

# Van beroepsbeeld naar complex leren

Een implementatie van het 4C/ID-model voor industriële automatisering



Paul Brandse

Augustus 2015

Bewust leeg

# **Van beroepsbeeld naar complex leren**

Een implementatie van het 4C/ID-model  
voor industriële automatisering

**Paul Brandse**

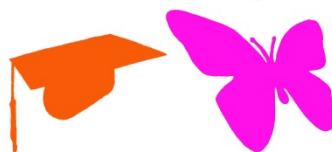
## **Masterthesis**

Rapportage van een praktijkgericht onderzoek, uitgevoerd in het kader van het  
behalen van de titel Master of Education

**Begeleider: Eric Poldner**

Augustus 2015

**Master Leren & Innoveren**



**Hogeschool Inholland**

Domein Onderwijs, Leren en Levensbeschouwing

Bewust leeg

## Voorwoord

Deze scriptie is geschreven in het kader van het afronden van de Master Leren en Innoveren. Ik heb in dit praktijkonderzoek een literatuurstudie en een ontwerpgericht onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de opleiding Elektrotechniek aan de Hogeschool Inholland Alkmaar. Het doel van het onderzoek was het ontwikkelen van een onderwijsontwerp voor industriële automatisering.

Er zijn verschillende personen die ik wil bedanken voor hun ondersteuning tijdens mijn studie. Allereerst wil ik Eric Poldner bedanken voor de fijne samenwerking in het laatste jaar van de opleiding MLI, zijn stofkam en de tijd en energie voor het geven van uitgebreide feedback op mijn laatste product. Mijn collega masterstudenten Jan, Maaïke en Beïke uit de afstudeerkring voor het geven van adviezen, opmerkingen en feedback.

Verder wil ik mijn collega's uit het team WTB/E bedanken voor de aandacht tijdens de teamvergaderingen, maar enkele van hen wil ik persoonlijk bedanken. Als eerste wil ik Gerrit Jan Donker bedanken voor de tijd die hij heeft genomen om als critical friend tijdens mijn onderzoek op te treden voor het geven van feedback op mijn ideeën en voor zijn luisterend oor en goede raad als ik de juiste woorden even niet kon vinden. Margo van Kemenade om even de ethische kant een zetje in de goede richting te geven en Koen de Cock voor het nalezen van mijn thesis in de afrondende fase van mijn onderzoek wat toch een behoorlijke klus is geweest. Verder wil ik alle respondenten bedanken die hebben meegewerkt in het onderzoek en de bijdrage die zij hebben geleverd aan het meedoen van de interviews, want zonder hun zou mijn onderzoek onmogelijk zijn. Mijn collega's uit het team E die mij altijd van goed advies hebben voorzien, meewerkten aan het onderzoek door in de focusgroep te reflecteren op mijn producten.

Tot slot wil ik mijn vrouw Angela bedanken voor het vertrouwen in mij tijdens mijn studie, haar steun, geduld, haar hulp bij het transcriberen van de interviews en voor het nalezen van mijn thesis. Mijn dochter Ilse voor het nalezen van mijn thesis op grammatica en vreemde zinsconstructies.

Paul Brandse

Haarlem, augustus 2015

Bewust leeg

## Inhoudsopgave

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                              | 5  |
| Samenvatting .....                                           | 9  |
| Lijst met afkortingen .....                                  | 11 |
| 1. Inleiding.....                                            | 12 |
| 1.1. Aanleiding .....                                        | 12 |
| 1.2. Het doel van het onderzoek.....                         | 13 |
| 1.3. Centrale probleemstelling .....                         | 13 |
| 1.4. Leeswijzer .....                                        | 14 |
| 2. Onderzoeksmethode .....                                   | 15 |
| 3. Analyse .....                                             | 16 |
| 3.1. Behoeftanalyse .....                                    | 17 |
| 3.2. Contextanalyse .....                                    | 20 |
| 3.3. Literatuurstudie .....                                  | 23 |
| 3.4. Inspirerende voorbeelden van het onderwijsontwerp ..... | 41 |
| 3.5 Ontwerpspecificaties.....                                | 43 |
| 4. Methodologie.....                                         | 45 |
| 4.1. Keuze instrumenten .....                                | 46 |
| 4.2. Verantwoording instrumenten.....                        | 46 |
| 4.3. Respondenten in het onderzoek.....                      | 49 |
| 4.4. Data-verzameling en analyse .....                       | 50 |
| 4.5. Ontwerpspecificaties.....                               | 66 |
| 5. Ontwerpfase.....                                          | 67 |
| 5.1. Uitwerking van het 4C/ID-model .....                    | 67 |
| 5.2. Vaardigheden hiërarchie.....                            | 71 |
| 5.3. Taakklassen creëren .....                               | 71 |
| 5.4. Leertