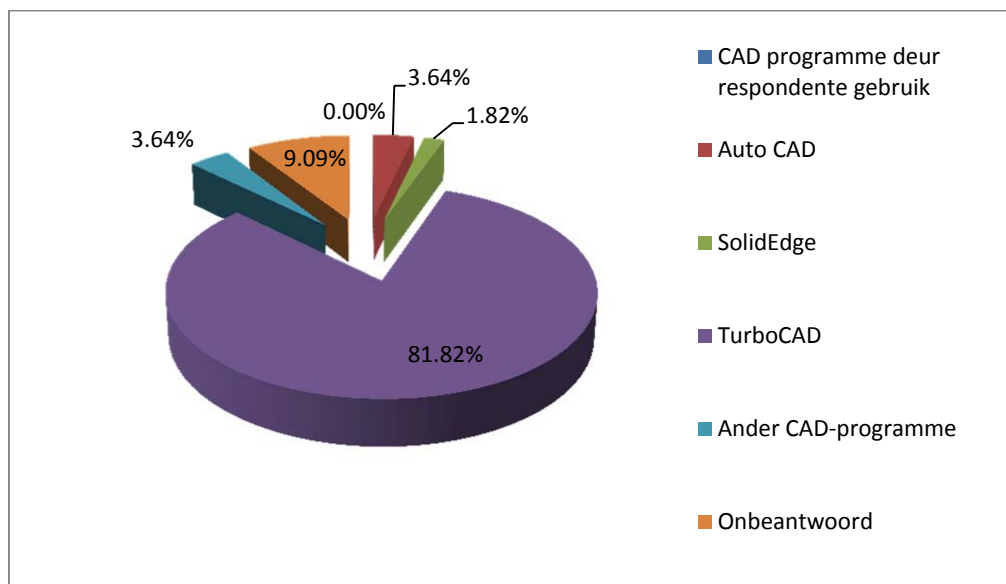
- "...I would like to learn more in it and how to draw fast in it",
- "My answer is yes because I enjoy CAD/working with computer than drawing with a hand.",
- "I would like to learn more in it and how to draw fast in it.",
- "...because it is so difficult for me.",
- "...BECAUSE I'M STILL WILLING TO STUDY FURTHER."

Tabel 5.2: Respondente wat gretig was om meer van CAD te leer

	PERSENTASIE
Ja	91%
Nee	9%
Totaal	100%

5.2.3 Studente se ervaring en voorafkennis van CAD

'n Verskeidenheid CAD programme (sien 2.6.1) is beskikbaar op die mark en van hierdie programme kan selfs gratis van die internet afgetrek word. In **Vraag 6** is die respondente gevra **of hulle enige vorige ondervinding van CAD-programme gehad het** voordat hulle met die CAD-program aan SUT begin het. Die CAD-programme wat deur die respondente gebruik is, word aangedui in Figuur 5.4

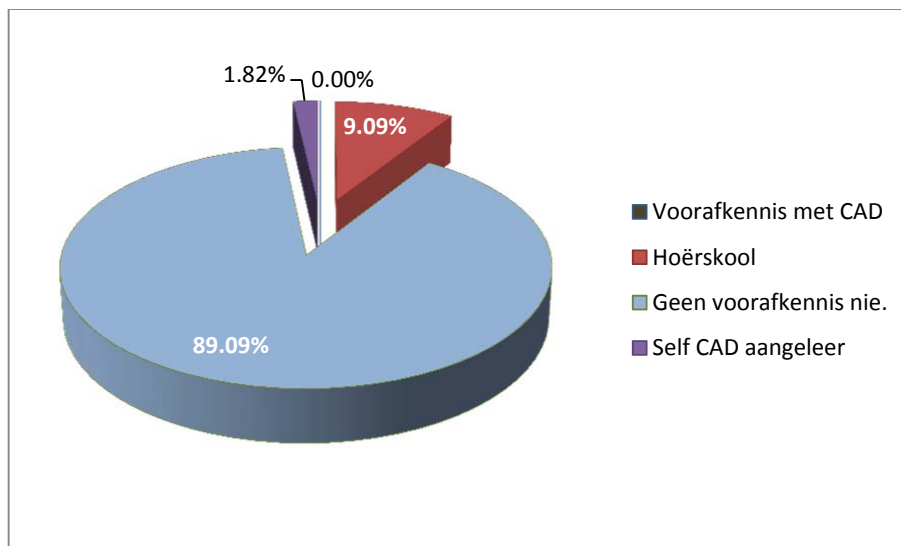


Figuur 5.4: CAD-programme wat deur respondente gebruik is

Soos aangedui in Figuur 5.4 word sommige ander CAD-programme ook deur die respondente gebruik. Twee-en-tagtig persent het aangedui dat hulle van Turbo CAD gebruik maak, terwyl slegs 3.64% aangedui het dat hulle van Auto CAD gebruik maak.

Die Departement van Onderwys in Suid-Afrika het geen voorskrifte vir hoërskole oor watter CAD-program gebruik moet word nie (sien 2.6).

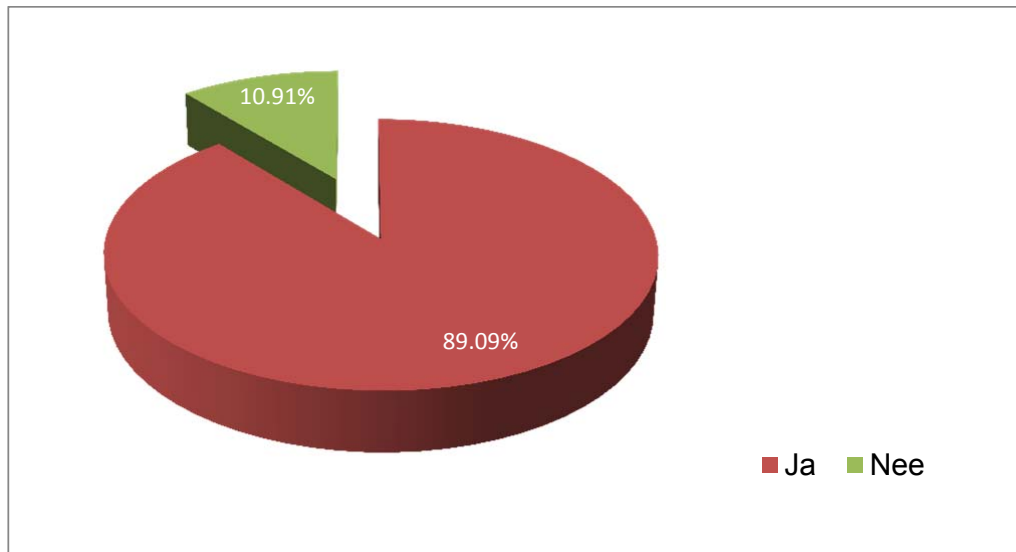
Response op Vraag 7 het aangetoon dat 89.09% van die respondente **geen voorafkennis van CAD gehad het nie** en dat hulle vir die eerste keer met CAD te doen gekry het tydens hulle eerste jaar in die hoërsonderwysomgewing. Soos aangedui in Figuur 5.5, het 9.09% van die respondente op skool vir die eerste keer met CAD te doen gekry en 1.82% het self CAD aangeleer. Van die respondente het 11.01% aangedui dat hulle buite die program te doen gekry het met een of ander vorm van CAD, terwyl 89.09% van die eerstejaarstudente geen agtergrond van CAD in enige vorm gehad het nie (sien 1.3 en 1.7). Volgens Figuur 5.5 wil dit voorkom asof die meeste respondente geen voorafkennis van CAD-onderrig gehad voordat hulle by die SUT begin het nie .



Figuur 5.5: Voorafkennis van CAD

5.2.4 Aanbevelings en voorstelle deur eerstejaarstudente oor die CAD-program

Die respondente moes in **Vraag 8** aangetoon het of hulle **die CAD-program sou aanbeveel vir nuwe studente** (sien 1.7). Die meningsopname toon dat 89% van die respondente die program sal aanbeveel vir nuwe studente, terwyl 11% dit nie sal aanbeveel vir nuwe studente nie (sien Figuur 5.6).



Figuur 5.6: Beveel CAD aan as deel van die program

In **Vraag 8.1** voer die 11% wat gesê het dat hulle **nie die program sal aanbeveel vir ander studente nie, die volgende redes aan:**

- Dat leerlinge nie die vak op skool gehad nie, en dit dus nie geniet om te teken nie.
- Omdat CAD te moeilik is.
- Omdat CAD te veel werk is en dit al jou aandag verg.

Dit blyk dat studente by die SUT wat CAD moeilik vind, graag 'n alternatief in die vakkeuses wou sien. Oor die algemeen blyk dit dat die studente hard werk en die vak baie van hulle tyd verg. 'n Moontlike rede waarom die vak moeilik is vir sommige respondente is omdat daar so 'n groot aantal respondente is wat glad nie die vak op skool gehad het nie, en dus oor geen voorafkennis van IGO beskik nie (sien Figuur 5.5). Baie tyd word dus tydens studente se eerste studiejaar aan CAD spandeer om hierdie agterstand te oorbrug. Die respondente beveel ook aan dat CAD 'n keusevak moet wees en dat respondente nie verplig moet word om IGO te neem in die Tegnologie-rigting nie.

In **Vraag 9** moes die respondente aantoon **hoe die CAD-program verbeter kan word**. Die vraag was 'n oop vraag wat wyd uiteenlopende menings uitgelok het (sien

4.5.1). Die bevindinge van die data is deur middel van 'n breinkaart geanaliseer en in kategorieë verdeel (sien 4.7.1).

Die aspekte wat vir die respondente van belang was, is die volgende:

- Die respondente het gevra dat die CAD-program aan die studente beskikbaar gestel moet word.
- Van die respondente dui aan dat hulle eerder met CAD wil teken as met die hand.
- Die respondente beveel aan daar meer tyd bestee moet word aan CAD en dat daar meer aktiwiteite met CAD gedoen moet word.
- Daar was ook respondente wat aanbeveel dat die program net so moet bly soos wat dit tans aangebied word.
- Twee respondente het aangedui dat die dosent stadiger deur die werk moet gaan.
- 'n Respondent het gevra dat die gemerkte werkstukke elektronies beskikbaar gestel moet word aan die studente.

5.2.5 Voorafkennis van CAD

Die doel van **Vraag 10** was om te bepaal of die respondente oor **genoegsame vooraf-kennis beskik om CAD in 2D-tekene te gebruik**. Respondente moes slegs *ja* of *nee* antwoord op die vraag, en indien die respondente *nee* geantwoord het, moes hulle 'n rede verskaf. In Tabel 5.3 word aangedui dat die meerderheid respondente, 85.5%, ervaar het dat hulle oor voldoende voorafkennis beskik om tweedimensioneel (2D) in CAD te kon teken. Studente wat *nee* geantwoord het, het die volgende motiverings gegee vir hoekom hulle nog onseker voel om tweedimensioneel in CAD te teken.

- "...This is my first to meet with something like this. I did science subjects at high school."
- " I don't have enough time to practice it."
- " I'm not satisfied with my progress in 2D, I think I need to know more of it."
- " ... I don't get to practice much because of time",

- " ...IT NEED TOO MUCH TIME 'BECUZ' I ONLY HAVING CHANCE WHEN I'M AT SCHOOL. IF AT LEST WE CAN GET SOFTWARE",
- " ...I did not got enough time to practice."*

*LW: Alle aanhalings uit studenteresponse is direk oorgeneem, dus nie taalkundig versorg nie.

Tabel 5.3: Voldoende voorafkennis om 2D CAD te teken.

	PERSENTASIE
Ja	85.5%
Nee	14.5%
Totaal	100%

Met **Vraag 11** (sien Figuur 5.4) is van die respondente verwag om aan te **dui of hulle al voorheen met 3D-tekeninge gewerk het**. Die eerstejaarstudente het op hierdie stadium nog nie in die klas met 3Dtekeninge gewerk nie (sien 4.6.1) en van die studente wat *nee* geantwoord het, het van die volgende redes aangevoer:

- "...I haven't been taught it",
- "I know a little about it because Mr Viljoen is the first person to teach me that."
- " no problems with it"
- "we have not started doing it in class and i can not wait to start with it."
- "it is difficult for me", "because i didn't give it enough attention."
- " I haven't done it, no idea of what is going on there."
- " I HAVE NOT YET BEEN TRAINED TO USE IT"
- "I have not yet used the 3D CAD, I have a lot to learn"
- " I have not used it before, but i think i would not encounter any difficulties if i start using it."
- " i have some skills".

Tabel 5.4: Voldoende voorafkennis om 3D te teken

	PERSENTASIE
Ja	21.8%
Nee	78.2%
Totaal	100%

5.3 SLOTOPMERKINGS OOR RESULTATE VAN VRAELYS 1

Oor die algemeen blyk dit dat die eerstejaar-IGO-studente positief is oor die CAD-program en dat daar 'n gretigheid by hulle is om meer te wete te kom oor die program. Respondente het ook laat blyk dat hulle graag meer tyd sal wil spandeer aan CAD. Dit wil verder voorkom asof die respondente die CAD-program as 'n uitdaging beskou het omdat hulle nie oor 'n CAD-program beskik het om by die huis mee te werk nie en dat al die take in die CAD-laboratorium by die SUT gedoen moes word.

5.4 AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD

Met die data wat versamel is met die eerste ronde vraelyste (sien Addendum 5.1), is die eerste aksienavorsingsiklus voltooi volgens Figuur 4.6 (sien 4.3.1). Na deeglike refleksie is die volgende aanpassings gemaak in die onderrig van die CAD-IGO-studente vir die 2012- akademiese jaar. Meer oefeninge word aangebied in CAD en respondente het ook meer oefeninge, wat gewoonlik met die hand geteken was, nou op CAD geteken. Dit het aan die studente geleentheid gebied om die teorie van IGO baas te raak en terselfdertyd ook meer oefening in CAD te kry. Deur hierdie verandering is die behoefte van die respondente om meer oefeninge in CAD te doen, aangespreek. As gevolg van 'n versoek deur die studente om stadiger deur die werk te gaan, is daar ook vir die studente geleentheid geskep waar hulle ekstra tyd kon spandeer in die klas. Tydens dié geleentheid is 'n studente-assistent beskikbaar gestel om vrae te beantwoord en te help waar studente probleme sou ondervind met die CAD. Op versoek van die studente om gemerkte werk elektronies beskikbaar te stel, is die digitaal gemerkte werk op Blackboard (die studenteportaal waar onderrigleermateriaal en ander hulpmiddels geplaas word) geplaas waar die studente daarna kon kyk.

Vervolgens word die analise van vraelys 2 in 5.5 bespreek.

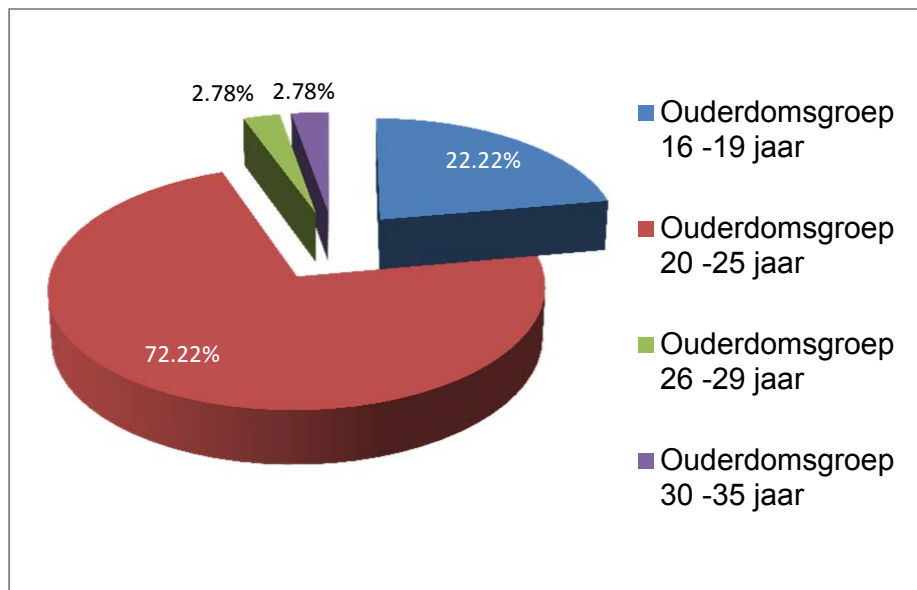
5.5 ANALISERING VAN VRAELYS 2: INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERPSTUDENTE IN TWEEDE STUDIEJAAR 2011

Vraelys 2 is 'n aangepaste vraelys (sien Addendum 5.2) wat in opvolg van die een wat eerstejaar-IGO-studente van 2010 voltooi het, in 2011 deur dieselfde groep studente in hul tweede studiejaar voltooi is. Daar was nou egter net 36 studente in dié jaargroep.

Al 36 respondente (100%) het die vraelyste voltooi soos aangetoon in Figuur 5.7. Op een na is die 36 vraelyste volledig beantwoord en teruggestuur, wat die navorser met 'n getroue weergawe van die groep se mening laat.

5.5.1 Biografiese inligting

Vraag 1 het gehandel oor die ouderdomme van die tweedejaarstudente. Die **ouderdomsverspreiding** word in Figuur 5.7 aangedui.



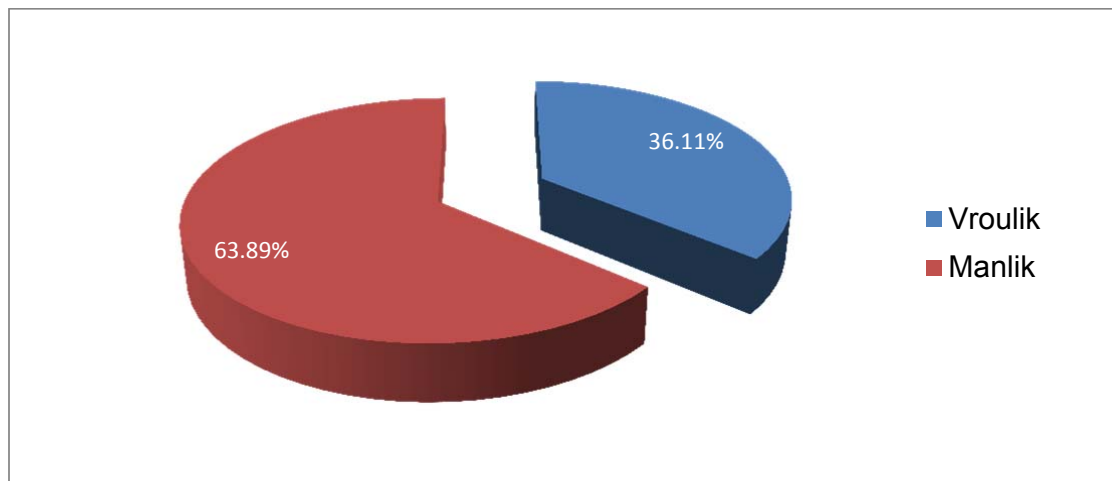
Figuur 5.7: Ouderdomsverspreiding van IGO-studente in hul tweede studiejaar

Tabel 5.5 toon, volgens **Vraag 2**, dat al 36 respondente tydens die voltooiing van die vraelys in hulle **tweede studiejaar IGO-grafies** was.

Tabel 5.5: Die studiejaar van die respondente

	AANTAL STUDENTE	PERSENTASIE
IGO Grafies 1		0%
IGO Grafies 2	36	100%
IGO Grafies 3		0%
Totaal		100%

Vraag 3 het gehandel oor die **geslagverspreiding**, en die response het aangedui dat daar 13 (36.11%) vroulike studente en 23 (63.89%) manlike studente was, wat 'n verandering toon teenoor die getalle van die geslagte van die groep in hul eerste studiejaar. Daar was 'n studentetal-vermindering van 34.55% vanaf 2010 na 2011. Onder die vroulike studente was daar 50% minder studente as in 2010 en onder die manlike studente was daar 20.7% minder studente as in 2010. Die verskil in die verandering van die geslagte tussen 2010 en 2011 word in Tabel 5.6 en Figuur 5.8 aangedui (sien 4.8).



Figuur 5.8: Geslagverspreiding van IGO-studente in hulle 2de jaar

Die verskil in getalle tussen geslagte in 2010 en 2011 word in die volgende tabel uitgewys.

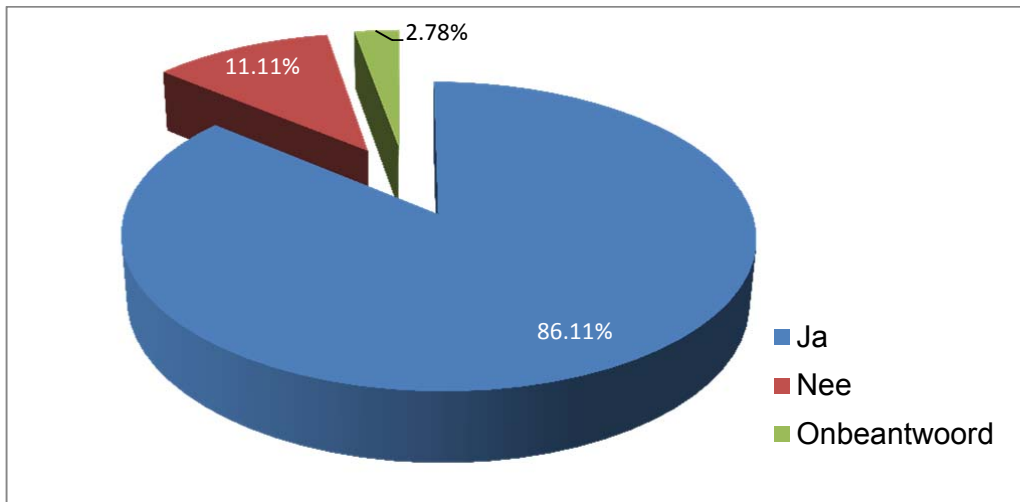
Tabel 5.6: Vergelyking tussen geslagverspreidings van 2010 en 2011

	PERSENTASIE
Vroulik 2010 (26 studente)	47%
Manlik 2010 (29 studente)	53%
Totaal 2010 (55 studente)	100%
Vroulik 2011 (13 studente)	36%
Manlik 2011 (23 studente)	64%
Totaal 2011 (36 studente)	100%

Die studentetal vermindering onder die vroulike studente vanaf 2010 tot 2011 was 50%, terwyl die studentetal verminder onder die manlik studente vanaf 2010 tot 2011 21% was.

5.5.2 Belangstelling in CAD

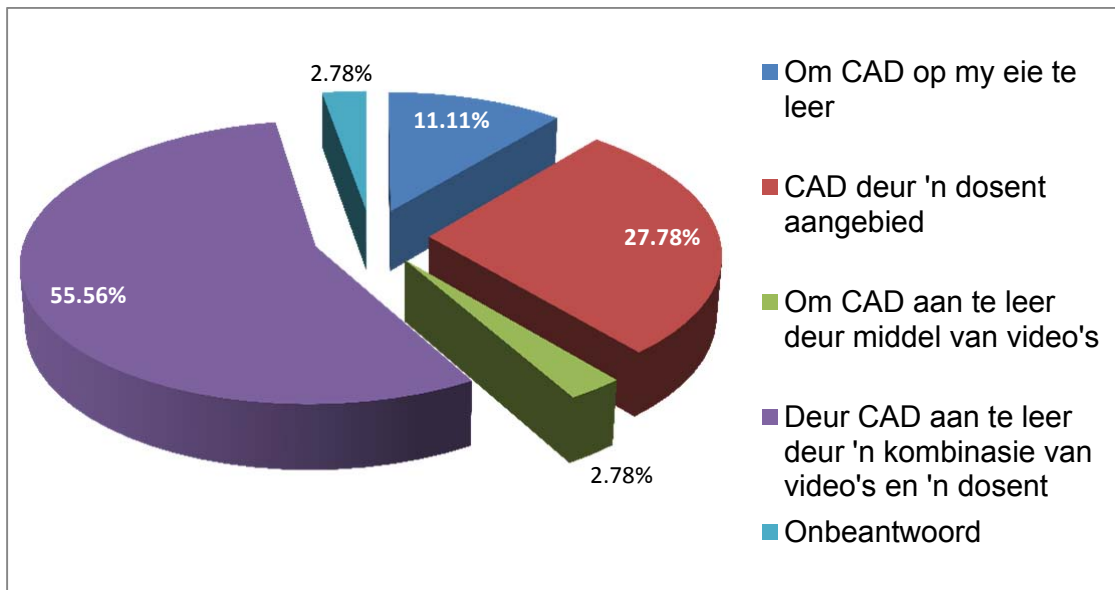
In **Vraag 4** is die respondente gevra **om aan te toon of hulle meer van CAD wil leer**. Die meerderheid (86%) respondente het aangedui dat hulle gretig was om meer van CAD te leer, soos aangedui in Figuur 5.9, terwyl 11% *nee* geantwoord het. Daar was 'n daling van 5% in die belangstelling onder die respondente om meer van CAD te leer vanaf 2010 na 2011.



Figuur 5.9: Gretig om meer te leer van CAD

5.5.3 Onderrig van CAD

In die CAD-klas maak die dosent gebruik van die rekenaar en 'n dataprojektor as onderrigmetode om CAD te verduidelik. Daarna word videomateriaal gebruik, wat op elke student se rekenaar gelaai is. Dit bied aan elke student die geleentheid om op sy eie tyd daarna te kyk, dit terug te speel of vooruit te kyk en sodoende sy/haar eie tempo van leer te bepaal (sien 3.8). In **Vraag 5** het die navorser die respondente voor keuses gestel **oor die onderrig van CAD**. Ongeveer drie persent (2.78%) van die respondente het addisioneel geantwoord dat hulle verkies om op hul eie te leer. Die response op hierdie vraag word in Figuur 5.10 aangedui (sien 3.5).

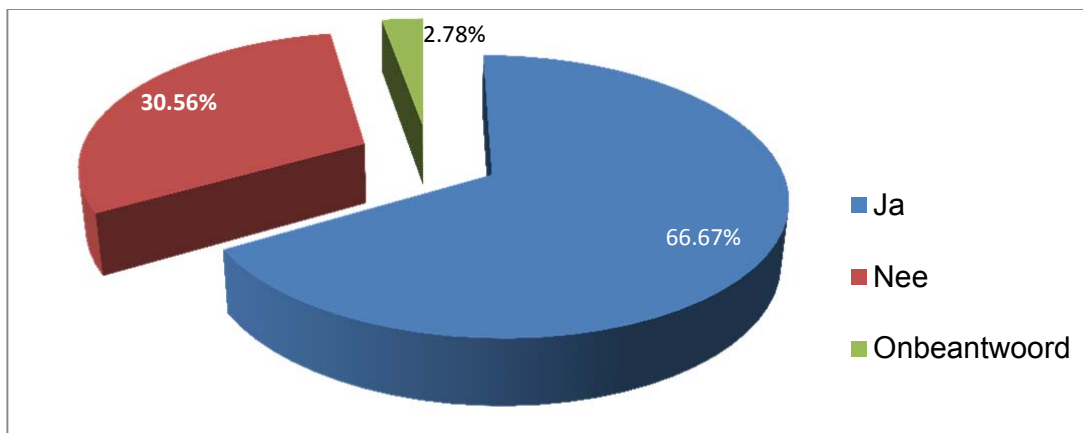


Figuur 5.10: Respondente se mening oor onderrigmetode

Dit wil voorkom asof die meerderheid respondente verkies om CAD aan te leer deur middel van video's en met 'n dosent teenwoordig om CAD te verduidelik.

5.5.4 Het studente voldoende kennis om aan die einde van tweede jaar CAD te onderrig?

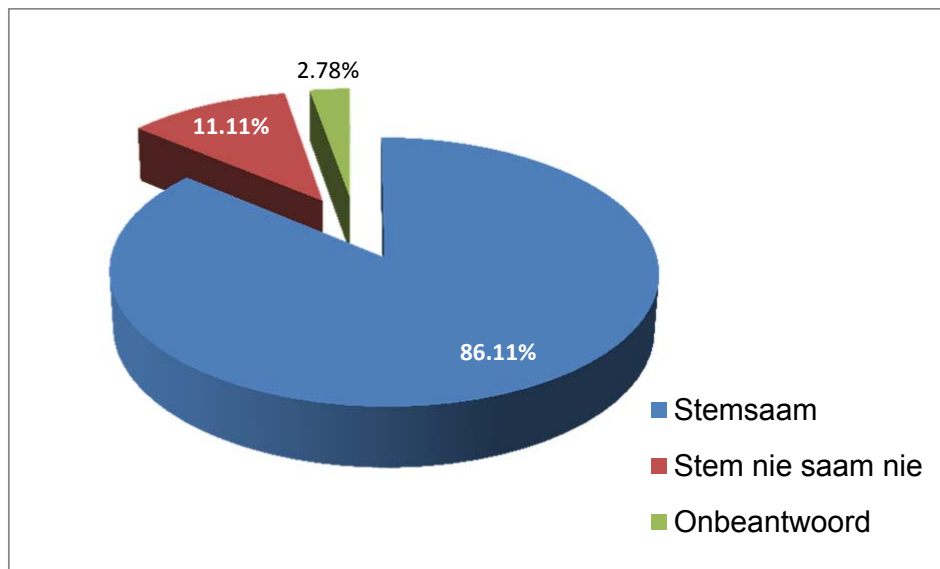
In **Vraag 6** is die studente gevra om deur middel van 'n *ja* of *nee* aan te dui of hulle van mening is dat tweedejaar- IGO-**onderwysstudente deur middel van die CAD-program genoeg kennis opgedoen het om CAD aan te bied** in die Verdere Onderwys en Opleiding (VOO) -fase (sien 2.6 en 3.5). Volgens Figuur 5.11 het die meerderheid van die respondente aangedui dat hulle genoegsame ondervinding in CAD opgedoen en ontvang het om dit op skool aan te bied.



Figuur 5.11: Genoegsame ervaring opgedoen oor CAD om op skool aan te bied

5.5.5 Voorkeur van CAD as tekenmetode

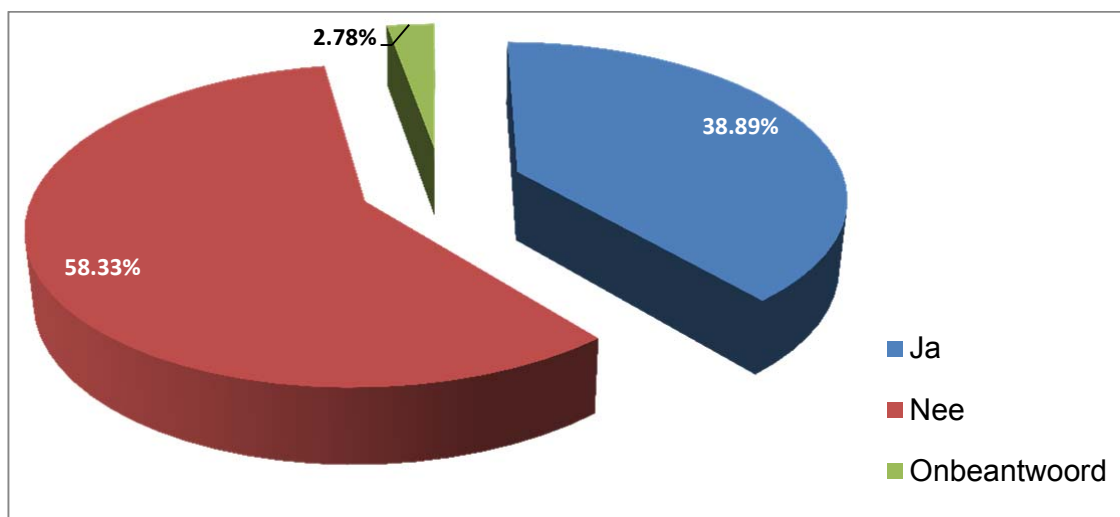
Met **Vraag 7** moes die respondente aandui of hulle sou **verkies om meganiese en siviele tekeninge**, wat op daardie stadium met die hand geteken is, **met CAD-tekeninge te vervang** (sien 2.4). Figuur 5.12 toon dat 86% respondente verkies om meganiese- en siviele tekeninge met CAD te teken, terwyl 11% verkies om met die hand te teken.



Figuur 5.12: Om meganiese- en siveletekeninge met CAD of per hand te teken

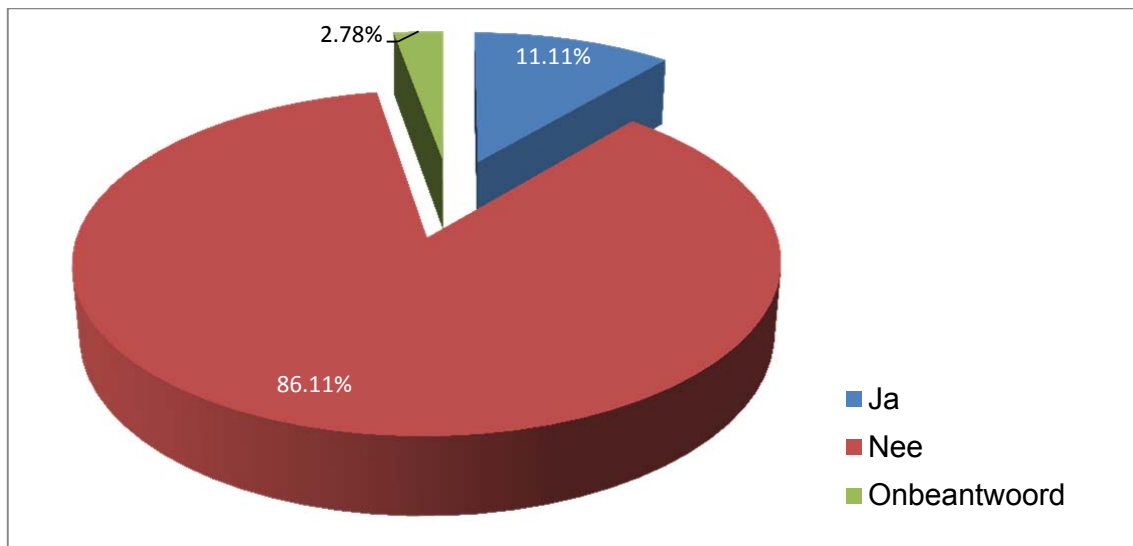
5.5.6 Toegang tot CAD

In **Vraag 8** is respondente gevra of hulle **toegang tot 'n rekenaar het by die huis**. In **Figuur 5.13** word aangedui dat 38.89% van die respondente rekenaars tot hul beskikking het om te tuis te kan doen. Dit wil voorkom asof meer respondente in hul tweede studiejaar toegang tot rekenaars gehad het en/of oor hul eie rekenaars/skootrekenaars beskik het. Die vraag is weer in die derde studiejaar gevra om vas te stel of daar enige toename was in studente wat vir hulself rekenaars aangeskaf het (sien 5.8.4,5.8.5).



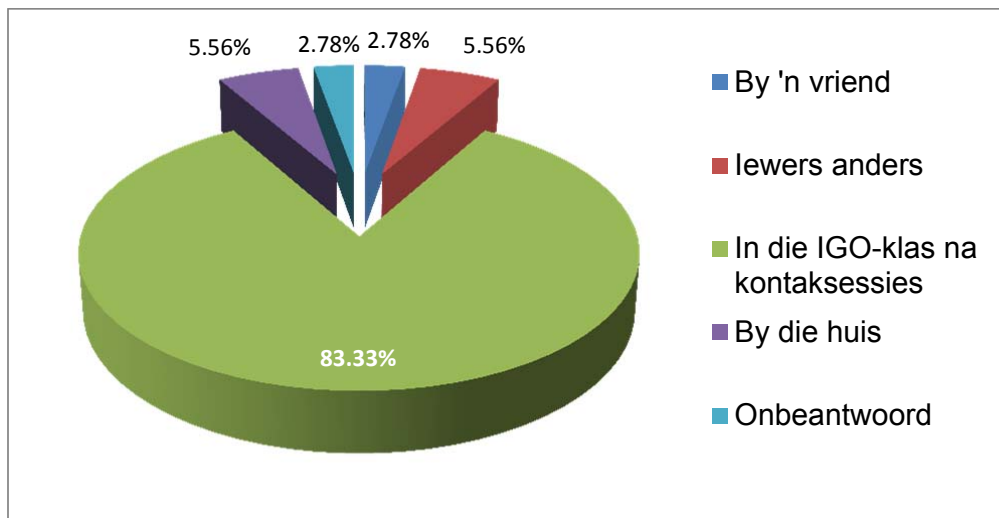
Figuur 5.13: Toegang tot 'n rekenaar

Met **Vraag 9** is daar deur middel van 'n *ja/nee*-opsie bepaal of respondente toegang het tot 'n CAD-program by hul woonplek. In Figuur 5.14 word aangedui dat 11.11% van die respondente wel CAD-sagteware tuis het om CAD-take by die huis te kan doen. Hierdie lae persentasie kan moontlik daartoe bydra dat studente nie genoegsame praktiese tyd bestee om CAD baas te raak nie. Daar is ook nie genoegsame tydgleuwe in die CAD-laboratorium by SUT om hierdie leemte aan te vul nie. Vir 'n praktiese vak is dit kommerwekkend dat 86.11% respondente nie oor toegang tot CAD het waar hulle bly nie.



Figuur 5.14: Toegang tot CAD by woonplek

In **Vraag 10** is daar opsies aan respondente gestel om aan te dui **waar hulle hul teken take doen** indien hulle dit nie in die praktiese sessies in die klas kon doen nie. Die ruimte en tyd in die CAD-laboratorium by die SUT is beperk, daarom is dit noodsaaklik vir die respondente om alternatiewe beskikbare CAD-stasies tot hul beskikking te hê om praktiese opdragte in CAD te voltooi. Met nadere ondersoek is gevind dat die CAD-laboratorium die enigste lokaal op die kampus is wat die spesifieke CAD-program beskikbaar het, wat dit vir die respondente moeilik maak om na-ure te werk.



Figuur 5.15: Moontlike plekke waar praktiese tekenname gedoen kan word

Uit response op **vraag 10** word afgelei, soos in Figuur 5.15 uiteengesit, dat 83.33% studente gebruik maak van die CAD-laboratorium omdat hulle moontlik nie toegang het tot rekenaars nie. Die opname toon dat dit vir 16.67% moontlik is om op ander plekke hulle praktiese take te doen en dat dit vir slegs ses persent moontlik is om die fasiliteit by die huis te gebruik. Om CAD te bemeester, is dit nodig om genoegsame praktiese tyd voor die rekenaar te spandeer. Dit wil voorkom of die meerderheid respondente nie toegang tot rekenaars het nie, en dus moet meer geleenthede/fasiliteite vir die studente geskep word sodat die studente beter kan presteer.

5.5.7 Respondente se voorstelle oor die verbetering van CAD

In **Vraag 11** is daar vir die studente gevra **om met voorstelle na vore te kom oor hoe om die tweedejaar- CAD-program te verbeter**. Hierdie voorstelle is in 'n breinkaart gegroepeer en opgesom (sien 4.7.1). Volgens die terugvoering is die meerderheid respondente tevrede met die program in die huidige formaat. Van die respondente vra vir meer tyd om werkstukke te voltooi, asook vir meer CAD-oefeninge. Die respondente vra vir meer leiding deur middel van videomateriaal. 'n Volgende groep respondente vra ook vir die beskikbaarstelling van rekenaars, asook dat die CAD-program beskikbaar gestel moet word aan die studente.

5.6 SLOT OPMERKINGS OOR RESULTATE VAN VRAELYS 2

In die tweedejaargroep van 2011 is daar 'n 35% vermindering van studente vanaf die eerstejaarsgroep van 2010. Die totale tweedejaargroep van 2011 is 36 studente (sien 5.5.1). Uit die terugvoering wil dit voorkom asof die studentegroep gemotiveerd en gretig is om meer te leer van CAD (sien 5.5.2). Dit blyk verder dat die videomateriaal 'n belangrike rol speel in die klasaanbieding waar slegs 2.78% aangedui het dat hulle CAD alleenlik wil leer deur gebruik te maak van videomateriaal, terwyl 55.56% aangedui het dat hulle verkies om gebruik te maak van 'n kombinasies van videomateriaal en 'n dosent in die klas (sien 5.5.3). Bykans sewe-en-sestig persent respondente (66.67%) toon aan dat hulle gereed is om CAD te gebruik om IGO in die VOO-fase aan te bied (sien 5.5.4). Ses-en-tagtig persent (86.11%) respondente dui aan dat hulle eerder met CAD wil teken as met die hand (sien 5.5.5). Uit die vraelys het dit ook na vore gekom dat 'n beduidende lae persentasie oor die CAD-tekenprogram en toegang tot rekenaars tuis beskik om by die woonplek te kan werk en voor te berei vir take en toetse (sien 5.5.6). In Vraag 11 beveel die respondente in 'n oop vraag aan dat meer tyd aan CAD gespandeer moet word, en dat die CAD-program beskikbaar gestel moet word aan die respondente sodat almal die geleentheid het om tuis te werk.

5.7 AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD

Nadat die navorser refleksie gedoen het oor die data wat ingesamel is met die tweede aksienavorsingsiklus (sien Figuur 4.5) is daar besluit om die volgende aanpassings in 2013 te maak ten opsigte van CAD-onderrigleer. Daar was 'n uitval van 50% vroulike studente en 20% manlike studente vanaf die eerste jaar na die tweede jaar van studie. Hierdie uitval van veral die damestudente was aansienlik hoog en aksieplanne word beraam om hierdie probleem te probeer oplos. Meer tyd sal ook daaraan bestee word om studente te motiveer om hard te werk en nie tou op te gooi nie. Meer aandag sal ook gegee word aan moontlike probleme wat kan voorkom dat studente nie vorder nie. Meer persoonlike aandag aan individuele studente wat probleme ervaar, word beplan, asook meer tyd in die CAD-laboratorium. Studente kry ook meer geleentheid om op CAD te teken as per hand. Respondente dui aan dat hulle voorkeur daaraan gee om met CAD te teken, daarom motiveer die feit dat hulle met CAD kan teken ook die studente om meer te teken. Studente word vanaf hulle eerste studiejaar aangemoedig om 'n persoonlike rekenaar of skootrekenaar aan te skaf. Die analise

van data verkry uit vraelys drie sal in die volgende afdeling bespreek word. Daar sal veral op opvolg vrae uit die eerste twee vraelyste gekonsentreer word.

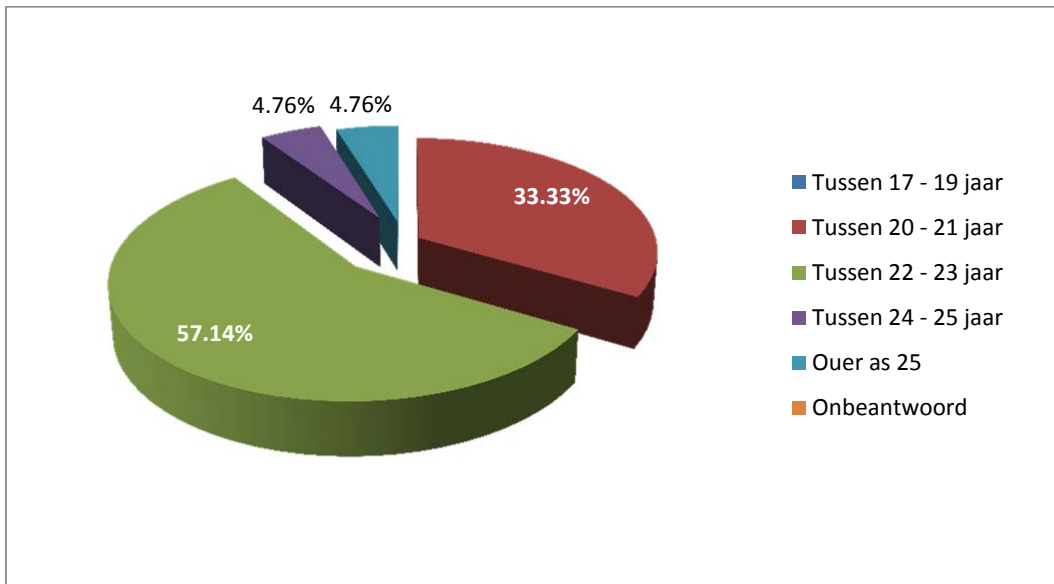
5.8 ANALISERING VAN VRAELYS 3: INGENIEURSGRAFIKA EN -ONTWERPSTUDENTE IN DERDE STUDIEJAAR 2012

Vraelys 3 is 'n aangepaste vraelys (sien Addendum 5.3) in opvolg van die een wat die tweedejaar- IGO-studente van 2011 voltooi het, en is in 2012 onder dieselfde groep studente in hul derde studiejaar versprei vir voltooiing. Hierdie respondente is uit die IGO-onderwysstudentegroep van die SUT geselekteer. Een-en-twintig uit die 29 moontlike respondente het die vraelys voltooi. Twee-en-veertig vrae is in hierdie vraelys opgeneem. Om kontinuïteit te behou in die navorsing was dit nodig om die derde vraelys te gebruik om weer eens, indien nodig, aanpassings te maak aan die onderrig van CAD.

In die derde studiejaar word die IGO-opleiding voltooi en is aspekte soos 2D- en 3D-CAD-tekeninge volledig met die studente voltooi. Punte wat in response op vraelys twee uitgestaan het om verder ondersoek te word in vraelys drie, was die vordering van die respondente tussen die tweede en derde studiejaar. Vanaf die eerste na die tweede studiejaar was daar 'n uitval van 35% (sien 5.2.1). Die beskikbaarheid van CAD-programmatuur en rekenars is weer in vraelys drie ondersoek (sien 5.8.3, 5.8.4). Die mening van die respondente is ook gevra oor hoe 2D-tekene ervaar word teenoor 3D-tekene. Daar is ook aan die respondente gevra hoe hulle die kursus of onderrigmateriaal ervaar en gebruik het tydens die 3D-tekene.

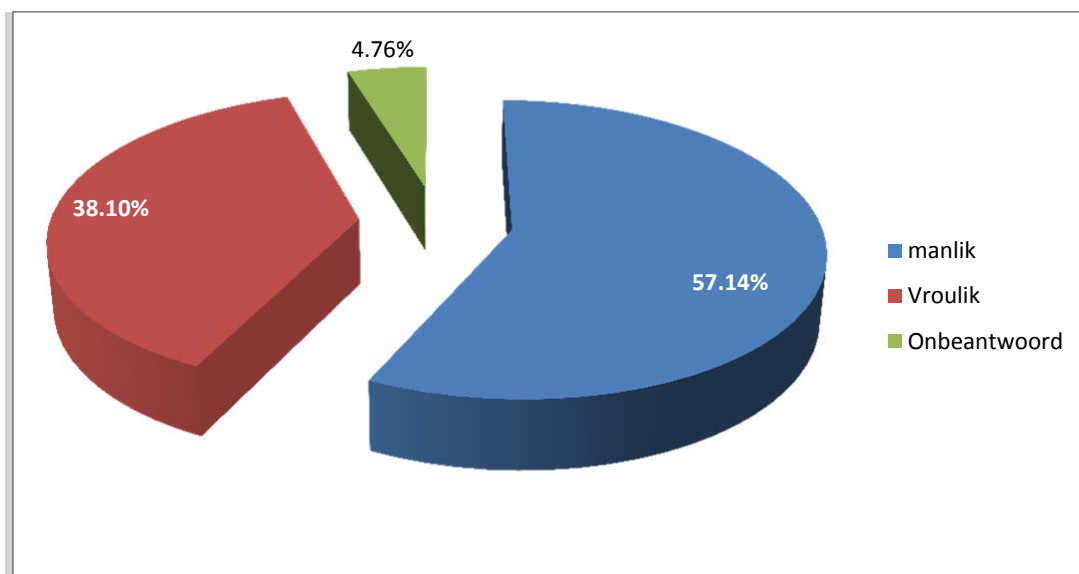
5.8.1 Biografiese inligting

In **Vraag 1.1** het die **studente hul ouderdomme aangedui** en dit word weergegee in **Figuur 5.16**.



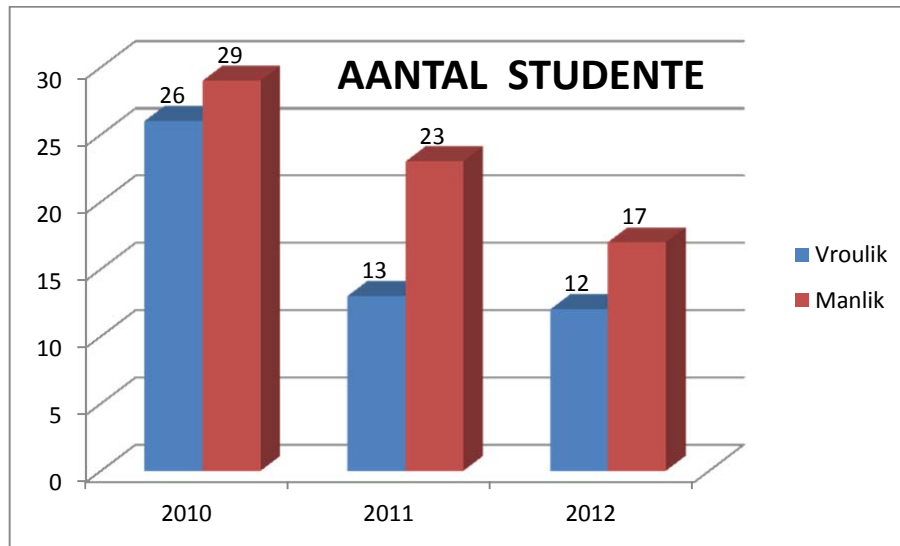
Figuur 5.16: Die ouderdomsverspreiding van die derdejaarstudente

Met **vraag 1.2** is die **geslagsverspreiding van die derdejaar-respondente bepaal**. Die verspreiding, soos in **Figuur 5.17** aangetoon, was 57% manlik en 38% vroulik, 5% het die vraag onbeantwoord gelaat.



Figuur 5.17: Geslagsverspreiding van derdejaarrespondente

Dit is interessant om die geslagverspreiding waar te neem oor die drie jaar soos in Figuur 5.18 aangetoon.



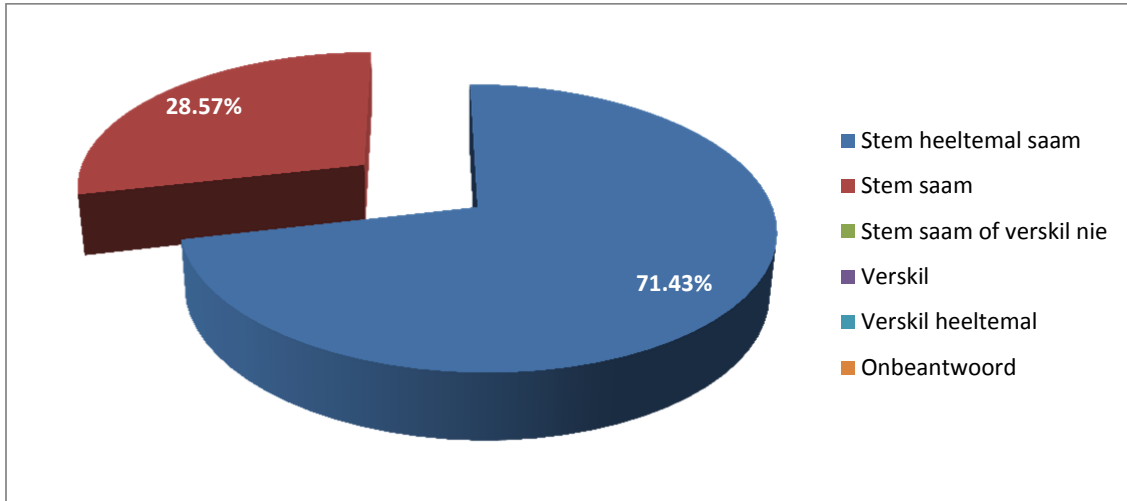
Figuur 5.18: Geslagsverspreiding van IGO-studente vanaf 2010 tot 2012

Onder die vroulike IGO-studente was daar 'n vermindering van 53%, terwyl die manlike studente 'n vermindering van 41% getoon het. By die vroulike studente was daar 'n drastiese vermindering van studente tussen die eerste en tweede jaar, terwyl die manlike studente 'n meer geleidelike daling van studente oor die drie jaar van 2010 tot 2012 getoon het. Om werklike tendense oor die geslagsverspreiding te ondersoek, sal hierdie aspek oor 'n langer tydperk nagevors moet word.

Vrae 2.1 tot 2.6 van die vraelys het gehandel oor die programmatuur (sagteware) van die rekenaar, watter CAD-program hulle moeilik vind, en toegang tot rekenartoerusting en CAD. Respondente moes verder aandui of 2D/3D-CAD wel in IGO aangebied moet word vir Graad 10–12-leerders.

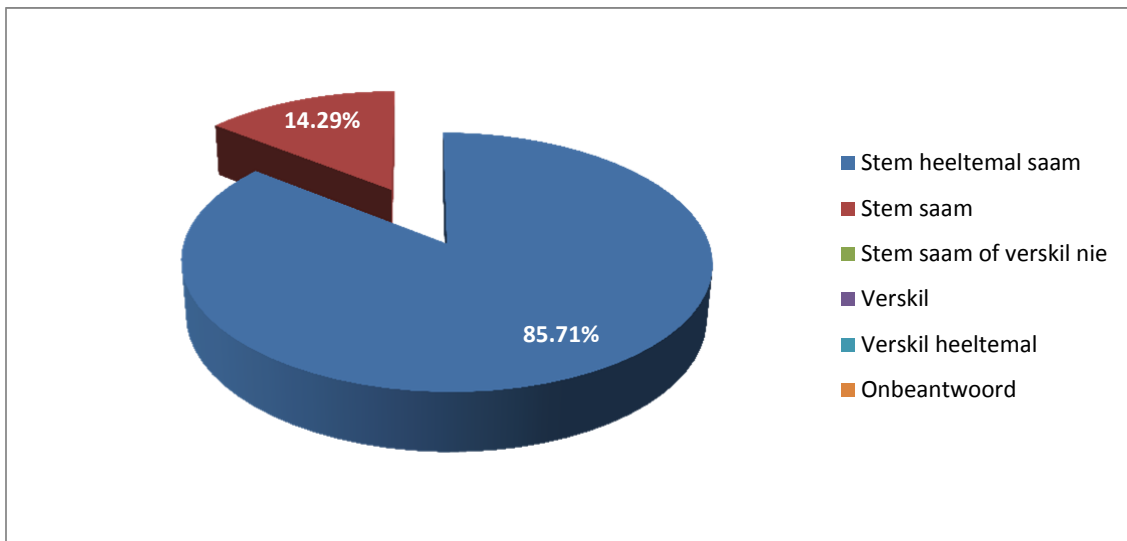
5.8.2 Besikbaarheid en toestand van harde- en sagteware vir CAD-tekeninge

In **Vraag 2.1** is die studente gevra om aan te toon of **die rekenaar-sagteware/-toerusting wat gebruik word vir CAD-tekenwerk altyd beskikbaar en in 'n goeie en werkende toestand** was. Soos aangedui in Figuur 5.19 het die meerderheid respondente aangedui dat die toerusting wat gebruik word vir tekenwerk altyd in 'n goeie werkende toestand was.



Figuur 5.19: Rekenaartoerusting beskikbaar vir CAD-tekeninge

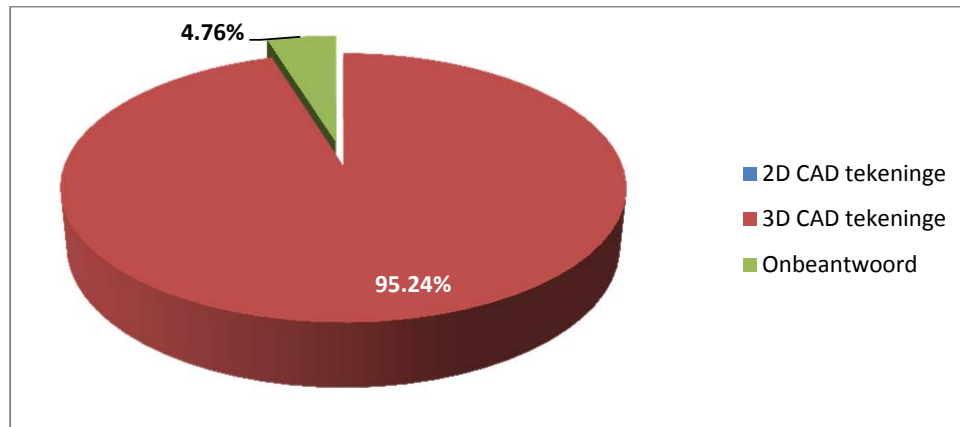
In Vraag 2.2 is bepaal of die **rekenaars en programmatuur (harde- en sagteware) in 'n goeie toestand was en bevorderlik was vir leer**. Al die respondente stem saam dat die programmatuur in 'n goeie toestand was en bevorderlik was vir leer (86% stem heeltemal saam en 14% stem saam), soos in Figuur 5.20 aangetoon.



Figuur 5.20: Programmatuur in goeie toestand en bevorderlik vir leer

5.8.3 CAD-tekeninge wat die moeilikste ervaar is deur respondente

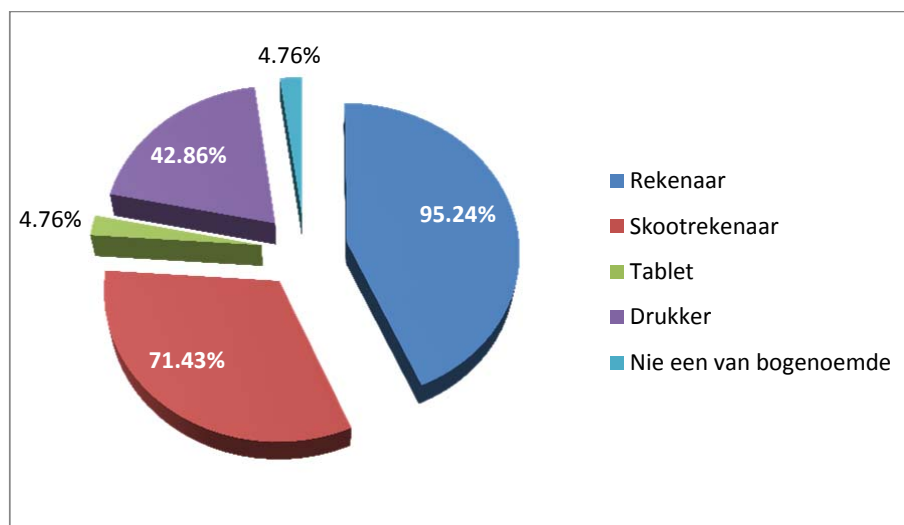
In **Vraag 2.3** moes die respondente aandui, **watter CAD-tekening (2D of 3D) die respondente die moeilikste ervaar het**. In Figuur 5.21 het 95% van die respondente aangetoon dat 3D- CAD-tekeninge die moeilikste was om te maak wat moontlik kan dui op die insig wat studente moet hê om drie vlakke te kan waarneem.



Figuur 5.21: 2D- of 3D-CAD-tekeninge die moeilikste ervaar deur studente

5.8.4 Toegang tot rekenaars

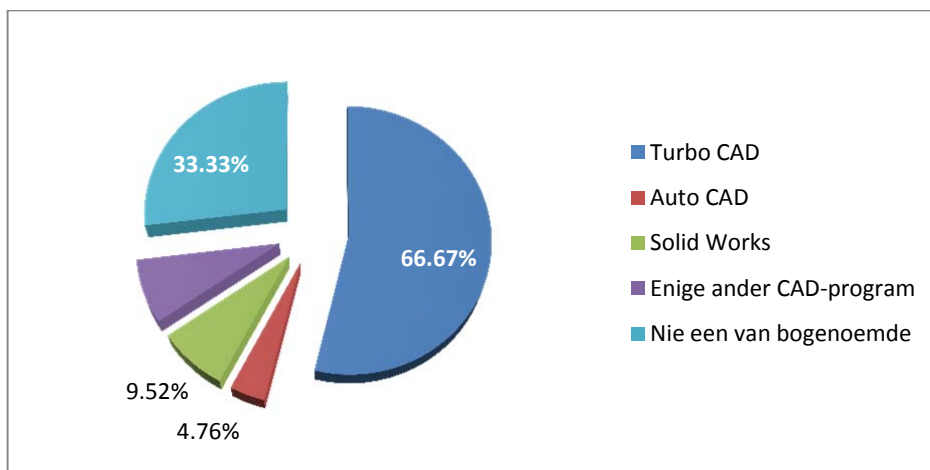
Figuur 5.22 (Vraag 2.4) toon dat 95% van die respondente toegang tot rekenaartoerusting het; 71% tot 'n persoonlike skootrekenaar en 43% het toegang tot 'n drukker. Met Vraelys 2 (sien 5.5.6) is bevind dat slegs 38.89% respondente toegang tot rekenaars gehad het. Hierdie toename in rekenaartoeegang kan moontlik wees omdat die respondente die behoefte aan 'n eie rekenaar beseft het en dus 'n persoonlike rekenaar aangeskaf het.



Figuur 5.22: Toegang tot rekenaartoerusting

5.8.5 Toegang tot 'n CAD-program

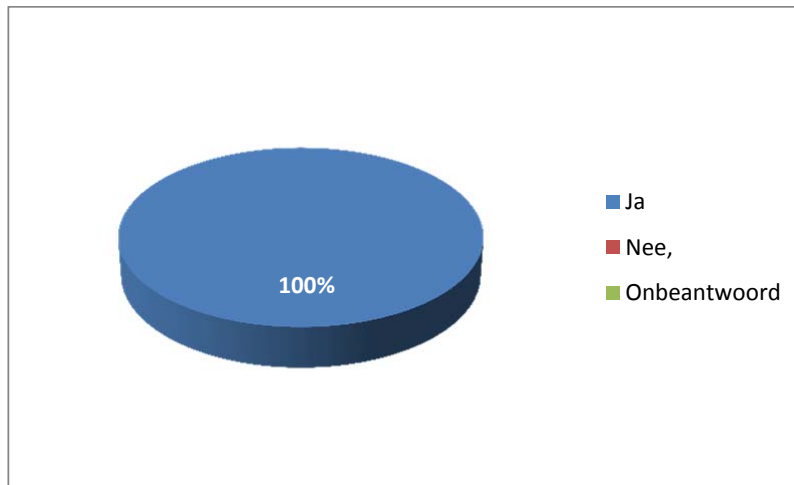
Met **Vraag 2.5** is data ingesamel om aan te dui **hoeveel van die respondente by hul huis toegang het tot CAD** wat deur die SUT se onderwys- studente gebruik word. Soos in **Figuur 5.22** aangedui is, het 66,67% van die respondente toegang tot Turbo CAD, terwyl 15% toegang het tot ander CAD-programme. Drie-en-dertig persent (33%) het geen toegang tot CAD-programme gehad nie en was slegs aangewese op die tyd tot hulle beskikking in die CAD-laboratorium by SUT.



Figuur 5.23: Toegang tot 'n CAD-program

5.8.6 Die aanbieding van CAD as 'n skoolvak

In **Vraag 2.6** is gevra of die respondente van mening is **dat CAD as 'n skoolvak in die VOO (Verdere Onderwys en Opleiding) -fase aangebied moet word** (sien 2.6). Soos **Figuur 5.24** aantoon, het 100% respondente aangedui dat CAD deel moet uitmaak van IGO as skoolvak in die VOO-fase wat ooreenstem met wat bespreek is in 2.6.



Figuur 5.24: CAD as 'n skoolvak in die VOO-fase

In **Vraag 2.6.1** moes die respondente, indien hulle *ja* geantwoord het op vraag 2.6, aandui **hoekom hulle van mening is dat IGO in die VOO-fase aangebied moet word**. Volgens die respondente sal IGO-leerders dit maklik vind om CAD aan te leer, en CAD-vaardighede sal ook meer geleenthede na skool aan leerders bied. Soos reeds beskryf is in 2.5 en 2.8 is CAD nuttig/onontbeerlik vir 'n verskeidenheid beroepe. Deur tekeninge in 3D-CAD te teken, kan leerders ook help om IGO beter te verstaan. Deur CAD aan te leer, voeg waarde by IGO as vak en dra ook by dat leerders IGO beter verstaan en begryp soos beskryf deur een van die respondente:

- “It should be so that those learners could see and know the importance of Engineering Graphics and Design.”

Een van die respondente is van mening dat daar met CAD meer geleenthede aan leerders beskikbaar gestel word as slegs met handtekeninge.

- “THE TURBOCAD DRAWING IS NICE TO WORK ON AND VERY BROAD, BECAUSE YOU GET TO DO SOMETHING THAT YOU NEVER THOUGHT A COMPUTER COULD DO. IN 3D THERE IS SO MUCH OF INTERESTING STUFF TO LEARNED AND SOME DIFFICULTY HERE AND THERE BUT I CAN TELL U THAT THROUGH MY LECTURE...NOTHING WAS IMPOSSIBLE TO DO OR TO WORK ON, LEARNERS SHOULD BE EXPOSED TO SUCH THINGS BECAUSE THEY WILL HAVE MORE KNOWLEDGE OF EGD.”

Ter staving/ondersteuning van bogenoemde wil dit voorkom asof leerders ook deur middel van CAD 'n baie beter perspektief kry op hoe tekeninge gevorm word (sien

2.5). Dit is nie net vinniger nie, maar deur tekeninge in 3D te doen, help die oningeligte om die tekening beter te verstaan (sien 2.5). 'n Respondent het die volgende mening gehad: “Ek hoop dat alle leerders eendag die ervaring kan hê met CAD wat ek ervaar het in die drie jaar met TurboCAD.”

'n Ander student het dié opinie gelug:

- “IT IS GIVING THE LEARNERS A MUCH BETTER VIEW ON THE PERSPECTIVE OF TURBO CAD AND IT IS NOT SO FRUSTRATING AS TO DO IT ON PAPER AND ITS MUCH FASTER AND MORE INTERESTING TO DO SOMETHING ON TURBO CAD AS TO DO IT ON PAPER AND I HOPE THAT ALL LEARNERS CAN GET THE EXPERIENCE THAT HAD IN MY DURATION OF THREE YEARS IN TURBO CAD.”

Studeerders beveel verder aan dat leerlinge in die VOO-fase reeds moet begin met die aanleer van CAD. Die redes deur respondente aangevoer is omdat CAD in groter aanvraag sal wees in die toekoms, wat ook ooreenstem met dit wat in 2.9 genoem is. In Hoofstuk 2 het die navorser gekyk na die volhoubaarheid van CAD, en die gebruik daarvan is nie net beperk tot ingenieurswese nie, maar dit word ook gebruik in beroepe soos argitektuur, medies en tandheelkunde, die modewêreld en kunste en vermaak (sien 2.9). Dit sal dus tot leerders se voordeel wees as hulle reeds in die VOO-fase onderrig word in CAD. CAD sal leerlinge ook in die toekoms beter toerus vir CAD-verwante vakke (sien 2.7), soos deur die volgende respondente opgemerk is:

- “Because it would be better to come with an understanding of TurboCAD from high school than to experience it in the university because it is more challenging than ever imaged so at least with a background of TurboCAD from highschool, we will not struggle, and TurboCAD is a very nice thing to know”.

Uit bogenoemde terugvoering blyk dit of die respondente dit eens is dat CAD reeds op skoolvlak aangeleer moet word, dat die vak in groter aanvraag sal wees en volhoubaarheid vir die toekoms inhou (sien 2.5 en 2.9). Die respondente geniet nie net CAD nie, maar wil ook graag meer van die vak leer (sien 5.8.7 vraag 3.5.1).

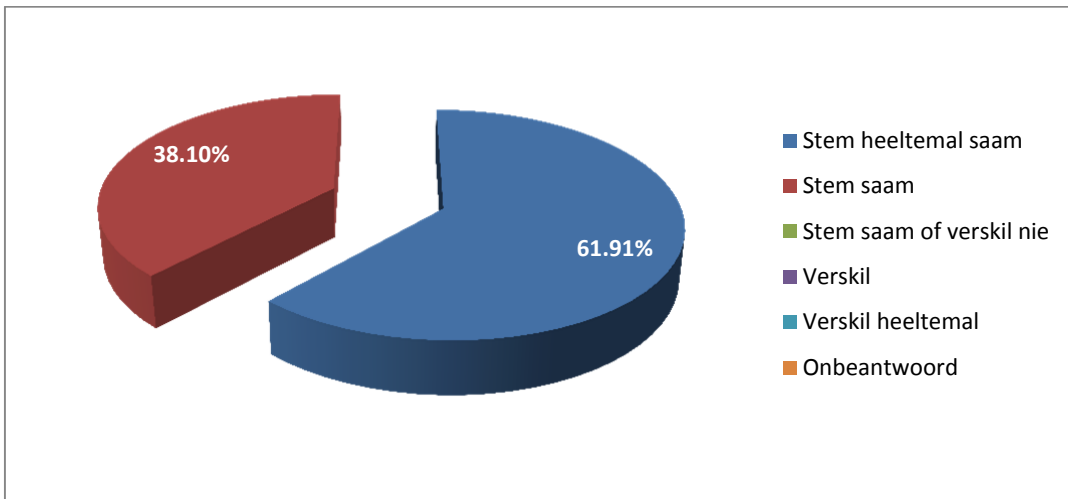
5.8.7 Onderrig en leer van CAD

In die derde gedeelte van die vraelys, van **Vraag 3.1 tot 3.5**, het die vrae gehandel oor die onderrigleer in CAD. Dit is belangrik dat studente en dosente op hoogte bly van tegnologiese ontwikkeling, veral dan ook op die gebied van CAD. **Vraag 3.1** vra die respondente **of die dosent die huidige ontwikkelings in die veld van CAD gereeld beklemtoon het**. Tabel 5.7 toon aan dat die respondente 91% saamstem dat daar gereeld verwys word na die nuutste ontwikkelinge op die gebied van CAD-tegnologie.

Tabel 5.7: Die nuutste ontwikkelings op die gebied van CAD is gereeld beklemtoon deur die dosent

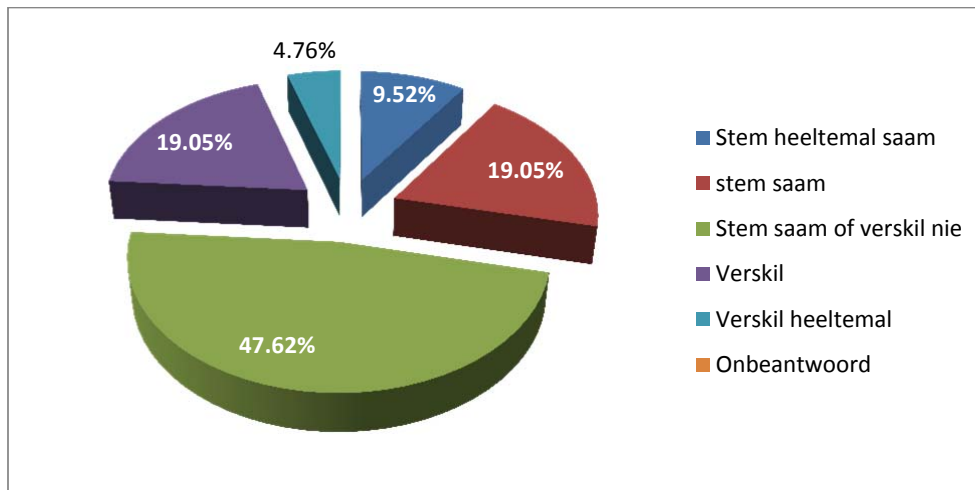
	PERSENTASIE
Stem heeltemal saam	57.14%
Stem saam	33.33%
Stem saam of verskil nie	9.52%
Verskil	0%
Verskil heeltemal	0%
Onbeantwoord	0%

In **Vraag 3.2** is van die respondente verlang om te antwoord of **CAD in die klas verduidelik is**. Al die respondente, soos in Figuur 5.25 aangedui, stem saam dat die dosent die nuutste ontwikkeling van CAD goed verduidelik het in die klas (sien 3.5).



Figuur 5.25: Die nuutste CAD-ontwikkelinge is in die klas verduidelik

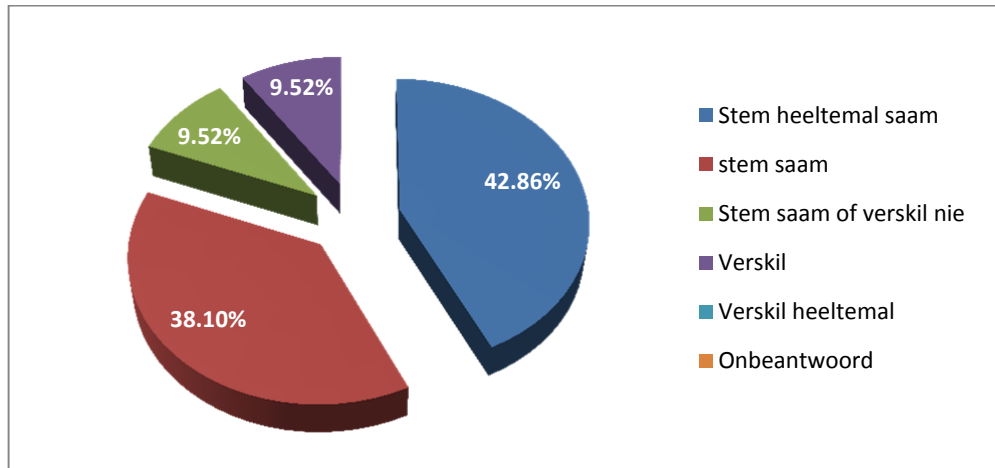
Met **Vraag 3.3** is daar aan die respondente gevra of daar in die IGO-klas meer gekonsentreer was op CAD-tekeninge as op handgeskrewe tekeninge. Figuur 5.26 toon dat die respondente nie verskil het van die stelling nie en dat daar 'n balans in die klas gehandhaaf is tussen handgeskrewe tekeninge en CAD-tekeninge, wat ook weer eens goed vergelyk met dit wat in 2.3 en 2.6 verduidelik is.



Figuur 5.26: Daar is meer gefokus op CAD-tekeninge as handgeskrewe tekeninge

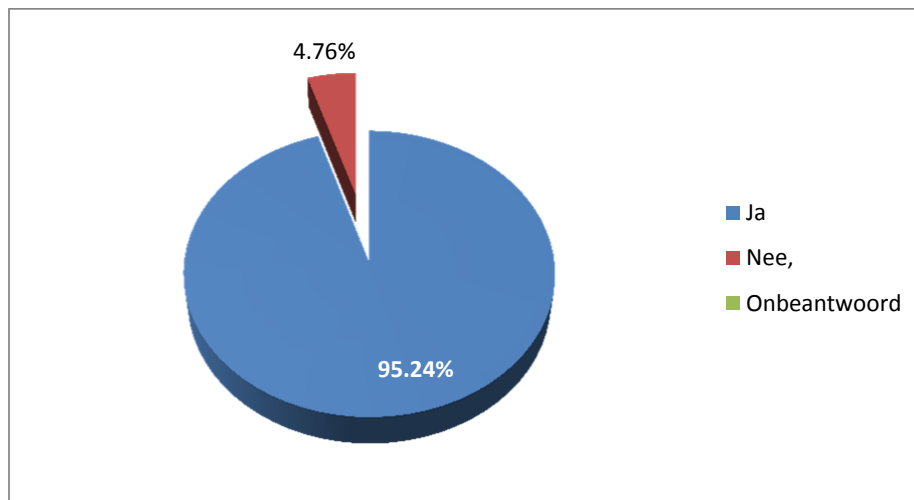
Die respondente is in **Vraag 3.4** gevra of hulle **genoegsame kennis opgedoen het in 2D- en 3D-CAD om enige van die handtekeninge wat in IGO in die VOO-fases gedoen is, met CAD te kan teken**. Soos in Figuur 5.27 aangetoon, het 80.95% van

die respondente saamgestem dat hulle alle handgeskrewe tekeninge in IGO gedoen ook in CAD sal kan teken en dat hulle voldoende kennis het van 2D- en 3D-CAD om handtekeninge met CAD te teken.



Figuur 5.27: Kennis opgedoen in 2D- en 3D-CAD

Vraag 3.5 het die respondente gevra of hulle gereed is om 2D en 3D te onderrig by 'n skool. Volgens Figuur 5.28 is 95% respondente van mening dat hulle CAD in die VOO-fase by 'n skool sal kan aanbied.



Figuur 5.28: Gereed om CAD in die VOO fase aan te bied

Die volgende redes word in antwoord op **Vraag 3.5.1** verskaf oor **hoekom die respondente gereed is om CAD in die VOO-fase aan te bied**:

Een respondent voer aan dat voordat hy/sy by SUT was, het hy/sy nie eens geweet daar bestaan 'n vak soos CAD nie. Hy/sy het nou die selfversekering om bykans enige CAD-probleem aan te pak. Veral met die samewerking van die dosent en ook klasmaats gee dit aan die respondent selfvertroue om probleme aan te pak. Die respondent is van mening dat hy/sy gereed is om CAD in skole aan te bied. Die respondent is verder ook van mening dat hy/sy die beste toegerus is om die vak in die toekoms aan te bied en getuig dat hy/sy baie van 2D- en 3D-CAD geleer het en gereed is om dit wat hy/sy geleer het, terug te ploeg in die gemeenskap.

Hier volg nog 'n aantal response op **Vraag 3.5.1**:

- “IN ALMOST ALL THE LESSON YOU CAN USE IT. IT IS ACCURATE AND IT TAKE SHORT TIME TO FINISH THE DRAWING, LEARNERS CAN UNDERSTAND MORE WHEN YOU USE CAD” (sien 2.4).
- “My time-being here has equipped me with the best knowledge that all teachers in EGD are longing and constantly asking for. I know that by now I can tackle any problem popped in EGD drawings even though I did not know the subject even existed before I came to this place. I should thank the hard times spent with my lecturer and class mates trying to figure out how to draw a certain segment or calculate distances in drawings. I am more than ready to go into the field and teach South African children.”

'n Volgende respondent noem dat CAD bykans in al die IGO-lesse gebruik kan word omdat dit vinniger, meer akkuraat en altyd tot jou beskikking is vir lesaanbiedinge. Leerlinge verstaan ook beter wanneer 'n tekening met CAD aangebied word omdat tekeninge netjies en akkuraat geteken word en duidelik op die skerm beskikbaar is. Verdere response word vervolgens aangehaal:

- “THE WAY THAT THE LECTURER THOUGHT US IS VERY GOOD AND HE MADE SURE THAT WE KNOW EVERYTHING THAT WE NEEDED AND SOME TIMES EVEN MORE AND IF YOU WANT TO KNOW SOMETHING HE ALWAYS WENT THE EXTRA MILE TO GET MORE THAN YOU HAVE ASKED”
- “the lecturer explains “toughly” what we are doing and he also tells us about the improvements of turbocad and which is good the explanations are always good,

clear and straight to the point and that makes it easy to use and understand turbocad and I will be happy to teach what I have being taught”

’n Ander respondent is van mening dat hy/sy by die universiteit baie geleer het van CAD en nou gereed is om 2D en 3D in die skole aan te bied. Soos die respondent antwoord:

- “I have learnt a lot of 2D and 3D, therefore I'm fit to teach it.”

Een respondent (5%) het geantwoord dat hy/sy nog nie gereed is om 2D en 3D in die skole aan te bied nie. Die rede is:

- “I don't have a CAD programme at home (my computer), so, I have to practice a lot to be able to teach the learners of a particular school well.”

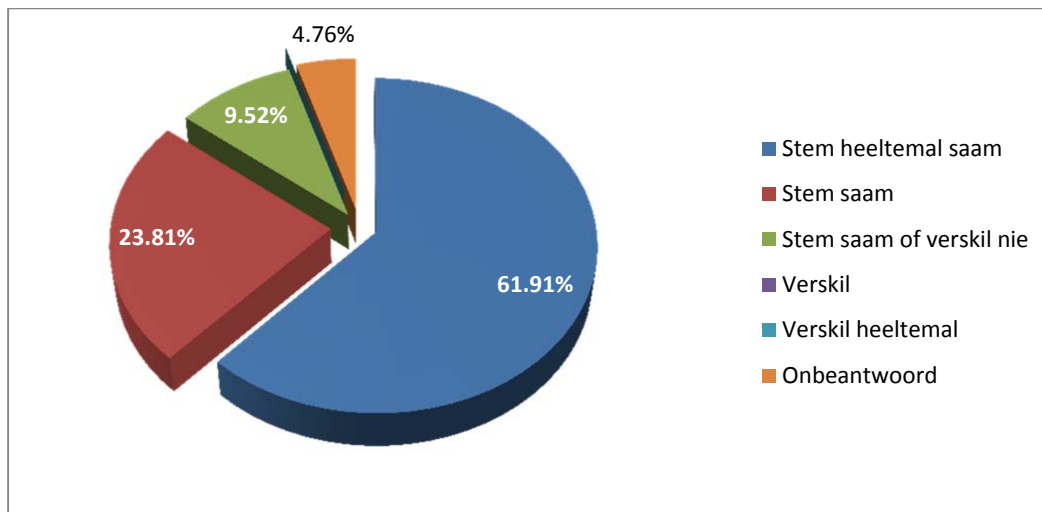
5.8.8 Onderrigleermateriaal in CAD

In die vierde afdeling, **Vraag 4.1 tot 4.18**, van die vraelys word vrae gevra oor die onderrigleermateriaal. **Die gehalte van die CAD-leermateriaal** is in **Vraag 4.1** bepaal. Tabel 5:8 toon dat 21 respondente, 100%, saamgestem het dat die CAD onderrigleermateriaal van hoogstaande gehalte was.

Tabel 5.8: CAD-onderrigleermateriaal is van hoogstaande gehalte

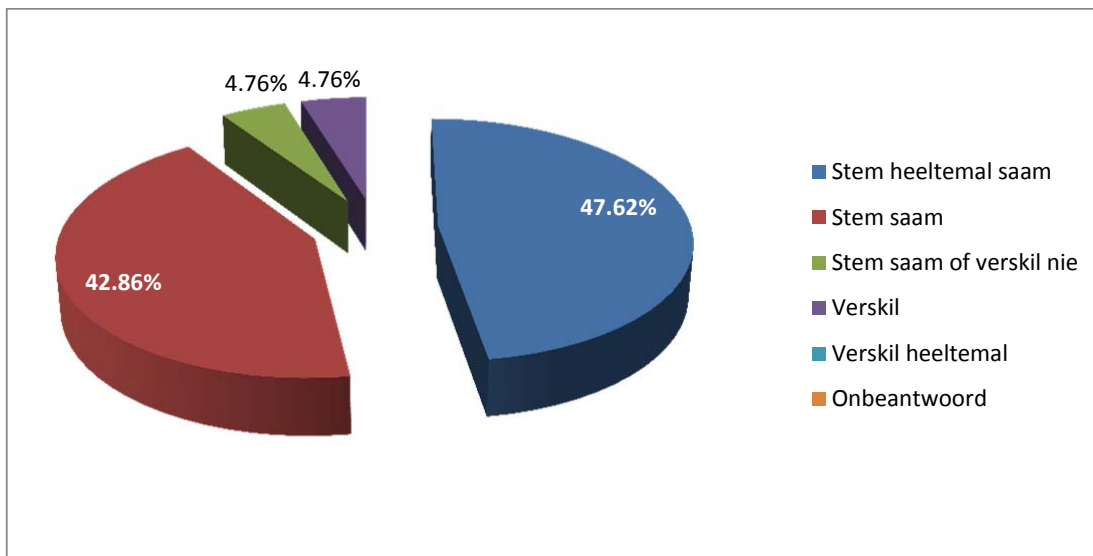
	PRESENTASIE
Stem heeltemal saam	71.43%
Stem saam	28.57%
Stem nie saam of verskil nie	0%
Verskil	0%
Verskil heeltemal	0%
Onbeantwoord	0%

Die respondente se mening word in **Vraag 4.2** verkry oor die **verstaanbaarheid van uitdeelstukke (addisionele inligting) oor CAD** en of dié materiaal die respondente gehelp het om CAD beter te verstaan. Die respondente se terugvoering dui daarop dat die uitdeelstukke verstaanbaar en van hulp was om CAD beter te verstaan. Vyf-en-negentig persent (95.24%) het positief hierop gereageer deur saam te stem dat die uitdeelstukke verstaanbaar en van hulp was om CAD beter te verstaan, terwyl 4.76% die vraag onbeantwoord gelaat het (sien Figuur 5.29).



Figuur 5.29: Die verstaanbaarheid van die CAD-uitdeelstukke

Met **Vraag 4.3** wou die navorser van die respondente weet of die **kursusmateriaal oor CAD relevant was en op datum gehou is**. Die materiaal is op Blackboard geplaas en kon dus gereeld opgedateer word deur die dosent (sien 4.5.8). Vyf-en-negentig persent van die respondente het aangedui dat die kursusmateriaal relevant en op datum was.



Figuur 5.30: Kursusmateriaal van CAD is op-datum en relevant

Met **Vraag 4.4** is die menings van die respondente ingewin oor **die gebruik van Blackboard**. Met hierdie vraag wou die navorser bepaal hoe toeganklik die programmat materiaal op Blackboard vir die respondente was, omdat almal nie altyd toegang het tot internet nie. Ses-en-tagtig persent (85.5%) het gesê dat hulle saamstem dat hulle gereeld op Blackboard aanteken om kursusmateriaal oor CAD te raadpleeg.

In **Vraag 4.5** is die respondente gevra **hoe gereeld Blackboard gebruik is om werkopdragte in te handig**, en 100% van die respondente het aangedui dat hulle gereeld werkopdragte ingelewer het op Blackboard.

'n Volledige stel videomateriaal en 'n gebruikersgids oor CAD wat stap vir stap verduidelik hoe om sekere tegnieke te teken, is as onderrighulpmiddels gebruik (3.6.2). Hierdie videomateriaal is opgestel deur TriCAD en is as aanvullende studiemateriaal in die klas gebruik (sien 3.8). Tydens onderrig het die navorser gebruik gemaak van die videomateriaal en verskeie kombinasies van onderrigmetodes om te bepaal wat die beste onderrigmetode is om CAD te verduidelik (sien 3.6). In **Vraag 4.6 tot 4.22** is die mening van die respondente gevra om te bepaal tot watter mate die gebruik van videomateriaal (soos ook in die literatuur aangedui in 3.8) 'n bydrae gelewer het tot die onderrig van CAD.

Al die hulpbronne is digitaal op die rekenaar beskikbaar. Met **Vraag 4.6** is 'n meningsopname onder die respondente gedoen om te bepaal **watter onderrighulpmiddel hulle gereeld gebruik het**. Tabel 5.9 toon dat 76.19% van die respondente die Turbo CAD opleidingshandleiding in kombinasie met die videomateriaal meer gereeld gebruik het..

Tabel 5.9: CAD-onderrighulpmiddele meer gereeld gebruik deur studente

	PERSENTASIE
Die videomateriaal	9.52%
Turbo CAD opleidingshandleiding in kombinasie met die videomateriaal	76.19%
Turbo CAD gebruikersgids	9.52%
Onbeantwoord	4.76%

Elke video het 'n vooraf-verduideliking wat saam met die videomateriaal gebruik word. Dit kan moontlik die rede wees hoekom die handleiding in kombinasie met die videomateriaal aangedui is as onderrighulpmiddel wat meer gereeld gebruik word deur die studente, soos ook aangedui is in die literatuur (sien 3.8)

In Vraag 4.7 is die respondente gevra of hulle gebruik gemaak het van CAD-lesings wat op video-tutoriale aangebied word (sien 3.6.2, 3.8). Die vraag was veral van waarde omdat dit ook respondente se houding teenoor die gebruik van videomateriaal getoon het. Die meerderheid het deur middel van 'n *ja*- respons aangedui dat hulle van die videomateriaal gebruik gemaak het.

In **Vraag 4.8** is van die respondente gevra om hulle response in 4.7 te verduidelik **deur te noem hoe hulle gebaat het by die gebruik van videomateriaal**. "Omdat die werk stap vir stap verduidelik word, is dit maklik om te verstaan". As die respondent sekere gedeeltes nie verstaan het nie kon die respondent op sy/haar eie tyd teruggaan na die video sonder dat iemand ongeduldig raak. As studente op hul eie werk, is die video 'n hulpmiddel wat hulle help as hulle nie weet hoe om 'n probleem te hanteer nie. Soos 'n respondent ook opgemerk het, is die videomateriaal

van groot waarde wanneer die respondent alleen is en nie weet hoe om 'n probleem te hanteer nie.

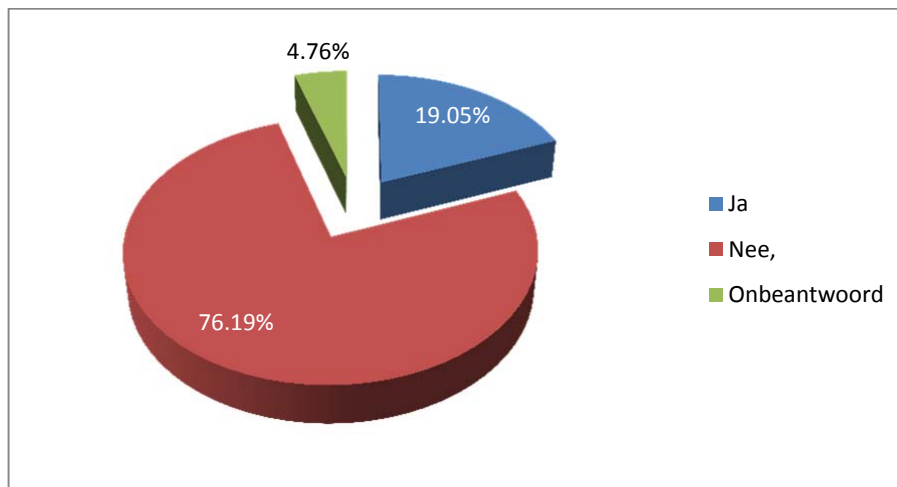
- “I SOMETIMES STRUGGLED WHEN I WAS AT HOME ALONE PRACTICING BUT THROUGH THAT VIDEO TUTORIAL MATERIAL, IT WAS EASY TO REFER BACK AND MAKE THE CORRECT THING.”

Uit bogenoemde opmerkings van die respondente blyk dit dat die videomateriaal (lesings) 'n aanvullende leermiddel is wat studente stap vir stap help. Om met CAD te teken moet funksies in die regte volgorde gebruik word en deur slegs een funksie van CAD in die verkeerde volgorde te gebruik kan veroorsaak dat die program nie doen wat die tekenaar verlang nie. 'n Respondent het genoem dat die video's die respondent gehelp het om oplossings stap vir stap te verduidelik: Die gebruik van die “toolbars” word verduidelik en die respondente ontdek nuwe gebruike.

- “...the video's sometimes help where I don't understand, say I don't understand how to make 2D subtract or simple extrude I watch the video, then after watching the video, I know where to get the simple extrude tool and how to use the simple extrude tool.”

In **Vraag 4.9** is van die respondente gevra om aan te dui wanneer hulle die videomateriaal oor **CAD-onderrig die meeste gebruik het**. Die CAD-program is in 'n 2D (sien 1.5.3) en 'n 3D (sien 1.5.4) verdeel. Die respondente het aangedui dat 67% die videomateriaal tydens die aanbieding van beide 2D- en 3D-CAD-programme gebruik het, terwyl 33% aangedui het dat hulle die videomateriaal meer in die 2D-program gebruik het. Geen respondent (0%) het aangedui dat hulle meer gebruik gemaak het van die videomateriaal in 3D nie.

In **Vraag 4.10** is aan die respondente gevra om deur middel van 'n *ja/nee*-opsie aan te dui of **CAD aangeleer kan word deur alleenlik gebruik te maak van video's as onderrigmateriaal?** Hier het 19% *ja* geantwoord terwyl 76% *nee* geantwoord het.



Figuur 5.31: CAD-videomateriaal as die enigste CAD-onderrighulpmiddel

Die respondente het in **Vraag 4.11** (opvolg op Vraag 4.10) die volgende verduidelikings gegee oor **hoekom hulle nie net van die** videomateriaal as onderrighulpmiddel **gebruik kan maak nie**: Respondente voer aan dat 'n dosent nodig is om leiding te gee. Dit is belangrik dat CAD sistematies gevolg moet word. 'n Ander respondent noem dat die dosent in die klas meer aanpasbaar is en sodoende verskillende metodes kan verduidelik wat in spesifieke tekenomstandighede meer van waarde kan wees. Soos 'n respondent ook verduidelik, is die dosent 'n groter kennisbron oor die programmatuur en dat dit meebring dat 'n verskeidenheid oplossings verkry kan word vir 'n CAD-probleem terwyl die videomateriaal slegs 'n enkele oplossing sal gee:

- “The teacher still plays an important role in teaching CAD, he or she has more knowledge about the software.”

Video's bied 'n stap-vir-stapoplossing om sekere probleme op te los. In CAD is daar meer as een oplossing vir dieselfde probleem. Die CAD-tekenaar gebruik verskillende kombinasies van oplossings vir dieselfde probleem. Daarvoor het die CAD-tekenaar breë kennis nodig van die program om probleme op te los. Soos respondente dit stel:

- “CAD is a program that requires a teacher to be present in order to clearly explain the small yet intricate parts of the program”.
- “There has to be someone present who is more knowledgeable who will explain some concepts and facilitate the whole learning experience”.

In **Vraag 4.12** het 86% respondente laat blyk dat **die gebruik van videomateriaal oor CAD voldoende is om studente te help met hul CAD-werksopdragte.**

Vraag 4.13 is 'n opvolgvraag waar hulle gevra is of hulle **sou verkies om die hele CAD-program (-kursus) te doen deur middel van 'n videoprogram, sonder 'n tutor of dosent.** Vyf-en-negentig persent (95%) respondente (sien Tabel 5.10) het *nee* geantwoord - dat hulle nie kans sien om die program slegs deur middel van videomateriaal te voltooi nie.

Tabel 5.10: Voltooiing van die CAD-program met behulp van videomateriaal

ANTWOORD	PERSENTASIE
Ja	4.76%
Nee	95.24%

In respons op Vraag 4.13.1 moes respondente hulle response op die vorige vraag verduidelik. Een respondent het genoem dat dit somtyds gebeur dat dat een funksie wat aan is op die CAD-program moontlik kan veroorsaak dat die hele program nie wil funksioneer nie; byvoorbeeld as 'n laag op die program gesluit is, kan daar nie geteken word nie, en as 'n respondent nie weet hoe om dit oop te sluit nie, kan dit ure neem om te bepaal wat die probleem is (sien 2.5). Op 'n student se eie kan dit soms minute, ure, of selfs dae neem om die probleem uit te sorteer. Daarvoor kan die hulp van 'n dosent of tutor van groot waarde wees, want as so 'n persoon 'n kenner is van die CAD-program kan dit net 'n paar sekondes neem om die fout te herstel, en dan voort te gaan met teken. Een respondent het ook genoem dat probleme vinniger opgelos word met 'n dosent in die klas:

- “somehow you need some guide from the lecturer to correct any mistakes.”

Dit kan nodig wees om addisionele onderrigmateriaal te gebruik, soos handboeke en videomateriaal. Al die onderrigmateriaal, in kombinasie, dra moontlik by tot suksesvolle leer soos 'n respondent tereg opmerk:

- “We can ask the lecturer questions about the program that the material does not explain and if also taking to note that the program is fascinating, one might just want to know a bit more about what is happening”.

Met sekere probleme blyk dit dat die leiding van 'n dosent waardevol kan wees soos deur die volgende respondent aangedui:

- “Sometimes it happen that i click somewhere and my drawing will disappear, at least if there is a lecturer it makes it easier”.

Dit wil voorkom asof die dosent tyd bespaar indien hy weer verduidelik wat op die video getoon is, veral as sekere aspekte onduidelik is. 'n Respondent het ook opgemerk dat met 'n video is dit moontlik om die stappe te verduidelik, maar dit is nie altyd so eenvoudig om die aksies op die toetsbord van die rekenaar/ sleutelbord, waaraan sleutels gehang word, te verduidelik nie: Met die aanleer van CAD is die dosent 'n belangrike pasaangeër en help die student wanneer hy/sy vashaak. Die dosent help die student wanneer hy vashaak, maar is ook rigtinggewend vir die stadige studente en die begaafde studente. Dit blyk dat die ondersteuning en motivering van 'n dosent 'n belangrike rol speel by die opleiding van CAD.

- “A pace setter should be there and someone to assist when a students gets stuck or is confused”.

In antwoord op **Vraag 4.14** moes die respondente aandui, deur 'n *ja/nee*-opsie of dit moontlik is om die **dosent te vervang deur middel van CAD-video's**.. Die verduidelikings van respondente se antwoorde op 4.14 word in **Vraag 4.14.1** gegee: Die dosent het 'n belangrike rol wanneer die video afgehandel is. Daar is altyd dele waar probleme ontstaan wat nie maklik deur 'n video opgelos kan word nie, veral omdat daar soveel kombinasies van oplossings is en verskillende metodes om dieselfde tekenprobleem op te los. Soos die respondent ook noem:

- “There are some questions that the instructional video's cannot answer, so the lecturer is very crucial”.
- “The lecturer and video are very important, but the lecturer has that human feel, he can explain things better than any computer, provided that he is experienced”.

In **Vraag 4.15** vra die navorsers of die **inhoud van die CAD-videomateriaal altyd verstaanbaar was**. Soos Tabel 5.11 aandui het 67% van die respondente aangetoon dat die videomateriaal verstaanbaar was, terwyl 33% aangedui het dat hulle nie altyd die videomateriaal verstaan het nie.

Tabel 5.11: Die verstaanbaarheid van die CAD-videomateriaal

ANTWOORD	PERSENTASIE
Ja	66.67%
Nee	33.33%

In **Vraag 4.16** is die respondente wat *nee* geantwoord het op **Vraag 4.15**, versoek om 'n verduideliking vir die rede vir die respons te gee. Die respondente het die volgende verduidelikings gegee: Die stappe op die videomateriaal word te vinnig verduidelik en dus kan die respondent nie byhou nie. Een respondent het ook gesê dat die 'toolbars' nie altyd op dieselfde plek is nie.

- “The video would sometimes show icons that are different or at a different location on my computer, so I would then ask my Lecturer on where I can find a certain type of tool”.

'n Ander respondent het ook geantwoord dat die video's nie altyd al die stappe volledig verduidelik nie.

- “sometimes after listening to a video in am still left in dark, so the lectures is needed all the time”.

Ten spyte daarvan dat 86% van die respondente wat die videomateriaal in respons op **Vraag 4.12** uitgewys het as voldoende om studente te help, het 95% respondente in **Vraag 4.17** aangetoon dat dit nodig is dat die dosent die werk nog steeds moet verduidelik nadat die video vertoon is. Die redes wat verskaf word vir waarom die dosent steeds die werk moet verduidelik nadat die video vertoon is, word in respons op **Vraag 4.17.1** beantwoord.

“BECAUSE IF YOU SEE A PERSON DOING IT PRACTICALLY, YOU COULD ALSO MOTIVATE YOURSELF THAT YOU CAN DO IT AND LIMIT YOUR CAPABILITIES”.

Dit wil voorkom asof sommige van die studente nie altyd die verduideliking van die videomateriaal verstaan nie en dan is die verduideliking van die dosent van groot waarde. Die videomateriaal gee net een moontlike oplossing, terwyl die dosent meer as een oplossing kan verskaf wat soms makliker is as die metode op video. 'n Moontlike voordeel van die gebruik van videomateriaal is dat die videomateriaal vir 'n oomblik onderbreek kan word en deur die dosent verduidelik kan word. Die dosent doen refleksie tydens die lesing en reageer dan op die resultate (sien 3.5). Die volgende respons is van 'n student ontvang wat aansluit by bogenoemde opmerking:

- "...sometimes we didn't get what was on the video, we didn't understand then the lecturer can fully explain and show us what was happening in the video".

Sekere oplossings wat op die videomateriaal aangebied word, kan ingewikkeld wees en die gebruik van die videomateriaal saam met die verduideliking deur die dosent bring soms meer duidelikheid (sien 3.6.2, 3.8). Die verduideliking op die videomateriaal blyk soms te vinnig te gebeur en dan help die uiteensetting van die dosent om dit beter te verstaan.

In **Vraag 4.18** word daar van die respondente **enige ander kommentaar insake die CAD-videomateriaal** gevra. Die aanbevelings van die respondente was die volgende.

Video's moet slegs as 'n riglyn gebruik word.

- "Video should be there to guide us".

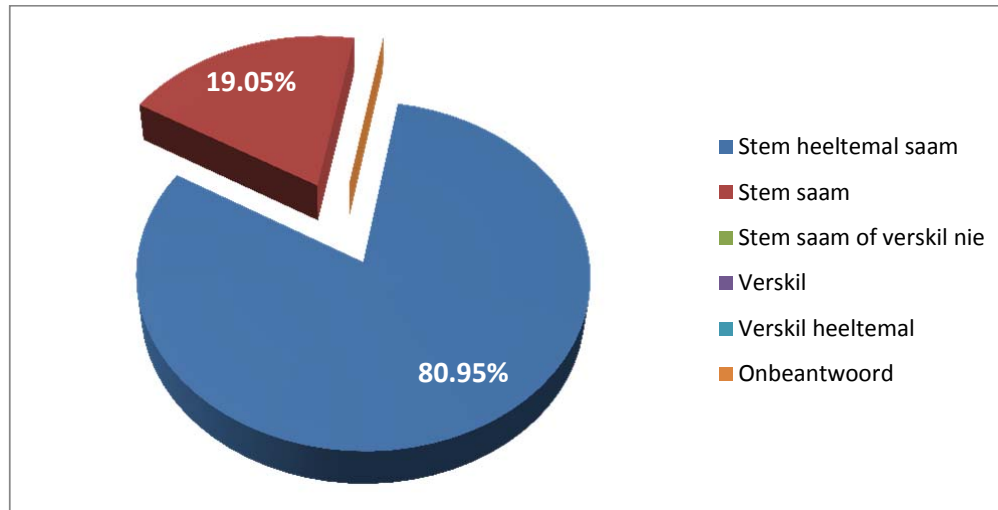
'n Ander respondent het genoem dat video's 'n goeie aanvullende leermetode en 'n goeie bron van inligting is vir diegene wat op hulle eie CAD wil bestudeer. Videomateriaal is goed, maar sal nie die dosent kan vervang nie.

- "Video's are good but could never replace the human factor".

5.8.9 Volhoubaarheid van CAD vir die toekoms

Die **vyfde** afdeling van die vraelys het in **Vrae 5.1 tot 5.6** die respondente se mening gevra oor die **volhoubaarheid van CAD** vir die toekoms (sien 2.7, 2.9, 5.8.9). In **Vraag 5.1** is gevra of **CAD toenemend in aanvraag sal bly in die toekoms**. Een-

en-tagtig persent (81%) van die respondente het aangedui dat CAD steeds in aanvraag sal wees in die toekoms, terwyl 19% van die respondente, soos in Figuur 5.3, aangedui het dat hulle nie saamstem met die stelling nie.



Figuur 5.32: CAD se volhoubaarheid in die toekoms

In **Vraag 5.2** word die respondente gevra of daar oor die afgelope drie jaar **genoeg tyd bestee is aan CAD-opleiding**. Sewe-en-sestig persent (67%) van die respondente het gesê dat daar voldoende tyd bestee is aan CAD-opleiding, terwyl 29% van die respondente geantwoord het dat meer tyd bestee moet word aan CAD-opleiding. In **Vraag 5.3** verduidelik van die respondente dat hulle baie geleer is van CAD, maar dat daar steeds baie is wat hulle nog moet leer:

- “WE CAN DO MORE BUT WE HAVE LEARNED A LOT BUT I ALWAYS WANT TO LEARN MORE THAN JUST WHAT WE HAVE DONE BUT THE CONTENT IS A HAND FULL BUT IT WILL STILL BE NICE TO KNOW MORE”.

Studente het ook genoem dat daar genoeg tyd bestee is aan CAD om dit te bemeester en dat hulle ook bevind het dat CAD vinniger is om te teken, dat die hulle CAD geniet het en dat bykans enige voorwerp met CAD geteken kan word. Hierdie response van studente stem ooreen met dit wat bevind is in die literatuur (sien 2.5).

In **Vraag 5.4** is gevra of die **respondente tevrede was met die CAD-program in sy huidige vorm?** Die respondente het almal laat blyk (100%) dat hulle tevrede is met die program in die huidige vorm.

In **Vraag 5.5** het die **respondente redes aangevoer hoekom hulle tevrede is met die program in sy huidige vorm.** Een van die respondente het genoem dat hulle leer van CAD en volgens sy/haar mening beskik die meeste IGO-onderwysers in Suid-Afrika nie oor kennis van CAD nie (sien 2.6, 5.11 vraag 2.2).

- “WE ARE DOING WORK THAT MOST TEACHERS IN SOUTH AFRICA CAN'T EVEN DO SO WE ARE LEARNING WORK THAT ARE MAKING US THE BEST TO COME”.

Van die respondente noem dat CAD-tekeninge akkuraat en netjies is om mee te werk. Soos 'n respondent opmerk:

- “Its a privilege to be thought (sic) (taught) CAD”.

Van die respondente het aangedui dat die CAD-program van hoë kwaliteit en op standaard is.

In **Vraag 5.6** is die respondente gevra om **aanbevelings te maak ten opsigte van CAD in die driejaarprogram van IGO by die Universiteit van Tegnologie.** Van die respondente het genoem dat die program voldoende is, en die universiteit doen moeite om die program deurentyd op te gradeer. 'n Respondent het 'n opmerking gemaak dat hy/sy graag animasie bygevoeg sou wou hê tot die program en dat eerstejaarstudente ook 3D moet leer sodat CAD-tekening alle handtekene kan vervang. Een respondent het voorgestel dat studente blootstelling moet kry aan beroepe wat gebruik maak van CAD-tekeninge soos byvoorbeeld argitekte en ingenieurs. Die CAD-program moet deur die universiteit aan studente beskikbaar gestel word. Twee ander respondente het die volgende opmerkings gemaak:

- “It is a good course indeed”.
- “ITS AN EXPERIENCE OF A LIFETIME....”

5.9 SLOTOPMERKINGS OOR RESULTATE VAN VRAELYS 3

Daar is 'n aansienlike afname in studente vanaf die eerste jaar tot die derde jaar. Uit die vraelys is ook waargeneem dat meer vroulike studente as manlike studente die kursus gestaak het. Dit is belangrik dat die toerusting en programmatuur in 'n goeie toestand en bevorderlik vir leer moet wees. Drie-D (3D)-CAD-tekeninge is aangedui as die moeilikste tekeninge om te doen. Daar is 'n aansienlike verskil in studente wat toegang het tot rekenaars, soos aangedui in Vraelys 2 (39%) teenoor die studente wat toegang het tot rekenaars, soos aangedui in Vraelys 3 (95%). Hierdie toename is verblydend, omdat dit wil voorkom dat dit noodsaaklik is vir 'n student om oor sy/haar eie rekenaar te beskik om suksesvol in die kursus te wees. Wat nog kommerwekkend is uit die terugvoering op die vraelyste, is dat 33% van die respondente in hulle derde studiejaar nie 'n CAD-program beskik nie. In Vraag 2.6 word die belangrikheid van CAD as 'n skoolvak beklemtoon.

Dit is duidelik dat CAD in 'n verskeidenheid beroepe in aanvraag is en dat dit noodsaaklik is dat studente en onderwysers deurentyd op hoogte sal bly met die verwickelinge op die gebied van CAD. Die meerderheid respondente het ook geantwoord dat hulle genoegsame kennis opgedoen het om in CAD te teken en ook om CAD in die skole te verduidelik (as vak aan te bied). Van die respondente was van mening dat CAD-tekeninge netjies en akkuraat geteken kan word op CAD en dieselfde tekeninge in die klas met 'n dataprojektor op 'n skerm vertoon kan word. Videomateriaal word as belangrike ondersteuningsmateriaal genoem, maar ook dat die dosent altyd die belangrikste rol sal speel in die onderrig van CAD.

5.10 AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD

In hierdie afdeling en ook as deel van die aksienavorsingsproses (derde siklus) word voorstelle oor hoe om die onderrigleer van CAD vir die volgende akademiese jaar (2014) aan te pas, bespreek. Volgens van die respondente is 3D-CAD moeiliker om aan te leer as 2D-CAD, en daarom is dit noodsaaklik dat meer tyd in die toekoms bestee word aan 3D-CAD as aan 2D-CAD. Die program is ook so aangepas sodat meer tyd bestee kan word aan 3D-CAD. Dit kom voor dat meer studente toegang het tot rekenaars en die CAD-program as in die tweede studiejaar (sien 5.5.6, 5.8.4), wat verblydend was. Die rede hiervoor mag wees omdat studente aangemoedig is om

hulle eie rekenars te bekom, wat die voordeel inhou dat die studente meer tyd aan CAD kon spandeer .

Dit het ook gebeur dat studente te maklik die hulp van die dosent ingeroep het wanneer hulle vashaak met CAD en nie in staat was om 'n taak op hul eie af te handel nie. Om hierdie probleem te ondervang, is studente in sekere praktiese oefening beperk tot drie vrae. Hierdie benadering het gehelp dat studente meer daarop gefokus het om self oplossings vir probleme te vind wat diepteleer tot gevolg gehad het (sien 3.3). Van die respondente het ook genoem dat hulle graag meer tyd beskikbaar wil hê om aan CAD te spandeer. Van die aksiestappe gedoen in die navorsing was om meer van die tekenoefeninge in CAD te laat teken, in teenstelling met tekeninge wat voorheen hoofsaaklik met die hand geteken is en wat dan kon verhoed dat studente CAD kon bemeester (sien ook 3.5). Daar moet voldoende tekenoefening gegee word om 'n goeie kennis van CAD op te bou.

'n Volgende aanpassing wat die navorser gemaak het, was om die video saam met die studente deur te gaan op soek na 'n oplossing vir 'n probleem. Dit het gesorg dat studente eers na die video gekyk het voordat hulle die dosent vir 'n oplossing vra. Dit wou voorkom asof studente hierna meer op hulle eie kon werk. Die feit dat 95% van die studente toegang gehad het tot 'n rekenaar was 'n uitvloeisel van een van die aksieplanne van 2011 (sien 5.3). Om laasgenoemde nog verder te voer, sal die Turbo CAD-program vanaf 2014 gratis aan die studente beskikbaar gestel word. Indien die program beskikbaar gestel word, sal dit waarde toevoeg tot CAD-opleiding in IGO (sien 5.11.3).

Tydens die studie is 3D-drukkers aangekoop by SUT en die navorser wou met die onderhoude studente se menings inwin oor hulle ervaring van die 3D-drukkers (sien 5.11.2).

5.11 ONDERHOUDE MET DERDEJAAR- INGENIEURSGRAFIKA EN - ONTWERPSTUDENTE OOR CAD-ERVARING EN 3D-DRUKKERS

Die derdejaar-IGO-studente van 2013 was die eerste groep wat praktiese ervaring met 3DP (drukkers wat drie-dimensionele voorwerpe druk [*print*]) gehad het, asook hulle eie ontwerpe in 3D kon druk. 'n Onderhoud is met vyf (5) kandidate gevoer om

hul ervaring oor CAD as 'n geheel oor die drie jaar van 2D- en 3D-CAD aan te hoor, maar ook om terugvoering te kry oor hoe die studente 3DP-prakties ervaar het. Hierdie 3DP is tegnologie wat baie effektief saam met CAD aangewend word (sien 2.7, 2.8). Hierdie vyf studente was nie deel van die studente wat die vraelyste voltooi het nie en sodoende kon die vraelysresponse nie die response in hierdie onderhoud beïnvloed nie. Daar is in die klas vrywilligers gevra om aan die onderhoud deel te neem. Vyf studente uit 'n groep van 25 het spontaan ingestem om deel te neem aan die onderhoud. Die onderhoudsvrae is in twee hoofgroepe verdeel. Die eerste gedeelte van die onderhoudsvraelys het oor die studente se ervaring van 2D-CAD en 3D-CAD-tekeninge gehandel. Die tweede groep vrae het oor 3DP, die volhoubaarheid van 3DP, en hoe die studente 3DP ervaar het gehandel. 'n Video-opname, soos ook verduidelik in 3.8 is van die onderhoude gemaak en die klankbaan van die video is gebruik om die studente se terugvoer op 'n breinkaart (sien 4.7.1) op te som (sien Addendum 5.5).

5.11.1 Ervaring van studente met 2D- en 3D-CAD-tekeninge

Vraag 1 was 'n algemene inleidende vraag om die proses aan die gang te kry en **studente is gevra of hulle dit geniet het om aan die SUT te studeer**. Van die antwoorde wat ontvang is, was dat van hulle maar bang was en dat dit moeilik gegaan het aan die begin, maar dat hulle tog op die ou einde die CAD-program baie geniet het en dat hulle baie van rekenaars geleer het. Van hulle het ook genoem dat met harde werk hulle hul doelwitte kon bereik.

In **Vraag 2.1** is gevra of hulle **die CAD-modulekursus sou aanbeveel vir studente wat belangstel om so 'n kursus te doen**. Die studente se antwoord was dat hulle definitief studente wat sou belangstel, sou aanbeveel om die kursus te neem. Een van die studente het ook gesê dat CAD in die toekoms al belangriker sal word en in groot aanvraag sal wees. Al vyf die studente was van mening dat CAD-opleiding belangrik is vir die toekoms.

In **Vraag 2.2** is gevra of CAD, volgens hulle mening, **volhoubaar sal wees in skole**. Een van die studente was van mening is dat daar 'n toekoms vir CAD is in skole veral omdat daar nou goed voorbereide onderwysers is wat die vak kan aanbied.

“Wanneer jy eers begin met CAD wil jy meer leer om CAD beter te teken.”

Wanneer in CAD geteken word, het 'n mens nie net 'n beter kwaliteit tekening nie, maar die tekening kry nuwe lewe omdat daar met kleur geteken kan word en omdat die 3D-tekeninge uit verskillende hoeke bestudeer kan word (sien 2.2.4). Volgens een deelnemer is hierdie kennis oor CAD baie belangrik in 'n verskeidenheid beroepe, maar ook vir voorafkennis as leerlinge verder wil gaan studeer, in onder andere rigtings soos argitektuur, ingenieurswese en onderwys, wat ooreenstem met die literatuur (sien 2.9). Studente kan CAD na skool gebruik in 'n verskeidenheid van beroepe of om met 'n eie onderneming te begin. Leerlinge op skoolvlak kan ook 3D-tekeninge te koop aanbied op die internet. By die skool waar een van die studente sy praktiese onderwys gedoen het, was daar 'n leerkrag wat 'n huisplan wou teken. Hierdie student se terugvoering hou verband met wat in hoofstuk twee gesê is, naamlik dat CAD ook gebruik kan word in 'n verskeidenheid beroepe (sien 2.5). Die student het die geleentheid gehad om die huisplan op CAD vir die betrokke leerkrag te teken. Dit sal moontlik wees vir leerlinge om dieselfde te doen.

In **Vraag 2.3** is gevra vir **watter onderrigmetodes die student 'n voorkeur het en hoekom**. In die aanbieding van CAD is video's, 'n CAD-handleiding en 'n kombinasie van videomateriaal en 'n handleiding gebruik. Een van die studente het genoem dat hy/sy 'n voorkeur gehad vir videomateriaal as onderrighulpmiddel. Redes verskaf vir die voorkeur van die videomateriaal was dat die videomateriaal visueel effektief was en maklik is om te gebruik, wat ooreenstem met die verduideliking in die literatuur oor die gebruik van videomateriaal (sien 3.6.2, 3.8). Die studente was verder van mening dat die video visueel verduidelik wat om te doen en dat gesien kan word waar die "toolbar" is en watter "tools" om te gebruik. Die gebruikersgids was volgens die deelnemers te omslagtig en nie altyd maklik om te gebruik nie. In die videomateriaal, wat visueel stap vir stap demonstreer wat om te doen, is daar ook 'n stem wat verduidelik wat gedoen word. Een student het opgemerk dat dit moontlik is om CAD aan te leer met behulp van die videomateriaal, wat ook bevestig kan word met data uit die literatuur (sien 3.6.2). Maar die dosent het meer ervaring en dit maak dit makliker om 'n CAD-probleem op te los met die hulp van die dosent, het 'n deelnemer tydens die onderhoud opgemerk. 'n Volgende student het gesê dit is moontlik om CAD aan te leer met behulp van videomateriaal, maar 'n onderwyser sal steeds nodig wees om die proses te fasiliteer, soos ook verduidelik deur 'n respondent in 5.8.8 (Vraag 4.14).

In Vraag 2.4 is daar van die studente verwag om aan te dui **watter van die CAD-tekeninge, 2D- of 3D-CAD, as die moeilikste beskou is om aan te leer en hoekom**. Die 2D-CAD-tekeninge was vir sommige studente die moeilikste om aan te leer. Die rede was dat die studente geen ondervinding van CAD-tekeninge gehad het toe 2D-tekeninge gedoen is nie, maar toe begin is met 3D-tekeninge het die studente reeds ervaring van 2D-tekeninge gehad. Volgens die studente moet 2D-CAD eers verduidelik en aangeleer word alvorens daar begin kan word met die 3D-CAD-tekeninge. Die moontlike rede vir die antwoord is dat te veel 2D-CAD-kennis benodig word alvorens daar met 3D-CAD begin kan word. Volgens die student is dit onmoontlik om eers met 3D te begin.

In Vraag 2.5 het die navorser gevra **hoe die studente gebaat het by die CAD-hulpbronne** (sien ook 5.11.1 vraag 2.3). Die studente het geantwoord dat die video-materiaal van groot waarde was buite die klas wanneer die studente op hul eie was. Dit het geleentheid gebied om diepteleer te kon toepas (sien ook 3.5). Studente was van mening dat die videomateriaal 'n belangrike ondersteuningsrol gespeel het wanneer hulle nie geweet het wat om te doen nie, maar bevestig dat CAD moeilik aangeleer sal word sonder 'n dosent wat goeie kennis het van die program. 'n Van die studente het ook genoem dat die video vinnig vorentoe en agtertoe gespeel kon word om na 'n noodsaaklike deel te kyk. Voordele van die videomateriaal, soos verduidelik deur die studente, stem ooreen met inligting uit die literatuur (sien 3.8).

In Vraag 2.6 wou die navorser die menings van die studente inwin oor **of 2D- en/of 3D-CAD geleer moet word in IGO op skoolvlak in Gr 10-12**. Die studente was dit eens dat CAD op skoolvlak aangebied moet word. Die redes hiervoor aangevoer was dat tekenbeginsels aangeleer word. Verder het hulle genoem dat die ontwerpproses wat aangeleer word in 'n verskeidenheid beroepe gebruik kan word, asook vir alledaagse gebruik, en dat die prosesse 'n bydrae kan lewer tot die ontwikkeling van tegnologie. CAD bied geleentheid aan studente om hulle eie ontwerpe te beplan en selfs te vervaardig. Verder het van die studente gesê dat leerders met 'n CAD-agtergrond ook beter voorberei is vir verdere studies en kan ook hulle eie ondernemings begin (sien 5.11.1 vraag 2.2).

In **Vraag 2.7** is gevra of **die derdejaarstudente toegerus is om CAD in skole aan te bied**. Een student was van mening dat hulle voldoende toegerus is. Volgens die studente het die groepwerk waar hulle volgens eie keuse masjienonderdele in 3D geteken het en daarna 'n samestelling van die onderdele gemaak het, hulle die nodige selfvertroue gegee. Hierdie oefening was 'n besondere uitdaging wat verskeie vaardighede getoets het. Al die studente voel gereed om CAD in Gr 10-11 te onderrig, en met 'n bietjie meer ervaring sal hulle ook Gr 12 kan onderrig. Een van die deelnemers aan die onderhoud was van mening dat dit nodig is as onderwyser om heeltyd student te bly, veral in die geval van CAD, omdat die tegnologie die heeltyd verander. Een van die studente het genoem dat daar 'n onderskeid getref moet word tussen tekeninge op papier en CAD-tekeninge en dat hierdie twee vakke op skool afsonderlik aangebied behoort te word. 'n Volgende student het gesê dat hy alreeds in praktiese onderwys tydens sy proeftydperk by 'n skool gebruik gemaak het van CAD om tekeninge aan die leerders te verduidelik, en dat die student beter op CAD kan teken as met die hand.

Omdat hierdie groep die eerste derdejaars-groep by die SUT is wat prakties van 3D-drukkers gebruik gemaak het, handel die volgende afdeling van die onderhoud oor hul ervaring van die gebruik van 3D-drukwerk (*printing*).

5.11.2 Ervaring van studente met 3DP

Die vraag wat tydens die onderhoud aan die studente gestel is, (**Vraag 3.1**) het gehandel oor hul **ervaring toe hulle die eerste keer te doen gekry het met 3D-printing**. Soos 'n student ook geantwoord het, was dit 'n buitengewone ervaring om iets wat hulle self ontwerp het voor hulle te sien ontwikkel in 'n voorwerp. 'n Volgende student het genoem dat toe hy die eerste keer gehoor het van 3DP was hy opgewonde en wou net 'n 3D voorwerp druk.

In **Vraag 3.2** is die volgende vraag aan die studente gestel: **Wat was jou beste ervaring van die 3DP en die ontwerp-opdrag wat as groepwerk gedoen is?** Een van die studente het geantwoord dat hy baat gevind het by die groepwerk. As 'n mens op jou eie werk het jy 'n spesifieke aanslag en om te sien hoe ander werk, sien jy ander metodes oor hoe om tot sekere oplossings te kom en hulle het daarby baat gevind. In die groepwerk kon die studente die werk versprei en gouer 'n oplossing vir

'n probleem vind. Die groep het veral gesukkel om 'n samestelling van die verskillende 3D-getekende masjienonderdele te maak. As 'n groep goed georganiseerd is, sal meer werk gedoen kan word wat nie altyd moontlik is met handgeskrewe tekeninge nie. 'n Ander student het soos volg geantwoord op die vraag:

- “Om in die groep te werk was vir my 'n positiewe ervaring maar om aan die einde 'n 3D produk te druk was 'n ware ervaring.”

In die volgende vraag, **Vraag 3.3**, is gevra **wat volgens hulle die slegste ervarings was van die 3D- *print*, teken- en ontwerp-opdrag.**

Die studente het gesê dat die groepwerk baie tyd in beslag geneem het en dat almal nie altyd beskikbaar was vir vergaderings nie. Wat die groepwerk betref, het die deelnemers genoem dat almal nie akkuraat geteken het nie en dat dit 'n probleem was by die samestelling van die 3D- CAD-tekeninge. Wat die probleem vererger het, is dat hierdie probleme eers uitgewys is tydens die oorskakeling na STL-formaat wanneer die tekening, na ure se werk, klaar geteken is (sien ook 2.8). Om dan die fout te herstel, was tydrowend en omslagtig.

In **Vraag 3.4** is die deelnemers se mening gevra oor **of dit nodig is om 'n 3DP in 'n CAD-klas beskikbaar te stel.** Die studente is dit eens dat dit noodsaaklik is dat daar 'n 3DP in die klas moet wees. Soos 'n deelnemers geantwoord het, met die 3DP het die ontwerpproses vir die eerste keer sin gemaak, omdat 'n voorwerp in die hand vasgehou kon word. Dit het vir die student gevoel dat die ontwerpsiklus voltooi is wanneer die 3DP in die hand vasgehou kon word.

- “Dit is ongelooflik om 'n voorwerp in 3D te ontwerp, maar die ervaring is soveel groter as 'n 3DP van die voorwerp gemaak word.”

In **Vrae 3.5 en 3.6** wou die navorser weet **hoe 'n 3DP in die skool of CAD-klas gebruik kan word en hoe hulle daarby kan baat vind.** Die 3DP kan in die skool aangewend word as 'n hulpmiddel om sekere modelle aan leerlinge te verduidelik. Die studente noem die volgende voorbeelde:

- Party mense het gewetensbesware om 'n dier te dissekteer. Nou kan die verskillende dele van diere in 3D gedruk word en op skaal aan die leerders gewys word.
- In Biologie kan byvoorbeeld gedeeltes van 'n geraamte gedruk word en in 'n Skeinat-klas kan voorbeelde van die samestelling van molekules gedruk word.

Die voordeel van sulke modelle is dat leerders die model kan hanteer en bestudeer om sodoende 'n beter begrip daarvan te kry. Leerders kan in die CAD-klas hulle eie voorwerpe in 3D teken om op die 3DP te groei. Die verskillende dele kan dan getoets word om te bepaal of dit in die praktyk sal werk. Skole kan baat vind by 'n 3DP deur voorwerpe te druk om in die gemeenskap se behoeftes te voorsien (sien ook 2.9).

5.11.3 Voorstelle deur studente oor hoe die CAD program verbeter kan word

In die volgende gedeelte van die vraelys wou die navorser van die studente weet **hoe die CAD- program verbeter kan word en wat hulle die meeste/minste geniet het van CAD**. Die studente het soos volg op **Vraag 4** geantwoord:

- Meer tyd moet daaraan afgestaan word sodat studente hul eie ontwerpe in 3D kan druk.
- Dit sal goed wees as daar onderskeid getref kan word tussen CAD-tekeninge en handgeskrewe tekeninge.
- Dit behoort as twee afsonderlike programme aangebied te word (sien ook 5.5 en 5.8).

Laasgenoemde aanbeveling is gegrond op die studente se opinie dat daar te veel druk is om beide in een program aan te bied en dit is veral nodig om meer aandag aan CAD te spandeer. 'n Deelnemer stel voor dat die CAD-program deur die universiteit beskikbaar gestel moet word, sodat al die studente kan voordeel trek uit die program. Volgens die student gebeur dit dat sekere studente in besit is van ouer programme en die programme nie reg funksioneer nie. Die beskikbaarstelling van 'n CAD-program aan al die IGO-studente sal bydra tot die kwaliteit van studente se werk..

Die studente was vir drie jaar blootgestel aan CAD en het ook in hulle derde jaar te doen gekry met 3DP.

In **Vraag 5.1** wou die navorser van die studente weet **waarvan hulle die meeste gehou het in die CAD-program**. Een deelnemende student se reaksie op die vraag was van al die verskillende aspekte van IGO, het die student die meeste gehou van CAD. Die rede hiervoor is omdat CAD maklik is om te gebruik. Die werk is altyd netjies en word nooit vuil nie, en tekeninge is altyd akkuraat geteken. Die groeptaak, waar die onderdele van 'n masjien geteken moes word, was vir die deelnemende studente van groot waarde. In die begin het dit onmoontlik gelyk om die verskillende onderdele van 'n masjien te teken en 'n samestelling daarvan te maak. Tóg was dit wel moontlik en al die groepe kon die opdrag uitvoer.

- “Dit het ons geleer om uitdagings te oorkom en die oorwinning het aan ons selfvertroue gegee.”

Vir al die deelnemende studente was die 3DP 'n hoogtepunt. Soos 'n student dit uitgedruk het:

- “Om jou eie ontwerp voor jou oë te sien groei was 'n ongelooflike ervaring.”

Die laaste vraag aan die studente wat aan die onderhoud deelgeneem het, was om aan te dui waarvan hulle **die minste gehou het in die CAD-program**. Op **Vraag 5.2** het die studente soos volg gereageer:

- “As ek begin teken en ek kry nie reg wat ek wil doen nie.”

Die druk waaronder gewerk moes word om werkopdragte betyds in te handig, was vir al die studente 'n slegte ervaring. Soos 'n student tereg opgemerk het:

- “As ek nou terugkyk was die druk goed, maar dit was nie lekker wanneer ek in daardie druk situasie was nie. Maar as die druk nie daar was nie, sou ons nie die hoeveelheid werk gedoen gekry het nie.”

'n Student sê dat sy slegste ervaring was wanneer die tekening verdwyn waaraan hy so hard gewerk het en hy het nie betyds gestoor (save) nie. Hierdie probleem kom veral voor wanneer studente onwettige programme van die internet verkry het. Daarom stel die studente voor dat die Turbo CAD-program aan studente verskaf word, om sodoende aan al die studente dieselfde voordeel te gee.

5.12 SLOTOPMERKINGS OOR RESULTATE VAN DIE ONDERHOUDE

Die studente met wie onderhoude gevoer is, was dit eens dat CAD 'n verskil maak in IGO. Uit die onderhoude blyk dit dat die respondente ook die standpunt steun dat tekeninge wat met CAD geteken word meer bruikbaar is vir 'n verskeidenheid van tekenfunksies (sien 5.11). Die feit dat in kleur en in 3D geteken kan word, maak 'n verskil aan die kwaliteit van tekeninge. Tekeninge in 3D geteken kan uit verskillende hoeke bestudeer word. Die volhoubaarheid van CAD in 'n verskeidenheid beroepe bring mee dat CAD hoog in aanvraag is. Studente kan selfs 3D-tekeninge op die internet plaas, wat dan te koop aangebied word. Wat vir die studente waarmee die onderhoud gevoer is opvallend was, is dat die ontwerpproses, wat deel uitmaak van IGO, nou tot sy reg kom omdat die eerste 'n voorwerp op die rekenaar ontwerp kan word en 'n getroue weergawe gegroei kan word op die 3DP (sien 2.3.3, 2.8).

5.13 AANPASSINGS GEMAAK IN DIE ONDERRIGLEER VAN CAD

Uit die onderhoude het dit geblyk dat die 3DP 'n aansienlike verskil in die ontwerpproses gemaak het. Daar kan meer van die 3DP- (3D-drukker) gebruik gemaak word om teorie en praktyk bymekaar te bring. Studente het tydens die groepwerk geleer om meer akkuraat te teken wanneer tekeninge gebruik moet word as ontwerptekeninge. Die moontlikheid het ontstaan dat ontwerpe gratis op die internet gepubliseer kan word en studente kan dus ook finansieël daarby baat as potensiële internetkopers hierdie tekeninge koop. In die volgende ontwerpopdrag kan een van die vereistes wees dat die ontwerp op 'n 3D-webtuiste gepubliseer moet word. Die videomateriaal is funksioneel as ondersteuningsmateriaal en kan in die toekoms uitgebrei word.

5.14 INLIGTING VERKRY DEUR AANBIEDING/OPLEIDING VAN KURSUSSE EN BYWONING VAN WERKWINKELS

Omdat CAD eers vanaf 2005 deel geword het van die Nasionale Kurrikulumverklaring (NCS) (sien 2.6) is onderwysers nie opgelei in die basiese vaardighede van CAD-onderrig nie (RSA DoE, 2008). Leerfasiliteerders van die Departement vir Basiese Onderrig (DBO) het reeds begin om opleidingsgeleenthede vir IGO-onderwysers te organiseer. Uit dié geleenthede wil die navorser die volgende ervarings uitsonder wat

waarde kan toevoeg tot die studie. Die navorser het verskeie van hierdie onderwysersopleidingsgeleenthede in die Vrystaat, Noord-Kaap en Gauteng in samewerking met Tri-CAD aangebied. Tydens hierdie kursusse is waargeneem dat kursusgangers nie noodwendig CAD-vaardighede sal aanleer gedurende 'n vyfdag-kursus nie. Onderwysers wat CAD vinniger bemeester het, was diegene wat ná die kursus gaan sit en oefen het en lesse voorberei het vir hul klasse deur van CAD gebruik te maak. 'n Onderwyser het 'n opmerking gemaak dat die tegnologie nie op sy ouderdom vir hom is nie, maar eerder vir die nuwe generasie. Die verandering bring 'n vrees by sommige onderwysers en dit wil voorkom asof hulle nie bereid is om op die stadium van hul lewe so 'n loopbaanverandering te maak nie. Van die ander bekommernisse wat die groep genoem het, was oor die beskikbaarheid van rekenaars en programmatuur en die tekort aan klasruimte. Daar is ook by geleentheid gevra dat die universiteite jaarkursusse beskikbaar moet stel waar 2D- en 3D-CAD-tekene aangeleer kan word.

Na aanleiding van 'n artikel van Reffold (1998) oor die aanbied van 3D-tekene voor die aanbied van 2D-tekene het die navorser hierdie beginsel toegepas in 'n leerderfasiliteerder-werkswinkel vir die DBO. Nie een van die kursusgangers het enige vooraf-ondervinding van CAD gehad nie. Die basiese beginsels van 3D-CAD is verduidelik, asook die teken van geometriese vorms. Nadat geleer is om die geometriese vorms te teken, moes elke kursusganger 'n eie ontwerp in 3D-CAD teken. Die ontwerp moes aan sekere vereistes voldoen wat bestaan het uit 'n silinder, 'n skuinsvlak, 'n veelhoek, 'n kubus en 'n reghoek. Na die voltooiing van die 3D-CAD tekening moes die groep 'n eerstehoekse ortografiese tekening, derdehoekse ortografiese tekening en 'n isometriese tekening outomaties genereer uit die 3D-CAD-tekening. Die 3D-CAD-tekening is omgeskakel na 'n Stereo Litografie-formaat (STL-formaat), waarna die STL-formaat na 'n 3D- *printer* gestuur is, en 'n 3DP van elke kandidaat se blokkies gedruk is (sien 2.5). Wat hierdie oefening merkwaardig maak, is dat al bogenoemde tekeninge in vier uur voltooi is.

Tydens en na die werkwinkel is die volgende terugvoering van die kursusgangers ontvang (Addendum 5.4).

- “The workshop was an eye-opener and I've learned a lot in the past 5 days. I now feel more confident to train teachers on graphics. This was a workshop

worth to attend. I wish I could get hold of the CAD programme so that I can practise everyday!!!!!!”

- “I think the training was excellent and something new.”
- “CAD should be made available to schools.”

Ander gevolgtrekkings waartoe die kursusgangers gekom het, was die volgende:

- “I was so impressed and inspired to work and learn more about CAD.”
- “This is interesting and can be a practical solution to learners not able to go further with their studies. I believe if I can practise more I will use this to better the disadvantaged community I’m working with.”
- “I would like more exposure to CAD.”

Uit bogenoemde kan afgelei word dat dit die respondente se mening is dat CAD volhoubaar (sien 5.5, 5.8) is en van waarde om aan te leer vir ’n verskeidenheid van beroepe. Laasgenoemde stem ooreen met data wat verkry is van die vraelyste en uit die literatuur (sien 2.2, 2.6.1, 2.8, 5.5, 5.8). Selfs entrepreneurs kan die CAD ná skool gebruik om hul eie ondernemings te begin.

- “I was quite excited and proud of myself when I saw the 3D printout of my design. I think the learners will enjoy and have much more interest in the subject.”
- “Technology is all about bringing real life solutions to problems to reality. Learners can construct accurate models they have developed to solve the problems in 3D.”

Die leerfasiliteerders is dit eens dat 3DP die leerders sal motiveer om aan te pas by ’n veranderende tegnologiese wêreld om hul probleme op te los en hul eie idees te druk (*print*).

5.15 SAMEVATTING

Die data-insamelingsfase van die aksienavorsing het behels dat vraelyste oor ’n tydperk van drie jaar deur die CAD-studente (dieselfde groep studente), voltooi is. Hierdie data het waardevolle inligting uitgelig wat met vrug in die toekoms gebruik kan word vir doeltreffende leer en onderrig in CAD (sien 5.2, 5.5, 5.8).

Aspekte van die data wat besonder opgeval het, is die hoë uitvalsyfer van studente, die beskikbaarheid van rekenaars en programmatuur aan studente, die volhoubaarheid van CAD, die gebruik van videomateriaal en die positiewe gesindheid en lojaliteit van die studente teenoor CAD asook IGO. Die uitvalsyfer van 47% vanaf die eerste studiejaar na derde studiejaar is hoog (sien 5.8). As daar na die positiewe gesindheid van studente teenoor die vak, asook die gevolgtrekking oor die metodiek gekyk word, is dit op standaard. Wat wel 'n bekommernis is, is die hoë persentasie van studente, 89%, wat geen vorige ervaring van CAD in die VOO-fase gehad het nie (sien 5.2, 5.5). Uit die data het dit ook na vore gekom dat van die studente nie toegang tot rekenaars gehad het om tuiswerk te doen nie (sien 5.5, 5.8). Al drie vraelysondersoeke en die onderhoude het getoon dat studente die videomateriaal gebruik het as ondersteunende onderrighulpmiddel. Die beskikbaarheid van videomateriaal was van hulp vir studente in die bemeestering van CAD, maar hulle het tog verkies dat daar 'n dosent in die klas moet wees met goeie kennis van CAD. Videomateriaal is waardevol by die basiese vaslegging van CAD, maar sodra daar meer ingewikkelde probleme wat kombinasies van vaardighede vereis, opduik, maak die respondente eerder gebruik van 'n dosent om van hulp te wees om 'n oplossing te kry (5.8, 5.11). Uit die response het dit duidelik geblyk dat die respondente glo in die volhoubaarheid van CAD, en daar is ook verwys na die groter aanvraag wat daar in die toekoms gaan wees na CAD-onderrig en ook CAD-tekenaars (sien 2.5). CAD as vak en die gebruik van 'n 3DP is ook uitgewys as 'n noodsaaklikheid vir die toekoms (sien 2.9).

Uit die data ingewin tydens die opleiding van onderwysers, blyk die belangrikste probleme wat deur die onderwysers uitgewys is die vrese vir verandering, probleme met infrastruktuur by skole, gebrek aan CAD-opleiding en 'n tekort aan finansies. Dit wil voorkom asof onderwysers, veral diegene wat nie blootstelling aan CAD gehad het nie, ongemaklik voel met die veranderinge en is nie altyd bereid om hierdie loopbaan aanpassing te maak nie (sien 5.13). Wat belangrik blyk te wees uit hierdie navorsing is dat studente, onderwysers en leerfasiliteerders dit eens is dat die verandering van tekene met CAD en die gebruik van 3DP noodsaaklik is vir tegnologiese vakke in skole (sien 5.13)

HOOFSTUK 6

SAMEVATTING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

6.1 INLEIDING

Die probleem wat in hierdie studie ondersoek is, is die integrasie van rekenaar-ondersteunde tekeninge, oftewel *Computer-assisted Drawing* (CAD), as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program aan die Sentrale Universiteit van Tegnologie. In hierdie hoofstuk word die navorsingsvrae weer onder oë geneem om te bepaal of daar wel antwoorde gekry is op hierdie vrae. Die navorser het ook beoog om deur middel van die literatuurstudie en die empiriese ondersoek bewys te lewer dat CAD 'n belangrike hulpmiddel is in die onderrig van IGO-onderwysstudente. Daar is dus gepoog om te bewys dat die integrasie CAD wel 'n bydrae kan lewer in die onderrig en opleiding van IGO-onderwysers.

Hierdie hoofstuk verskaf 'n oorsig oor die studie, gevolgtrekkings word gemaak ten opsigte van die navorsingsvrae, aanbevelings word gedoen, voorstelle vir verdere studie word gemaak en beperkinge van die studie word bespreek.

6.2 GEVOLGTREKKINGS TEN OPSIGTE VAN DIE NAVORSINGSVRAE VAN DIE STUDIE

Die gevolgtrekkings wat gemaak is op grond van die literatuurstudie, asook die gevolgtrekkings gebaseer op die empiriese ondersoek het bygedra tot die bereiking van die doelstellings van hierdie studie, en word vervolgens gesamentlik bespreek (sien 2.10, 3.8, 4.10. 5.4, 5.7, 5.10, 5.13, 5.15)

6.2.1 Wat is rekenaar-ondersteunde tekene (CAD)?

Hierdie vraag is bespreek in Hoofstuk 2 en die belangrikste aspekte rondom rekenaarondersteunde tekening (CAD) word hier uitgelig (sien 2.3; 2.5; 2.6). Vanaf 1960 (sien 2.3) toe die eerste CAD-tekening die lig gesien het tot nou het baie ontwikkelinge op die gebied van CAD-tekeninge plaasgevind (sien 2.5). In 1977 is daar begin met die ontwikkeling van 3D-CAD wat vandag nog die basis vorm van die 3D-ontwikkeling wat gebruik word (sien 2.2.4). Die belangrikste verskil tussen CAD-tekeninge en grafiese rekenaartekeninge is die manier waarop die tekeninge gestoor word (sien 2.4). CAD-programme bestaan uit meetkundige figure wat die tekenaar help om vinnig en akkuraat te teken (sien 2.3). Van die belangrikste veranderinge wat CAD soos gesien teenoor handgeskrewe tekeninge gebring het, is die feit dat CAD-tekeninge akkuraat geteken word, op skaal 1:1 geteken word, en dat daar in lae (*layers*) geteken word (sien 2.5). Detail kan dus beter uiteengesit word (sien 2.5). CAD-programme is meer buigsaam en die digitale formaat maak datahantering makliker, veiliger en vinniger. Met CAD kan tekeninge outomaties gegenereer word van 'n 3D-tekening na ortografiese, isometriese en ontvouingsaansigte (sien 2.5). 'n Belangrike eienskap van CAD-tekeninge is dat die tekeninge digitaal beskikbaar is en onmiddellik gereed is om te versend, gestoor of in harde kopieë gedruk te word.

CAD maak dit moontlik vir meer as een tekenaar, op bykans enige plek ter wêreld, om aan dieselfde ontwerp te werk en al die bydraes word outomaties deur die rekenaar opgedateer (sien 2.4). CAD-tekeninge kan nou geanimeer word om bewegende dele voor te stel (sien 2.7). Die voordeel van 3D-tekeninge is dat 'n voorwerpe uit enige hoek besigtig kan word en daar is ook die moontlikheid om die fokus in te stel op sekere detaildele van die ontwerp, wat die tekeninge meer verstaanbaar maak vir die gebruiker (sien 2.7). CAD-programme raak al meer gebruikersvriendelik en bekostigbaar, en gratis programmatuur wat op die internet beskikbaar is, maak dit al makliker vir die gewone mens om van CAD gebruik te maak (sien 2.6.1). 3D-modelle kan ook met die 3DP in glas, porselein, nylon, metaal of plastiek gegroei (gedruk) word (sien 2.8). Die toenemende gebruik van 3DP en die beskikbaarheid van 3DP as 'n huishoudelike produk sal die aanvraag na CAD maksimaliseer (sien 1.3).

6.2.2 Hoe kan die onderrig van CAD bydra tot die effektiewe opleiding van IGO-onderwysstudente by die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT)?

Uit die resultate gerapporteer word die volgende gevolgtrekkings gemaak ten opsigte van die onderrig van CAD en die effektiewe opleiding van IGO -onderwysstudente by die Sentrale Universiteit van Tegnologie (SUT). Daar is bevind dat die uitvalsyfer hoog is en daar moet gesoek word na moontlike oplossings vir die probleem (sien 5.5). Daar is ook bevind dat 'n groot aantal studente in hulle eerste studiejaar nie oor rekenaars beskik nie (sien 5.2, 5.5). Hierdie probleem word vererger deurdat die CAD-laboratorium slegs vir beperkte tye van die dag en glad nie oor naweke beskikbaar is nie; daar is ook veel meer studente as wat die CAD-laboratorium kan akkommodeer (sien 5.2, 5.5, 5.8). Die tekort aan persoonlike rekenaars raak minder in die tweede- en derde studiejaar omdat die studente die noodsaaklikheid van 'n persoonlike rekenaar beseft en al meer studente persoonlike rekenaars in hulle tweede- en derdestudiejaar aanskaf (sien 5.5, 5.8).

Daar is ook tot die gevolgtrekking gekom dat die videomateriaal wat gebruik is tydens die opleiding van CAD bydra tot die sukses van die opleiding van CAD. Studente maak op 'n gereelde basis gebruik van die videomateriaal en vind die videomateriaal 'n noodsaaklike onderrighulpmiddel (sien 5.2, 5.5, 5.8). Die studente is dit eens dat die videomateriaal 'n belangrike onderrighulpmiddel is, maar dit moet met die leiding van 'n dosent gebruik word. Verder rapporteer die studente dat dit nie moontlik is om CAD te bemeester deur net van die videomateriaal gebruik te maak nie (sien 5.5, 5.8 en 5.11). Dit het ook uit die resultate geblyk dat wanneer studente, in samewerking met ander, die videomateriaal gebruik wanneer hulle met 'n probleem worstel, 'n oplossing wat gevind word, tot diepte leer in CAD lei (sien 3.3, 5.11). Die respondente het ook bevestig dat groepwerk waarde toevoeg tot CAD-opleiding. Alhoewel studente in sommige groepe gesukkel het om samewerking van al die groeplede te kry, het die groepwerk waarde toegevoeg tot die bemeestering van CAD en kon studente in die groepwerk by mekaar leer (sien 5.11).

6.2.3 Watter uitdagings lê op die pad van integrasie van CAD in die B.Ed.-Tegnologie-program?

Daar is heelwat uitdagings wat voorlê in die integrasieproses van CAD as deel van die kurrikulum van IGO-onderrig by die SUT naamlik (sien 1.4; 2.3; 2.4):

- In 2013 is die Tegnologie-sentrum uitgebrei en in gebruik geneem by die SUT, wat deels 'n uitvloeisel is van hierdie studie. 'n Siviele, Meganiese, Elektriese, Tegnologiese en CAD-laboratorium vorm deel van hierdie sentrum. Die CAD-laboratorium is toegerus met 45, *state-of-the-art* (nuutste tegnologie) -rekenaars, 'n raaskerm met data-toerusting, A2-drukkers, drie laserdrukkers, 'n A3-drukker, vyf Cube 3DPs en een Stratasys 3DP.
- Daar word indringend gepoog om die kurrikulum te optimaliseer sodat CAD ten volle deel kan word van IGO by die SUT (sien 2.3; 2.4).
- Tydens die studie is daar veranderinge aangebring aan die tradisionele manier van teken waar eers met 2D-tekene begin is en later oorgeskakel is na 3D-tekene. Dit word ook ondersoek of dit waarde sal inhou om te begin met 3D-CAD en dan te konsentreer op 2D-CAD (sien 5.14).
- Die samestelling van CAD en die huidige handgeskrewe tekenprogram in een kursus het nuwe uitdagings gebring, en daar word gepoog om die kurrikulum te omskryf sodat CAD en handgeskrewe tekene in een kurrikulum aangebied kan word (sien 2.4)
- Nuwe uitdagings is ook in die wyse van assessering gevind, veral as dit kom by die aflê van skriftelike eksamens. 'n Gedeelte van die toetse en eksamen-vraestel word reeds op CAD gedoen. Dit word op Blackboard' (Bb) gedoen en dan rekenaarmatig nagesien (sien 3.3, 4.5.8 en 4.6.2). Die voordeel wat nasien op die rekenaar inhou, is dat daar gesien kan word watter metode die student gebruik het om by 'n oplossing te kom (sien 3.7).

Een van die bevindinge van die studie is dat persoonlike aandag van 'n dosent of tutor noodsaaklik is in die onderrig van CAD (sien 3.8; 3.9; 4.4, 5.2, 5.5, 5.8). Dit is duidelik uit die studie dat videomateriaal as opleidingsmateriaal gebruik kan word in CAD (sien 5.5, 5.8, 5.11). Die kombinasie van klasaanbieding deur 'n dosent en die gebruik van die videomateriaal het suksesvolle leer verseker (sien 3.8, 5.5, 5.8, 5.11). Daar is ook bevind dat motivering 'n belangrike bydraende

faktor vir diepteleer in CAD is (sien 3.4. 5.5, 5.8. 5.11). Dit kan slegs verwesenslik word deur 'n dosent wat self 'n passie het vir die vak. Die navorser het uit die response van die vraelysondersoek die bevinding gemaak dat die studente 'n passie vir CAD ontwikkel het wat ontspring het uit motivering (sien 5.2; 5.4). Wat die navorser bevind het, is dat die dosent deurentyd oor sy studente se leer en sy/haar onderrig moet reflekteer, en aanpassings aan klasaanbiedings moet maak vir suksesvolle leer (sien 3.7). Uit die studie is bevind dat een jaar se studente nie noodwendig dieselfde probleme sal hê as die vorige studente nie, en dat dieselfde oplossings nie noodwendig vir die volgende jaargroep sal werk nie. Daarom is dit moontlik om nou in die eerstejaarklas met 3D te begin, en dan 2D daarna te verduidelik (vgl. Reffold, 1998).

6.2.4 Wat is die ervaring van die IGO-studente ten opsigte van CAD-onderrig?

Die studente se ervaring met CAD is dat daar baie meer met 'n rekenaar gedoen kan word as om te tik en speletjies te speel (sien 5.2.2, 5.2.3, 5.8.6, 5.8.9, 5.11.1, 5.11.2). Daar is tot die gevolgtrekking gekom dat studente net met CAD wil teken en nie meer handtekeninge wil doen nie. Die motivering van die studente was dat met CAD meer akkuraat geteken word, die werk lyk netjieser en met 3D-tekeninge het 'n mens 'n beter perspektief op dit wat geteken is (sien 5.8.7, 5.8.9, 5.11.1).

Die studente is baie tevrede met die goed toegeruste CAD-laboratorium, en *state-of-the-art*-rekenaars en programmatuur (sien 5.8.2, 5.11.1). Die volhoubaarheid van CAD is vir die studente belangrik en volgens die studente sal CAD in aanvraag wees in 'n verskeidenheid beroepe in die toekoms (sien 5.5.5, 5.8.6, 5.8.7, 5.8.9, 5.11.1). Dit is vir die studente belangrik dat CAD in al die VOO-skole aangebied moet word, veral as gevolg van die aanvraag in ingenieursberoepe (sien 5.8.6, 5.11.1).

Die studente is van mening dat hulle goed toegerus en gereed is om die vak in die VOO-skole aan te bied (sien 5.8.6, 5.11.1). CAD is volgens die studente 'n onderrighulpmiddel wat help om IGO professioneel aan te bied (sien 5.5.3). Omdat

studente verkies om videomateriaal te gebruik vir CAD-opleiding moet hierdie materiaalvoorrade uitgebrei word eerder as om gebruik te maak van handleidings (sien 5.8.8, 5.11.1).

Die 3DP was vir die meeste studente 'n eerste ervaring en die studente was baie opgewonde om dit vir die eerste keer self te kon gebruik. Die ontwerpopdrag wat in groepwerk voltooi moes word, het aan die studente bewys dat met 'n spanpoging baie meer in CAD bereik kan word (sien 5.11.2). Wat opvallend is uit die terugvoering van die respondente was die positiewe gemotiveerdheid waarmee die respondente CAD aanpak. Hierdie positiewe ingesteldheid kan toegeskryf word aan die metode van motivering. Uit die navorsing is bevind dat gemotiveerde studente meer geneig is tot diepteleer, daarom is motivering 'n belangrike aspek van leer (sien 3.4, 5.5, 5.8, 5.11). 'n Student het opgemerk dat as 'n mens eers met CAD begin het, kan jy nie ophou nie (sien 5.2.5).

6.2.5 Watter bydrae kan CAD lewer ten opsigte van die opleiding van toekomstige IGO-onderwysers?

Deur die aksienavorsingsproses is daar gereflekteer (oor 'n tydperk van vier jaar) om te bepaal hoe CAD 'n bydrae kon lewer ten opsigte van die opleiding van huidige studente IGO-onderwysers. Binne skoolverband het die resultate getoon dat 'n groot aantal onderwysers in skole nie gereed is om CAD in IGO as vak aan te bied nie. Leerfasiliteerders van die DBO is besig om opleidingsgeleenthede vir IGO-onderwysers te organiseer om onderwysers CAD-vaardig te maak. Die navorser was by verskeie van hierdie opleidingsgeleenthede betrokke (sien 5.14). Die dilemma waarmee ons vandag te kampe het in Suid-Afrika is dat daar 'n tekort aan IGO-onderwysers is wat CAD-vaardig is (sien 5.14). Daar is ook van die onderwysers se kant versoek dat die SUT 'n jaarkursus sal aanbied in CAD-geletterdheid (sien 5.14). Onderwysers met CAD-agtergrond is tans in aanvraag en sal in die toekoms van groot waarde wees, omdat CAD alreeds in 'n verskeidenheid van dissiplines in die industrie gebruik word (sien 2.7; 2.8). Buiten die onderwysstudente wat by die SUT opgelei word, is die SUT ook deurentyd besig om CAD-werkwinkels aan IGO-onderwysers en leerfasiliteerders in tegnologie aan te bied (sien 5.6). Die SUT, soos ander universiteite, is besig om hulself te posisioneer

om in hierdie vraag te voldoen (sien 5.6). Skole het nog 'n bykomende probleem – hulle beskik nie oor die nodige fondse om hierdie toerusting aan te koop en in stand te hou nie (sien 5.14).

Ingenieurstekeninge wat met CAD geteken is, hou die voordeel in dat die tekeninge digitaal beskikbaar is. Hierdie digitale beskikbaarheid van tekeninge bring mee dat tekeninge sentraal geberg kan word en dat IGO-onderwysers regoor die wêreld verbind kan wees met mekaar. Omdat tekeninge 'n internasionale “taal” is, kan selfs oor taalgrense met mekaar gekommunikeer word. Die voordeel van digitale tekeninge is dat meer as een IGO-onderwyser aan dieselfde tekening kan werk. Vraestelle en memorandumskope kan maklik heen en weer versend word vir moderering, selfs buite die landsgrense. Daar kan nou ook interaksie wees tussen leerders van verskillende skole, maar ook verkillende provinsies en lande (sien 2.5).

Uit hierdie studie het dit duidelik geword dat die benutting van CAD 'n onontbeerlike deel van IGO geword het (sien 2.3; 2.5; 2.8; 5.8; 5.11). Die rekenaar, dataprojektor en CAD word nuttig gebruik om IGO te verduidelik. Studente leer vaardighede aan wat hulle help om CAD met vertroue in die IGO-klas te onderrig. Voorbeelde kan in die voorbereidingsfase deeglik nagegaan word om seker te maak dat die voorbeelde akkuraat en korrek is vir onderrig in die klas. Dit is nie meer nodig om in 'n verleentheid voor 'n klas te staan as 'n tekening nie uitwerk nie. Foute op die bord in die klas word uitgeskakel en voorbeelde uit vorige lesse word maklik op die rekenaar herroep vir hersiening of remediëringdoeleindes.

Voorbeelde van bykans enige vorm word vinnig en maklik deur CAD in 3D omskep wat vir die student 'n geleentheid gee om die voorbeeld uit bykans enige hoek te besigtig. Wanneer die tekening in 3D deur 'n student besigtig is, toon die student 'n beter begrip van die probleem wat opgelos moet word (sien 2.5). Digitale tekeninge bespaar die dosent baie tyd en tekeninge kan maklik opgeroep word vir hersiening. Die skryfbord kan tydrowend wees; foute het maklik ingesluit en vorige verduidelikings was na afloop van die klas-sessie nie meer op die skryfbord beskikbaar nie (sien 2.5). Waar eksamenvraestelle en toetse in die verlede met handgeskrewe tekeninge opgestel is, word dit nou digitaal gedoen en kan dit maklik geëvalueer word. Digitale tekeninge is netjies en lynwerk is van hoë kwaliteit.

Veranderinge kan maklik aan tekeninge gemaak word om nuwe oefeninge beskikbaar te stel. Drie (3)D-voorwerpe kan vanaf die rekenaar met 'n 3DP gedruk word om as voorbeelde in die klas te gebruik. Leerders kry 'n nuwe begrip van teken en verstaan tekeninge makliker wanneer 3D-voorwerpe gesien en selfs gehanteer kan word (sien 5.11.2). 3DP is reeds besig om deel van skooltoerusting te word. Hierdie toerusting bied aan die onderwyser geleentheid om 3D-modelle te druk wat as hulpmiddels in die klas gebruik kan word (sien 2.8).

Die data wat tydens die studie ingesamel is, beklemtoon die waarde van CAD ten opsigte van die opleiding van onderwysers (sien 5.2, 5.5, 5.8 en 5.11). Dit was duidelik dat die meerderheid studente geen kennis van die nuutste tegnologie op die gebied van CAD gehad het nie (sien 5.2.5). In die klas word die studente nie net geleer van CAD, nie maar word daar ook entoesiasme en 'n liefde vir CAD gekweek (sien 5.8, 5.11). Die studente is deurentyd op hoogte gehou van die nuutste ontwikkelinge en tegnologie op die gebied van CAD (sien 5.4). Die waarde wat CAD in die toekoms vir skole en leerlinge kan inhou, het ook na vore gekom in die studie (sien 5.5.5 en 5.8.9). Redes hiervoor wat deurentyd uit die vraelyste na vore gekom het, is dat CAD makliker, netjieser en meer akkuraat is om te gebruik (sien 5.5.5 en 5.8.7). Die studente beklemtoon dat leerlinge nie net 2D-CAD moet aanleer nie, maar ook 3D-CAD. Volgens die studente sal CAD meer waarde hê indien dit saam met 3D-CAD gebruik word. 3DP het min waarde as leerlinge nie gebruik kan maak van 3D-CAD nie (sien 5.11.2). Hierdie sienings is ook deur die onderhoude bevestig. In die onderhoud het 'n deelnemer dit gestel dat leerlinge leer dat rekenaars nie net gebruik word vir speletjies nie, maar dat dit aangewend kan word vir beroepe in tekene en ontwerp (sien 5.8).

6.3 AANBEVELINGS GEBASEER OP DIE RESULTATE VAN DIE STUDIE

Die volgende aanbevelings word gemaak op grond van die resultate van die studie.

- Dit is noodsaaklik dat rekenaars en CAD-programme aan skole beskikbaar gestel moet word vir gebruik in IGO-klasse (sien 5.14).
- Op versoek van die onderwysers moet CAD-kursusse saamgestel word om in die behoefte aan CAD-onderwyseropleiding te voorsien (sien 5.6).

- Die onderwysdepartement moet besluit oor eenvormige CAD-programme vir skole (sien 2.2).
- Die IGO kurrikulum moet hersien word sodat CAD-tekene en handgeskrewe tekeninge geïntigreerd in een kurrikulum aangebied kan word (sien 2.4, 2.5, 5.5, 5.8, 5.11).
- 'n Moontlike aanbeveling is om die twee modusse, handgeskrewe tekeninge en CAD, van mekaar te skei en twee modules aan te bied, een in IGO, en 'n tweede, wat hoofsaaklik op CAD fokus en onderwysers toerus vir CAD. So 'n aanvullende module in CAD kan ook 'n bydrae lewer in ander tegniese vakrigtings in die VOO fase soos Elektries, Tegnologie, Meganies en Siviele tegnologie, omdat CAD ook in die dissiplines gebruik word (sien 2.4, 2.5, 5.5, 5.8, 5.11).
- Daar is reeds besluit om eers die beginnerstudente (eerstejaar) in 3D te leer teken en dan 2D te behandel (sien 5.11).
- Om ontwerp in die IGO-kursus vir skole tot sy volle reg te laat kom, sal 3DP (drie-dimensionele drukkers) vir skole aangeskaf moet word om die leerlinge te stimuleer en die belangstelling in die kurrikulum aan te wakker (sien 2.3.3; 5.5).
- Om belangstelling te wek en entoesiasme te verseker, moet praktiese assesseringstake in IGO-klasse in skole in CAD en vir 3DP ontwerp word (sien 2,3; 3.9).
- Meer gestruktureerde werkwinkels moet oor 'n langer tydperk vir IGO-onderwysers aangebied word om die nodige ondersteuning te verleen aan onderwysers wat nie CAD-vaardig is nie. Die SUT, soos ander universiteite, is besig om hulself te posisioneer om in hierdie behoefte te voorsien (sien 5.6).
- 'n Langtermyndoelwit moet vir die SUT daargestel word om in diens van onderwysers en studente te wees ten opsigte van opleiding in CAD. Met die aanbieding van CAD word die vraag na en noodsaaklikheid van tegnologiese vaardighede telkemale beklemtoon. As gevolg van die tekort aan ingenieurs in die land is dit belangrik dat ingenieursrigtings by skole aangewakker word (sien 2.5). Toe die navorser in 2009 opdrag gekry het om CAD by die Sentrale Universiteit van Tegnologie in die Vrystaat (SUT) te onderrig, is

verskeie praktiese aksienavorsingstappe gedoen wat suksesvol bygedra het tot die ontwikkeling van CAD by studente. Die Departement van Onderwys (SUT) sal ook moet besin oor hul verantwoordelikheid ten opsigte van CAD in skole, en doelgerig 'n bydrae lewer vanuit die begroting (sien 5.14).

6.4 VOORSTELLE VIR VERDERE STUDIE

Daar tree daagliks veranderinge en verbetering in tegnologie in. CAD is nie daarvan uitgesluit nie en bied ruim geleentheid tot verdere studie. Uit hierdie studie is bevind dat 3DP in die toekoms saam met CAD in aanvraag sal wees in 'n verskeidenheid beroepe (sien 2.8). Hierdie ontwikkelinge sal ook die vraag na kenners op die gebied van programmering en die ontwikkeling van 3DP verhoog (sien 2.9). Op grond hiervan word die volgende voorstelle gemaak met die oog op verdere navorsing:

- Hierdie studie kan uitgebrei word en dit word aanbeveel dat verdere navorsing gedoen word om die behoefte aan CAD en 3DP te bepaal.
- 'n Behoefte het ontstaan aan goed opgeleide IGO-onderwysers in CAD en 3DP (sien 1.2, 5.6, 5.8.9). 'n Studie om die omvang van hierdie behoefte in die bedieningsgebied van SUT te bepaal, is noodsaaklik sodat die Departement van Onderwys aan SUT doelgerig kan beplan hoe om ten beste in hierdie behoefte te voorsien.
- Verdere studies sal moet bepaal hoe aanpassings gemaak moet word om sekere tekeninge wat tradisioneel met die hand geteken is, nou met CAD geteken sal moet word. Tans word studente albei tegnieke - hoe om met die hand te teken, asook hoe om met CAD te teken – onderrig(sien 1.3, 2.3, 2.4, 2.5, 5.4, 5.5, 5.8, 5.10, 5.11).
- 3DP kan in verskeie vakgebiede gebruik word. Dit is noodsaaklik om 'n studie te doen om vas te stel watter tipe 3DP geskik is vir watter vakterrein (sien 2.9). Sodanige studie kan uitgebrei word om te bepaal watter voordele die gebruik van 3DP, asook ander rekenaar-beheerde tegnologie, vir die onderskeie vakterreine inhou.
- 'n Verdere behoefte vir studie hou verband met die materiaal wat gebruik word vir 3DP. Daar is nog baie vrae oor hoe betroubaar en sterk die

materiaal is wat tans gebruik word. Navorsing moet ook nog gedoen word om vas te stel hoe veilig die materiaal is (sien 2.7).

6.5 BEPERKINGE VAN DIE STUDIE

Alhoewel daar gepoog is om vir alle moontlikhede voorsiening te maak, het sekere beperkinge tog die studie beïnvloed. Die volgende moet in dié verband genoem word:

- Geen bewyse van 'n studie soortgelyk aan die studie wat hier gerapporteer is, kon opgespoor word nie, dus was dit nie moontlik om vergelykings te tref nie.
- Bronne oor 3DP was in die beginfase van die studie beperk, maar met die verloop van tyd het meer inligting op die internet beskikbaar geraak. Daar is tot nou toe nie veel oor 3DP gepubliseer nie. Met die aanvang van hierdie studie was 3DP nie algemeen beskikbaar nie, en onbekend onder die publiek. 'n Gebrek aan literatuur was dus 'n beperking.
- Die CAD-laboratorium by die SUT was nog in die ontwikkelings stadium tydens die aanvang van die studie. Die behoorlik toegeruste CAD-laboratorium het eers in 2013 beskikbaar geraak, en die eerste 3DP is toe in gebruik geneem.
- Die studentegetalle van die geselekteerde deelnemers het aansienlik verminder van die eerste studiejaar na die derde studiejaar, wat moontlik die response kon beïnvloed (sien 5.8).
- Die implementering van CAD in skole is in die begin stadium en tans is daar geen modelskool om as riglyn te gebruik nie.

6.6 SAMEVATTING

Die probleem wat in hierdie studie ondersoek is, is die integrasie van rekenaarondersteunde tekening (CAD) as 'n noodsaaklike hulpmiddel in die onderrig van IGO-onderwysstudente in 'n B.Ed.-program aan die Sentrale Universiteit van Tegnologie. In die studie is die belang van CAD in skole deurentyd beklemtoon. Die feit dat CAD reeds deel uitmaak van die IGO-kurrikulum, maar tot nou toe nie ten volle in die kurrikulum geïntreger is nie, dui daarop dat die

noodsaaklikheid van CAD as 'n hulpmiddel in die onderrig van IGO-
onderwysstudente nog nie ten volle besef word nie. Die veranderende tegnologie
noodsaak dit dat CAD deel moet word van tekengereedskap van IGO. Die
belangrikste bevindinge van die studie is dan ook dat CAD onlosmaaklik deel moet
wees van ingenieurstekene en dat ons nie meer kan staatmaak op die gebruik van
potloodtekene in IGO nie. Die 3DP-proses moet deel uitmaak van die
ontwerpproses in IGO en die huidige IGO-onderwysers moet opgelei word om CAD
in tekenwerk te integreer.

Die belangrikheid van CAD en 3DP in opleiding is daarin geleë dat studente nou hul
eie ontwerpe kan teken en 'n 3DP daarvan kan maak. Dit sal uiteraard daartoe lei
dat ontwerpe veel akkurater en meer doeltreffend sal wees. Onderwysers moet aan
die voorpunt van hierdie ontwikkelinge wees, want dit is selfs moontlik vir leerders in
die primêre fase om aan hierdie opwindende moontlikhede blootgetel te word en
daarmee te begin eksperimenteer. Hierdie gedagte is nie so vergesog nie - in Japan
in Yokohoma begin skole reeds om leerders op die ouderdom van nege jaar aan 3D-
CAD bloot te stel.

“One of the kids stated he was little nervous at first. Could he create the
car design? **After a few minutes, he realized 3D CAD modeling was so much
fun.**” (Planchard, 2013).

BRONNELYS

3D Prototyping, 2011. *Civil Engineering*. [Online] Available at: <http://www.3dprototyping.com.au/Civil-Engineering.html> [Accessed 12 February 2012].

3ders 3D printer and 3D printing news, 2013a. *www.3ders.org*. [Online] Available at: <http://www.3ders.org/pricecompare/3dprinters/> [Accessed 12 Desember 2013].

3ders 3D printer and 3D printing news, 2013b. *www.3ders.org*. [Online] Available at: <http://www.3ders.org/articles/20131126-greenville-inventor-holds-patents-for-first-3d-printers.html> [Accessed 26 November 2013].

Abraham, G., 2008. *Teaching and Learning Engineering drawing using CAD*. [Online] Available at: <http://iuceeblog.files.wordpress.com/2009/02/drawing-with-cad.pdf> [Accessed 6 Maart 2011].

Aigner, F., 2012. *Vienna University of Technology-3D Printer with Nano Precision*. [Online] Available at: <http://additivemanufacturing.com/2012/04/04/3d-printer-with-nanoprecision/> [Accessed 6 June 2012].

Arcam, 2009a. *Additive Manufacturing, Successive Layers, conventional machining*. [Online] Available at: <http://www.arcam.com/technology/additive-manufacturing.aspx> [Accessed 7 July 2011].

Arcam, 2009b. *EBM process*. [Online] Available at: www.arcam.com [Accessed 4 Januarie 2012].

Asperl, A., 2005. How to teach CAD. *Computer-Aided Design & Applications*, 2(1-4), pp.459-68.

Atherton, J., 2010. *Learning and Teaching*. [Online] Available at: <http://www.learningandteaching.info/learning/motivation.htm> [Accessed 6 April 2012].

Bates, D., 2011. *Rolling off the 3D printing press. The world's first 'printed' car - and it actually works*. [Online] Available at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2041106/Urbee-The-worlds-printed-car-rolling-3D-printing-presses-.html#> [Accessed 3 October 2011].

Bezuidenhout, H., 2006. *Breinkaart eBook*. [Online] Available at: <http://www.motiveweb.com> [Accessed 2 October 2008].

- Biggs, J., 2011. *Academic*. [Online] Available at: <http://www.johnbiggs.com.au/index.html> [Accessed 2012 April 4].
- Biggs, J. & Tang, C., 2009. *Teaching for quality learning at university What the student does*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Companies.
- Blackboard international, n.d. *Blackboard*. [Online] Available at: <http://www.blackboard.com/International/EMEA/Overview.aspx?lang=en-us> [Accessed 23 April 2012].
- Botha, P., 2001. Die kwalitatiewe onderhoud as data-insamelingstegniek: sterk en swak punte. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 29, pp.13 - 19.
- Botha, P., 2001. Die kwalitatiewe onderhoud as data-insamelingstegniek: sterk en swak punte. *ournal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 29, pp.13 - 19.
- Breytenbach, C., 2002. Metodiek van ondersoek. *Navorsingsmetodologie*, pp.137 - 157.
- Burns, T. & Sinfield, S., 2004. *Teaching, learning and Study Skills*. London: SAGE.
- CAD user, 2002. *CAD/CAM in Schools*. [Online] CAD User Available at: http://caduser.com/reviews/reviews.asp?a_id=142 [Accessed 24 September 2012].
- CADAZZ, 2004. *The best CAD software history on the Web*. [Online] Available at: www.cadazz.com [Accessed 9 June 2011].
- Carlson, W., 2003. *Design*. [Online] Available at: <http://www.design.osu.edu/> [Accessed 26 December 2011].
- Carter, V., 2013. *Tri-CAD Technologies*. [Online] Available at: <http://www.tricad.co.za/> [Accessed 26 Januarie 2013].
- Case, P. & Hino, J., 2010. *A Powerful Teaching Tool: Self-Produced Videos*. [Online] Available at: <http://www.joe.org/joe/2010february/tt3.php> [Accessed 26 August 2012].
- Central University of Technology, 2013. *Calendar*. Bloemfontein: Central University of Technology, Free State(CUT).
- Changing minds, 2012. *Herzberg's Motivation-Hygiene Theory*. [Online] Available at: http://changingminds.org/explanations/needs/herzberg_needs.htm [Accessed 20 Januarie 2013].
- Check, J. & Schutt, R.K., 2012. *Research Methods in Education*. London: SAGE.

Check, J. & Schutt, R.K., 2012. *Research Methods in Education*. 1st ed. London: SAGE.

Chilson, L., 2013. *The Difference between ABS and PLA for 3D printing*. [Online] Available at: <http://www.protoparadigm.com/blog/2013/01/the-difference-between-abs-and-pla-for-3d-printing/> [Accessed 27 Januarie 2013].

Churches, A., 2008. *Teachlearning*. [Online] Available at: www.techlearning.com/techlearning/archives/.AndrewChurches.pdf [Accessed 24 Maart 2012].

Churches, A., 2012. *Edorigami Wikispace*. [Online] Available at: <http://edorigami.wikispaces.com/Bloom%27s+Digital+Taxonomy> [Accessed 24 Maart 2012].

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., 2009. *Research Methods in Education*. Oxon: Routledge.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., 2009. *Research Methods in Education*. 1st ed. Oxon: Routledge.

Creswell, J. & Plano Clark, V., 2007. *Designing and Conducting mixed methods research*. London: SAGE.

Crooks, R., 2012. *2D Vs. 3D CAD Advantages & Disadvantages*. [Online] Available at: http://www.ehow.com/facts_6189318_2d-3d-cad-advantages-disadvantages.html [Accessed 29 October 2012].

Cubify 3D systems, 2013. *Cube Creativity reimaged*. [Online] Available at: http://cubify.com/cube/index.aspx?tb_cube_learn [Accessed 9 Desember 2013].

Custompart, 2013. *Inkjet Printing*. [Online] Available at: <http://www.custompartnet.com/wu/ink-jet-printing> [Accessed 12 Desember 2013].

Dassault Systemes SolidWorks Corp., 2009. *Bridging the Worlds of 2D and 3D*. [Online] Available at: www.solidworks.com [Accessed 20 Desember 2010].

De Beer, T., 2004. *Die Moraal en Motivering van Afrikaanssprekende Onderwysers*. Potchefstroom.

Deakin University, 2013. *Questionnaire Design & the Nature of Interviewing*. Research Training Module III. Faculty of Arts and Education, Deakin University, Melbourne.

Dehue, R., 2012. *3D Printing*. [Online] Available at: <http://3dprinting.com/> [Accessed 27 October 2012].

Delors, J., 1998. *The four pillars of Education, Learning: The Treasure within*. [Online] Available at: <http://www.unesco.org/delors/fourpil.htm> [Accessed 25 March 2012].

Delpont, C. & Roestenburg, W., 2011. Quantitative data-collection methods: questionnaires, checklists, structured observation and structured interview schedules. In T. Demmer & D. Venter, eds. *Research at grass roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.171 - 205.

Dickson, J., 2011. *Additive Manufacturing: A new paradigm for Aircraft parts?* [Online] Available at: <http://aviationsuppliers.wordpress.com/tag/boeing/> [Accessed 27 Januarie 2012].

Dimension, 2011. *BlueSky Delivers Innovative "Ease of Use" Products with Dimension 3D Printing*. [Online] Available at: <http://www.dimensionprinting.com/successstories/successstoryview.aspx?view=3&title=BlueSky+Delivers+Innovative+%22Ease+of+Use%22+Products+with+Dimension+3D+Printing+> [Accessed 14 July 2011].

Duggal, V., 2000. *A general guide to Computer Aided Design & Drafting - CADD, CAD*. New York: Quality Books, Inc.

Els, J., 2011. 'n Industriële revolusie op pad? *Die Volksblad*, 5 Augustus. p.8.

F1 in schools, 2012. *F1 in schools*. [Online] Available at: <http://www.f1inschools.com> [Accessed 30 October 2012].

Fouché, C. & Delpont, C., 2011. Writing the research proposal. In J. Read, ed. *Research at Grass Roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.101 - 112.

Gajitz, 2010. *Printing People Parts: World's First Human Organ Bio-Printer*. [Online] Available at: <http://gajitz.com/printing-people-parts-worlds-first-human-organ-bio-printer> [Accessed 3 August 2011].

Geomagic, 2012. *Scott Summit puts 'personal' into design and manufacturing of prosthetic leg fairings*. [Online] Available at: <http://www.geomagic.com/en/community/case-studies/putting-personal-into-design-and-manufacturing-scott-summit-achi/> [Accessed 18 February 2012].

Gibson, I., Rosen, D. & Stucker, B., 2010. *Additive Manufacturing Technologies*. London: Springer.

Glascow, J., 2000-2011. *Getting Started in CAD*. [Online] Available at: www.economic.com [Accessed 14 Desember 2011].

Greef, M., 2011a. Information collection: interviewing. In A.S. De Vos, C.S.L. Delpont, C.B. Fouché & H. Strydom, eds. *Research at grass roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.171-205.

Greef, M., 2011b. Participatory action research. In A.S. De Vos, C.S.L. Delpont, C.B. Fouché & H. Strydom, eds. *Research at grass roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.473 - 489.

Greef, M., 2011c. Quantitative data-collection methods: questionnaires, checklists, structured observation and structured interview schedules. In A.S. De Vos, C.S.L. Delpont, C.B. Fouché & H. Strydom, eds. *Research at grass roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.171 - 205.

Greef, M., 2011d. Writing the research proposal. In A.S. De Vos, C.S.L. Delpont, C.B. Fouché & H. Strydom, eds. *Research at Grass Roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.101 - 112.

Greef, M., 2011. Information collection: interview. In T. Demmer & D. Venter, eds. *Research at grass roots for the social sciences and human service professions*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.171-205.

Greenberg, A. & Zanetis, J., 2012. *The Impact of Broadcast and Streaming Video in Education*. San Jose, CA: CISCO Systems and Wainhouse Research.

Hartman, N.W., 2005. *Defining Expertise in the use of Constrian-Based CAD Tools by Examining Practicing Proffesionals*. [Online] Available at: www.edgj.org/index.php/EDGJ/article/view/75 [Accessed 15 January 2012].

Hibberts, M. & Johnson, R., 2012. Mixed Methods Research. In A. Briggs, M. Coleman & M. Morrison, eds. *Research Methods in educational leadership & Management*. 3rd ed. London: SAGE. pp.122 - 139.

Hsu, J., 2013. *Live Science*. [Online] Available at: <http://www.livescience.com/34551-3d-printing.html> [Accessed 7 August 2013].

Ivankova, N., Creswell, J. & Plano Clark, V., 2012. Foundations and approaches to mixed methods research. In K. Maree, ed. *First Steps in Research*. Pretoria: Van Schaik. pp.261-90.

Ivankova, N., Plano Clark, V. & Creswell, J.W., 2012. Foundations and approaches to mixed methods research. In J. Read, W. von Gruenewaldt, L. van der Elst & Y. Kemp, eds. *First steps in research*. 10th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.261 - 290.

Jacobs, M., 2004. Curriculum design. In M. Jacobs, N. Vakalisa & G. Nqabomzi, eds. *Teaching and Learning Dynamics*. 3rd ed. Cape Town: Heinmann Publishers. pp.34 - 87.

Johnson, B. & Christensen, L.B., 2004. *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches*. 2nd ed. Needham Heights: SAGE Publication, Inc.

Johnson, B. & Christensen, L.B., 2004. *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches*. tweede ed. Needham Heights: SAGE.

Johnson, R.B. & Hibberts, M.F., 2012. Mixed Methods Research. In R.J. Briggs, M. Coleman & M. Morrison, eds. *Research methods in Educational Leadership & Management*. 3rd ed. London: SAGE. pp.122 - 139.

Khoshnevis, B., 2002. Automated construction by contour crafting - related robotics and information technology. *ISARC*, 13, pp.5-19.

Khoshnevis, B., 2008. *USC Viterbi*. [Online] Available at: <http://www-bcf.usc.edu/~khoshnev/> [Accessed 2 October 2011].

Killen, R., 2010. *Teaching Strategies for Quality Teaching and Learning*. Claremont: Juta.

Kirby, J., 2013. *3D Printing Pilot in UK Schools Funded by Dept for Education*. [Online] Available at: <http://3dprintingindustry.com/2013/01/03/3d-printing-pilot-in-uk-schools-funded-by-dept-for-education/> [Accessed 21 Januarie 2013].

Kjerulf, A., 2006. *Why "Motivation by Pizza" Doesn't Work*. [Online] Available at: <http://positivesharing.com/2006/12/why-motivation-by-pizza-doesnt-work/> [Accessed 8 April 2012].

Kosse, V. & Senadeera, W., 2011. *Innovative approaches to teaching engineering drawing at tertiary institutions*. [Online] Available at: <http://eprints.qut.edu.au/53605/1/53605.pdf> [Accessed 12 March 2012].

Lets go Design presented by SolidWorks, 2013. *Born to Design*. [Online] Available at: <http://www.solidworks.com/btd/web-series/lets-go-design-cad-chair.htm> [Accessed 7 Desember 2013].

Lillie, B., 2012. *A 3D printer for molecules: Lee Cronin at TED Global 2012*. [Online] Available at: <http://blog.ted.com/2012/06/26/lee-cronin-at-tedglobal2012/> [Accessed 12 June 2012].

Lublin, J., 2003. *Deep, surface and strategic approaches to learning*. Dublin: UCD Dublin Centre for Teaching and Learning.

Mail Online, 2009. *Stunning new technology allows parents to hold a life-size model of their unborn child*. [Online] Available at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1195703/The-stunning-new-technology-allows-parents-hold-life-size-model-unborn-child.html> [Accessed 28 November 2011].

Manning, L., 2011. *Custom skull implants on demand? Exactly*. [Online] Available at: <http://medicaldesign.com/materials/custom-skull-implants-1211/> [Accessed 5 February 2012].

Maree, K. & Pietersen, J., 2007a. Statistical Analysis I. In K. Maree, ed. *First Steps in Research*. Pretoria: Van Schaik.

Maree, K. & Pietersen, J., 2007b. Statistical analysis I: descriptive statistics. In K. Maree, ed. *First steps in research*. Pretoria: Van Schaik. pp.183 - 196.

Maree, K. & Pietersen, J., 2007c. Surveys and the use of questionnaires. In K. Maree, ed. *First Steps in Research*. Pretoria: Van Schaik. pp.155-69.

Maree, K. & van der Westhuizen, C., 2012. Planning a research proposal. In K. Maree, ed. *First steps in Research*. Pretoria: Van Schaik. pp.23 - 45.

McGahan, D., 2011. *Ponoko*. [Online] Available at: <http://blog.ponoko.com/2011/05/14/aerospace-industry-adopting-3d-print-technology/> [Accessed 14 May 2011].

McLaughlin, C., 2008. Career connections. *Technology and Children*, 13(2), pp.8 - 9.

McNiff, J., 2012. *jeanmcniff.com*. [Online] Available at: <http://www.jeanmcniff.com/ar-booklet.asp> [Accessed 13 September 2012].

McNiff, J., 2012. *jeanmcniff.com*. [Online] Available at: <http://www.jeanmcniff.com/ar-booklet.asp> [Accessed 13 September 2012].

McNiff, J. & Whitehead, J., 2005. *Action Research for Teaching*. London: David Fulton.

Mechanical Engineering, 2011. *Rapid Prototyping / History / Prototyping Technologys*. [Online] Available at: <http://www.mechanicalengineeringblog.com/1408-rapid-prototyping-history-prototyping-technologies/> [Accessed 27 December 2011].

Millet, C., Payne, D., Dwyer, C. & Stickler, L., 2008. *A Culture of Evidence*. Princeton: ETS.

Mims, C., 2010. *Technology review*. [Online] Available at: <http://www.technologyreview.com/blog/mimssbits/25931/> [Accessed 12 February 2012].

Nieuwenhuis, J., 2007. Analysing Qualitative data. In K. Maree, ed. *First Steps in Research*. Pretoria: Van Schaik.

Nieuwenhuis, J., 2012. Qualitative research designs and data gathering techniques. In K. Maree, ed. *First Steps in Research*. Pretoria: Van Schaik. pp.15-20.

Oberholser, H., 2007. *Onderwysers se derleefde ervaring van werksbevreeding in die onderwys*. Master Thesis. Universiteit van Pretoria. Pretoria.

Odendal, F. et al., 1994. *HAT: Verklarende Handwoordeboek van die Afrikaanse Taal*. Midrand: Perskor.

Park, T. & van der Merwe, A., 2009. The transformative role of ICT in higher education: A case study of the alignment of educational technology utilization with the vision of Stellenbosch University. *South African Journal of Higher Education*, 23(2), pp.356-72.

Patil, R. & Kumar, S., 2012. Computer Aided Engineering and Machine Drawing: a modern method. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2(2), pp.427 - 430.

Patrick, B., Hisley, J. & Kempler, T., 2010. The Journal of Experimental Education. "What's Everybody So Excited About: The Effects of Teacher Enthusiasm on Student Intrinsic Motivation and Vitality, 68(3), pp.217-36.

Peels, J., 2009. *3D printed circuit board*. [Online] Available at: <http://www.shapeways.com> [Accessed 27 December 2011].

Pfaffman, J., McCoy, S. & Sutton, S., 2010. *The Instructional Use of Blackboard Among Undergraduate Students and Their Instructors. Research Report.* Tennessee: University of Tennessee College of Education, Health and Human Sciences Instructional Technology, Health and Educational Studies.

Pink, D., 2009. *TED Dan Pink on the surprising science of motivation.* [Online] Available at: http://www.ted.com/talks/dan_pink_on_motivation.html [Accessed 8 April 2012].

Planchard, M., 2013. *SolidWorks Japan Starts Young Engineers At Age 9.* [Online] Available at: <http://blogs.solidworks.com/teacher/> [Accessed 5 January 2013].

Plastics Technology, 2009. *Plastics Technology.* [Online] Available at: <http://www.ptonline.com/articles/additive-manufacturing-new-capabilities-for-rapid-prototypes-and-production-parts> [Accessed 27 October 2012].

Prineas, M. & Cini, M., 2011. *The Role of Technology in Improving Student Outcomes.* Occasional Paper # 12. Champaign: NILOA National Institute for Learning Outcomes Assessment.

Rapid Prototyping Center, 2013. *Laminated Object Manufacturing.* [Online] Available at: http://www.rpc.msoe.edu/machines_lom.php [Accessed 9 December 2013].

Rapid Today, 2009. *Rapid Today.* [Online] Available at: <http://www.rapiddtoday.com/GIS-3D-Printing.html> [Accessed 12 February 2012].

Reffold, C.N., 1998. Teaching and Learning Computer Aided Engineering Drawing. *Tempus publication*, 14(4), pp.276-81.

Respondus, 2010. *Creating Exams and Surveys with Respondus.* [Online] (1) Available at: <http://www.csulb.edu/lats/itss/bb/faculty/respondus.html> [Accessed 4 April 2012].

Respondus, 2010. *Creating Exams and Surveys with Respondus.* [Online] Available at: <http://www.csulb.edu/lats/itss/bb/faculty/respondus.html> [Accessed 4 April 2012].

RSA DoE (Republic of South Africa. Department of Education), 2005. *National Curriculum Statement.* Tshwane: Government Printer.

RSA DoE (Republic of South Africa. Department of Education), 2008. *National Curriculum Statement Grade 10 -12 (General).* Tshwane: Government Printer.

RSA DoE (Republic of South Africa. Department of Education), 2011. *Curriculum and Assessment Policy Statement Grade 10 -12 EGD*. Pretoria: Government Printer.

Saenz, A., 2011. *Origo's 3D Printer Could Be The Last Toy Your Ten Year Old Will Ever Need*. [Online] Available at: <http://singularityhub.com/2011/10/12/origos-3d-printer-could-be-the-last-toy-your-ten-year-old-will-ever-need/> [Accessed 12 February 2012].

SAQA (South African National Qualifications Framework), 2012. *Level Descriptors for the South African National Qualifications Framework*. Pretoria: SAQA.

Schreyer, A., 2013. *SketchUp*. [Online] Available at: <http://www.sketchup.com/education/grants/k-12> [Accessed 7 August 2013].

Shan, L., 2013. *Stuff.co.nz*. [Online] Available at: <http://www.stuff.co.nz/technology/gadgets/9007795/3D-printing-reaches-tipping-point> [Accessed 6 August 2013].

Shapeways, n.d. *Gallery Jewelry*. [Online] Available at: [http://www.shapeways.com/gallery?mg\[page\]=2#mg](http://www.shapeways.com/gallery?mg[page]=2#mg) [Accessed 12 February 2012].

Shore, B., 2009. *Boeing 777*. [Online] Available at: www.globalprojectstrategy.com [Accessed 23 December 2011].

Smith, M.K., 2007. *Action Research*. [Online] Available at: <http://www.infed.org/research/b-actres.htm> [Accessed 11 September 2009].

Smith, M.K., 2007. *action research*. [Online] infed (3) Available at: <http://www.infed.org/research/b-actres.htm> [Accessed 11 September 2009].

Spady, W., 2004. Using the SAQA Critical Outcomes to empower learners and transform education. *Perspectives in Education*, 22(2), pp.165-77.

Spatial, 2011. *3D ACIS Modeling*. [Online] Available at: <http://www.spatial.com> [Accessed 26 December 2011].

Stackpole, B., 2010. *Urbee to Be First 3-D Printed Car*. [Online] Available at: http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=229860 [Accessed 31 January 2012].

Starr, B., 2013. *3D Printing to the rescue*. [Online] Available at: <http://www.visualnews.com/2012/09/18/3d-printing-to-the-rescue-bald-eagle-gets-new-beak/> [Accessed 18 September 2012].

- Strydom, H., 2011. Participatory action research. In J. Reid, ed. *Research at Grass Roots*. 4th ed. Pretoria: Van Schaik. pp.473 - 489.
- Sutherland, I.E., 2003. *Sketchpad*. Technical report. Cambridge, United Kingdom: University of Cambridge Computer Laboratory Massachusetts institute of Technology.
- Svinicki, M.D., 2003. *New Directions in Learning and Motivation*. Austin: Department of Educational Psychology at the University of Texas Austin.
- Talley Group, 2012. *Importance of CAD Knowledge in the Engineering World Today*. [Online] Available at: <http://www.thetalleygroup.com/2012/05/importance-of-cad-knowledge-in-the-engineering-world-today/> [Accessed 28 Desember 2012].
- Team TeamUSA, 2011. *Dipity*. [Online] Available at: <http://www.dipity.com/TeamTeamUSA/3D-Printing-in-2010/?mode=fs> [Accessed 17 February 2012].
- The Economist, 2012. *A machine that prints organs is coming to market*. [Online] Available at: <http://www.economist.com/node/15543683> [Accessed 18 February 2010].
- Tight, M., 2012. Discipline and theory in higher education research. *Research Papers in Education*, 1(1), pp.1-18.
- Trotman, A. & Warman, M., 2013. *Maplin to sell first 3D printer for use in the home*. [Online] Available at: <http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/retailandconsumer/10167019/Maplin-to-sell-first-3D-printer-for-use-in-the-home.html> [Accessed 8 July 2013].
- Tucker, C., 2013. Teachers Guide to Using Videos. *MindShift*, 1(1), pp.1 - 17.
- University of New York, 2012. *Guide to Taking Sample Final Exams Online Using Maple TA*. [Online] Available at: <http://www.cuny.edu/academics/testing.html> [Accessed 21 October 2013].
- Unver, E., 2006. Strategies for the Transition to CAD Based 3D Design Education. *Computer-Aided Design & Applications*, 3(1-4), pp.323-30.
- Van der Walt, M. & Kruger, J., 2010. *Grondslae van Opvoedkundige*. Potchefstroom: The Platinum Press.
- Van Leeuwen, J. & Du Plooy, D., 2013. *Engineering Graphics and Design 12 Textbook*. Kaapstad: Allcopy Publishers.

van West, A., 2012. *3D printing in school - Young students print their own head*. [Online] Available at: <http://www.3ders.org/articles/20120211-3d-printing-in-school-young-students-print-their-own-head.html> [Accessed 29 Desember 2012].

Welman, C., Kruger, F. & Mitchell, B., 2011. *Research Methodology*. 3rd ed. Cape Town: Oxford.

Zongyi, Z., Kaiping, F. & Bing, C., 2003. The Modern Education Mode for Engineering Drawing. *Journal for Geometry and Graphics*, VII, pp.121 - 128.

Addendum 1.1: ETHICAL CLEARANCE APPLICATION

Faculty of Education
Ethics Office



Room 13
Winkie Direko Building
Faculty of Education
University of the Free State
P.O. Box 339
Bloemfontein 9300
South Africa

T: +27(0)51 401 9922
F: +27(0)51 401 2010

25 August 2011

ETHICAL CLEARANCE APPLICATION:

DIE INTEGRASIE VAN REKENAAR-ONDERSTEUNDE TEKENINGE (ROT) AS 'N HULPMIDDEL IN DIE ONDERRIG VAN IGO ONDERWYSSTUDENTE BY 'N UNIVERSITEIT VAN TEGNOLOGIE.

Dear Mr W J Viljoen

With reference to your application for ethical clearance with the Faculty of Education, I am pleased to inform you on behalf of the Ethics Board of the faculty that you have been granted ethical clearance for your research.

Your ethical clearance number, to be used in all correspondence, is:

UFS-EDU-2011-0048

This ethical clearance number is valid for research conducted for one year from issuance. Should you require more time to complete this research, please apply for an extension in writing.

We request that any changes that may take place during the course of your research project be submitted in writing to the ethics office to ensure we are kept up to date with your progress and any ethical implications that may arise. At the conclusion of your research project, please submit a project report stating how the research progressed and



confirming any changes to methodology or practice that arose during the project itself. This report should be under 500 words long and should contain only a brief summary focusing primarily on ethical considerations, issues that may have arisen and steps taken to deal with them during the course of the research. Upon receipt of this report, a final ethical clearance certificate will be issued to you, which will form part of your final dissertation.

Thank you for submitting this proposal for ethical clearance and we wish you every success with your research.

Yours sincerely,

Andrew Barclay
Faculty Ethics Officer

Addendum 4.1: STUDENT LETTER OF CONSENT FOR QUESTIONNAIRE

UNIVERSITY OF THE FREE STATE

Dear Sir/Madam

Thank you for taking the time to complete the following questionnaire on the CAD course . All the third year Graphic students at the Central University of Technology are requested to complete this questionnaire. The purpose of the survey is to investigate the purpose of CAD, as a tool, in Engineering Graphic and Design. The survey will also help to address and improve the CAD curriculum in the future. The information you provide will be used to help improve the content of the CAD course and to monitor the quality of the program. All the data collected for the purpose of this study will be treated with the utmost confidence and your identity will remain anonymous.

Addendum 4.2: STUDENT LETTER OF CONSENT FOR INTERVIEW

UNIVERSITY OF THE FREE STATE

CONSENT TO PARTICIPATE IN A INTERVIEW AS PART OF THE STUDY ON THE INTEGRATION OF COMPUTER-AIDED DRAWINGS TO ASSIST IN TEACHING EDUCATION STUDENTS IN ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN AT A UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.

The purpose of this interview and the nature of the questions have been explained to me.

In order to collect this information I have been told that I will be asked a number of questions regarding: The teaching and learning experience of CAD and 3D printing in the Engineering Graphics and the Design class at the Central University of Technology.

The purpose of the interview is to investigate the purpose of CAD, as a tool, in Engineering Graphic and Design. The interview will also help to address and improve the CAD curriculum in the future. The information I provide will be used to help improve the content of the CAD course and to monitor the quality of the program. All the data collected for the purpose of this study will be treated with the utmost confidence and my identity will remain anonymous.

I consent to take part in the interview about my CAD training experiences. I also consent to be recorded during this interview. My participation is voluntary and I understand that I am free to discontinue my participation in this interview at any time. None of my experience or thoughts will be shared to anyone outside this interview. The information that I provide

during the interview will be kept confidential from other people so that I cannot be identified.

My participation is anonymous.

Printed name

DATE

Signature

Witness signature

DATE

Addendum 5.1: QUESTIONNAIRE 1st YEAR (2010) ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN STUDENTS

UNIVERSITY OF THE FREE STATE

Dear Sir/Madam

Thank you for taking the time to complete the following CAD course questionnaire. All the respondents on this questionnaire will be done by the first year Graphic students of the Central University of Technology Free State. The purpose of the survey is to investigate the influence of CAD, as a tool, in Engineering Graphic and Design. The survey will also help to improve the CAD curriculum in the future. The information you provide will be used to help improve the content of the CAD course and monitor the quality of the program. Every respondent will stay anonymous and the respondents identity will be treated with respect. Your participation is estimated of great value.

1. What is your age on this moment?

- a. Between 16 - 19 years
- b. Between 20 - 25 years
- c. Between 26 - 30 years
- d. Between 30 -35 years
- e. Older than 36

2. What year of school are you in?

- a. Graphics I
- b. Graphics II
- c. Graphics III

3. What is your gender?

- a. Male
- b. Female

4. Was the difficulty of the CAD course inline with your expectation?

- a. Yes
- b. No
- c. Maybe

5. Are you eager to learn more about CAD?

- a. Yes
- b. No

5.1. If no why not?

6. Did you priorly use other CAD programs. Indicate what programs.

- a. TurboCAD
- b. Auto CAD
- c. Solids Works
- d. Alley CAD
- e. ProEngineer
- f. SolidEdge
- g. SmartDraw
- h. CADpro
- i. Autodesk
- j. Sketchup
- k. Other CAD program not mentioned

7. When did you use a CAD program for the first time?

- a. At High school
- b. At the university
- c. Did a Cad coarse
- d. Learn yourself a CAD program
- e. Any other place

8. Would you recommended this course to other students?

- a. Yes
- b. No

8.1. If no why not?

Answer:

9. In what ways could the course be improved?

Answer:

10. Do you have enough skills to use CAD for 2D drawings?

- a. Yes
- b. No

10.1 If no why not?

Answer:

11. Do you have enough skills to use CAD for 3D drawings?

- a. Yes
- b. No

11.1 If no why not?

Addendum 5.2: QUESTIONNAIRE 2nd YEAR (2011) ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN STUDENTS

UNIVERSITY OF THE FREE STATE

Dear Sir/Madam

Thank you for taking the time to complete the following CAD course questionnaire. All the respondents on this questionnaire will be done by the second year Graphic students of the Central University of Technology Free State. The purpose of the survey is to investigate the influence of CAD, as a tool, in Engineering Graphic and Design. The survey will also help to improve the CAD curriculum in the future. The information you provide will be used to help improve the content of the CAD course and monitor the quality of the program. Every respondent will stay anonymous and the respondents identity will be treated with respect. Your participation is estimated of great value.

1. What is your age at this moment?

- a. Between 16 - 19 years
- b. Between 20 - 25 years
- c. Between 26 - 30 years
- d. Between 30 -35 years
- e. Older than 36

2. What year of school are you in?

- a. Graphics I
- b. Graphics II
- c. Graphics III

3. What is your gender?

- a. Male
- b. Female

- 4. Are you eager to learn more about CAD?**
- a. Yes
 - b. No
- 5. Which of the following education methods do you have a predilection:**
- a. The use of video material to teach CAD.
 - b. A lecturer that teach you to use CAD.
 - c. A combination of a lecturer and video material to teach CAD.
- 6. Do you have enough knowledge to teach Turbo CAD 2D to Gr 10 to Gr 12 Engineering Graphics and Design learners.**
- a. Yes
 - b. No
- 7. Do you prefer to draw mechanical and civil drawings on CAD.**
- a. Agree
 - b. Disagree
- 8. Did you have access to a computer at home.**
- a. Yes
 - b. No
- 9. Did you have access to a CAD program at home.**
- a. Yes
 - b. No
- 10. Where did you do your CAD assignments after class.**
- a. Personal computer at home.
 - b. In the graphic class
 - c. At a friend
 - d. Elsewhere
- 11. What improvement could you suggest to improve the CAD class.**

Addendum 5.3: QUESTIONNAIRE 3rd YEAR (2012) ENGINEERING GRAPHICS AND DESIGN STUDENTS

UNIVERSITY OF THE FREE STATE

Dear Sir/Madam

Thank you for taking the time to complete the following questionnaire on the CAD course. All the third year Graphic students at the Central University of Technology are requested to complete this questionnaire. The purpose of the survey is to investigate the purpose of CAD, as a tool, in Engineering Graphic and Design. The survey will also help to address and improve the CAD curriculum in the future. The information you provide will be used to help improve the content of the CAD course and to monitor the quality of the program. All the data collected for the purpose of this study will be treated with the utmost confidence and your identity will remain anonymous.

Biographical information

1.1 How old are you?

- a. Between 17 - 19 years
- b. Between 20 - 21 years
- c. Between 22 - 23 years
- d. Between 24 - 25 years
- e. Older than 25

1.2 What is your gender?

- a. Male
- b. Female

2. Availability of software

2.1 All the necessary equipment for performing CAD tasks during classes were always available?

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

2.2 The computers and software are in good condition and conducive to (good for) learning?

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

2.3 Which of the CAD drawings did your experience as the most difficult?

- a. 2D CAD drawings.
- b. 3D CAD drawings.

2.4 Mark the electronic devices that you have access to:

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

2.5 I have access to the following CAD program(s) at home.

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

2.6 In your opinion, should 2D or/and 3D CAD be taught in Engineering Graphics at school level in Gr 10 - 12?

- a. Yes
- b. No

2.6.1 Explain your answer.

3 Teaching and learning of CAD

3.1 Current developments in this field of CAD are regularly highlighted by the lecturer.

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

3.2 The lecturer explains aspects of CAD well.

Strongly Agree

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

3.3 In the Engineering Graphics and Design class we focus more on CAD drawings than on drawings by hand

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

3.4 The knowledge that you have gained in 2D and 3D CAD is sufficient to draw any of the hand drawings, that you did in EGD, on CAD?

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

3.5 Will you be able to teach 2D and 3D CAD at a school with the knowledge that you have gained these past three years?

- a. Yes
- b. No

3.5.1 Explain your answer

4 Teaching and learning material on CAD

4.1 The CAD learning materials that are used at the CUT are of a high standard (good quality)

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

4.2 Handouts on CAD helps me to understand the learning material more clearly

Strongly Agree

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

4.3 Course materials on CAD are relevant and up to date.

Strongly Agree

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

4.4 I regularly access CAD course content on eThuto (Learning management system (LMS)).

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

4.5 I regularly submit CAD assignments on eThuto (LMS)

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

4.6 I often make use of the following CAD resources?

Video material

- a. Turbo CAD training user guide in combination with the video material
- b. Turbo CAD user guide

4.7 Do you make use of the video tutorials in the CAD course?

- a. Yes
- b. No

4.8 If your answer is yes please explain how you benefited by using the video tutorial material.

4.9 When was the instructional video material on CAD the most useful?

- a. During the 2D course
- b. During the 3D course
- c. During both the 2D and 3D course

4.10 In your opinion, can CAD be taught by only making use of the instructional video material?

- a. Yes
- b. No

4.11 Explain your answer.

4.12 The video material on the use of CAD is sufficient to help students with their assignments?

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

4.13 Would you prefer to follow the whole CAD course on video without a tutor or lecturer?

- a. Yes
- b. No

4.13.1 Explain your answer

4.14 Do you think the lecturer can be replaced by the instructional video's on CAD?

- a. Yes
- b. No

4.14.1 Please explain your answer

4.15 Did you always understand the content of the CAD video material?

- a. Yes
- b. No

4.16 If you answered no please explain why

4.17 Is it necessary for the lecturer to explain the video's afterwards?

- a. Yes
- b. No

4.17.1 Explain your answer.

4.18 Please provide any other comments that you have on the use of the instructional video's on CAD

5 The use of CAD in the future

5.1 CAD will be increasingly in demand in the future.

- a. Strongly Agree
- b. Agree
- c. Neither Agree nor Disagree
- d. Disagree
- e. Strongly Disagree

5.2 In your opinion, were sufficient time spent on CAD training during your past three years of training?

- a. Yes
- b. No

5.3 Explain your answer

5.4 Are you satisfied with the current CAD course?

- a. Yes
- b. No

5.5 Explain your answer.

5.6 Are there any recommendations you would like to make about the the three year CAD course in Graphics at the Central University of Technology?

END OF QUESTIONNAIRE

THANK YOU FOR YOUR WILLINGNESS TO PARTICIPATE IN THIS STUDY

Addendum 5.4: WORKSHOP FEEDBACK

WHAT WOULD YOU LIKE THE INSTRUCTOR TO KNOW ABOUT THE CAD WORKSHOP.

“The workshop was an eye-opener and I've learned a lot in the past 5 days. I now feel more confident to train teachers on graphics. This was a workshop worth to attend. I wish I could get hold of the CAD programmed so that I can practice everyday.

It was fine and interesting to learn about CAD and I relished that CAD can be used to supplement technology.

Well prepared for every day! Thank you!

VERY INTERESTING.

I was so impressed and inspired to work and learn more about CAD

To work slower as I don't know the software and maybe have a manual giving the learner step-by-step instructions on where to click when doing a specific task. But otherwise an exciting experience. Thank you.

It was indeed interesting. The biggest challenge is the fact that 95% of schools and districts don't have all this kinds of facilities so you can see how frustrating it is.

This is interesting and can be a practical solutions to learners not able to go further with their studies. I believe if I can practice more I will use this to better the disadvantaged community I'm working with.

I would like more exposure to CAD

To spend more time on the icons on his computer screen, its confusing sometimes”

WOULD YOU PREFER TO DO THE WHOLE CAD COURSE ON VIDEO WITHOUT A COURSE INSTRUCTOR?

“When work needs to be explained learners or students must also have the opportunity to ask questions and follow-up questions where relevant and this won't be possible if the instructor himself/herself is not available. With regard to the video's it was too fast - especially if one is still learning how to use the CAD programmed.

Sometimes the video would not address a specific issue clearly, if a course instructor is around I could ask for more support.

Sometimes the instructor might not be available to conduct the course and in that case tutorials will;AI come handy but I would pre fare the tutor.

I believe I still need an instructor to help with today's lesson to fully utilize it and fully understand it.

There are clarify seeking questions that need to be discussed during the lesson.

Personal assistance for me is important.

Because you can redo the mistakes and do it over again

IT WILL BE VERY DIFFICULT TO UNDERSTAND. I NEED AN INSTRUCTOR TO GUIDE ME.

The instructor explains more on concepts that are not familiar.

It will be preferable to have an instructor. However due to the distance I can try to learn through video presentation and ask for clarity and explanations from the linked instructor.”

ARE THERE ANY RECOMMENDATIONS YOU WANT TO MAKE FOR CAD IN THE WORKSHOP?

“NO

No

I think the training was excellent and something new

No, thanks. Thank you for a learning experience!

CAD should be made available to schools

Not too much of information to be given to the participants on one day. At least two concepts per day. Accommodate slow-learners. Don't just focus to those that have a better understanding on the concepts and leave others behind. Remember all learners

can learn BUT not at the same time or pace. be aware of that and also take into consideration that if a child is excluded he become bored. Thank you for the information I have gained in third angle, first angle and oblique.

Work slower and have the manual compiled- not in paragraphs but rather in bullets - easier to grasp and to apply.

No.

None so far.”

DO YOU THINK 3D PRINTERS COULD ADD ANY VALUE TO TECHNOLOGY IN SCHOOLS?

“This will enhance learners' understanding of the application an purpose of design and design drawings. Currently Technology teaching at school doesn't integrate the real world into the class room.

I was quit excited and proud of myself when I saw the 3D printout of my design. I think the learners will enjoy and have much more interest in the subject.

More learners will be inspired to offer the subject, if their designs can be printed as real products

Technology is all about bringing real life solutions to problems to reality. Learners can construct accurate models they have developed to solve the problems in 3D.

IT IS MOTIVATING TO SEE YOUR OWN DESIGN PRINTED.

Learners may be exposed to designing and printing of their designs will assist in making them aware that technology is not only a subject but they can use it to solve problems and to fulfill their needs.

Learners would realize the value of the design process when a prototype / model of the designed product is printed.

Learners are not interested in technical subjects and technology because there are no resources to teach learners technology and educators are not knowledgeable of the subject .If these printing machines are bought for schools ,they will help our learners to be on par with international standards and their interest and learning of the subject will be improved.

learners will understand better and whatever they have design they can print it.

Teachers' and learners' interest can be stimulated exponentially by seeing the products of their efforts.”

WILL A 3D PRINTER BE OF ANY VALUE IN THE TECHNOLOGY CLASS?

“As mentioned above and also that the class teacher can have control over the printer. This will mean that the printer can be well looked after and its functionability will be prolonged.

In order for them to print their models.

Learners are not interested in technical subjects and technology because there are no resources to teach learners technology and educators are not knowledgeable of the subject .If these printing machines are bought for schools ,they will help our learners to be on par with international standards and their interest and learning of the subject will be improved

Learners are very keen to learn, this tool will help them to keep up with a rapid changing society

Learners will have a better understanding of a 3D dimension

Same answer as in Q 23: This will enhance learners' understanding of the application and purpose of design and design drawings.

IN TECHNOLOGY WE DESIGN AND MAKE . PRINTING IS FASTER WAY OF MAKING OUR MODELS.

Learners would realize the value of the design process when a prototype / model of the designed product is printed.

Learners will have real objects as solutions to problems.

Learners will be able to print their ideas”

IS THERE ANY RECOMMENDATION THAT YOU WANT TO MAKE ON THE CONTENT OF THE WORKSHOP?

“The drawing should present elementary to more advance questions, especially when someone is not so confident in a specific area of graphic communication.

IF WE CAN GET EXAMPLES OF ISOMETRIC DRAWING AND DO PERSPECTIVE ON THEM . THE STANDARD OF ACTIVITIES WAS VERY HIGH.

I think the content is Ok.

Content is just fine.

At least 4 students from the university should have been organized as helpers so that more time was given to those who struggles

Slower progression from easy to difficult to ensure basic knowledge is consolidated before moving to more advanced drawings.

I think the organization and implementation was excellently done.

It was very good.If the tutor is put on DVD it will help teachers who are struggling with the CAD at schools as well as Graphic Communications.ERC's can do with such DVD's as they are responsible for teacher training.

If possible provide more "rules" on each type of drawing so that when a person struggles to do a drawing these so-called rules can be applied an hopefully it might help to get to the answers easier.

Very relevant and informative however more time should be allocated for practical activities”

IS THERE ANY RECOMMENDATION YOU WANT TO MAKE TO THE PRACTICAL ASSIGNMENTS OF THE WORKSHOP?

“Relevant

None. Very good assistance and guidance given.

They are very good.

The practical assignment are Ok, keep it up.

If possible provide more "rules" on each type of drawing so that when a person struggles to do a drawing these so-called rules can be applied an hopefully it might help to get to the answers easier and provide memoranda at an earlier stages so that students can compare their answers to these memos.

Excellent!”

WILL YOU RECOMMEND THIS WORKSHOP FOR ANY TECHNOLOGY TEACHER?

“The hands on parts will definitely change and motivate educators to give 100% Subject Advisors as well as teachers need this workshop more often as Graphic Communication is a Content Area that is over looked by most schools due to lack of knowledge from teachers and Subject Advisors ,this is a need for all teachers.

Explanation was good to most of the aspect, and they will see Tech live.

What was done in this workshop links nicely with the skills the learners are supposed to master as per the policy requirements.

I would really be HAPPY if the presenter can be available if districts want to invite him to conduct this workshop to schools, he was just excellent

Teachers will have a much better understanding of design and drawing techniques.

Teachers will start taking Technology seriously in schools.

The workshop will be a hands on experience to the teacher who is not confident in graphic communication and was not trained in Technology when the teacher studied.

Most Tech-teachers must be encouraged to attend this course in order to strengthen their understanding. However the authority (MEC, HOD, Chief Director, Directors, Curr- CES) should be orientated as well to let them understand the importance of Technology.

Most teachers have the minimum background and if they attend it will be good for their development but more basic exercises need to be done first before the more advanced examples are attempted.

TEACHERS MUST BE EXPOSED TO ADVANCED TECHNOLOGY.”

Addendum 5.5: INTERVIEW QUESTIONS FOR THIRD YEAR STUDENTS IN ENGINEERING GRAPHIC AND DESIGN

1 INTRODUCTION

1.1 Welcome

1.2 Did you enjoy studying at the CUT

2 CAD

2.1 Would you recommend the CAD module course to other students? Explain your response.

2.2 What do you think of the sustainability of CAD in schools?

2.3 Which of the following teaching methods/aids do you have a predilection and why?:

- Video material
- Turbo CAD training user guide in combination with the video material
- Turbo CAD user guide

2.4 Which of the CAD drawings did your experience as the most difficult and why?

- 2D CAD drawings.
- 3D CAD drawings

2.5 How did you benefit from the following CAD resources?

- Video material
- Turbo CAD training user guide in combination with the video material
- Turbo CAD user guide

2.6 In your opinion, should 2D or/and 3D CAD be taught in Engineering Graphics at school level in Gr 10 - 12? Explain your answer.

2.7 Do you feel equipped to teach CAD at school? Explain your answer

3 SUSTAINABILITY OF 3D PRINTING IN SCHOOLS

3.1 How was your experience with 3D printing?

3.2 What was your best experience of the groupwork in the designing, drawing and 3D printing assignment and why was it your best experience ?

3.3 What was your worst experience of the groupwork in the designing, drawing and 3D printing assignment and why was it your worst experience?.

3.4 Will it be necessary to have a 3D printer in a CAD class? Explain your answer.

3.5 How can you use a 3D printer in a school or CAD class?

3.6 How can a CAD class benefit from a 3D printer in a school?

4 In what ways could the CAD course be improved?

5 In the 3 years attending the CAD classes at the CUT:

5.1 What did you enjoy most about the CAD class?

5.2 What did you enjoy least about the CAD class?

Thank you for the participation in this interview.

Addendum 5.6: VERKLARING VAN TAALPRAKTISYN

28 Januarie 2014

Hiermee verklaar ek dat ek die taalkundige versorging van die verhandeling, **DIE INTEGRASIE VAN REKENAARONDERSTEUNDE TEKENINGE AS HULPMIDDEL IN DIE ONDERRIG VAN ONDERWYSSTUDENTE IN INGENIEURSGRAFIKA EN – ONTWERP** deur Wynand Johannes Viljoen, gedoen het.

HBezuidenhout

Dr MJ (Hannamarie) Bezuidenhout (PhD [GBO]; BA [Tale])

Taalpraktisyn

Waverley, Bloemfontein

e-mail: bezuidenhouth@ufs.ac.za

Selfoon: 0724360299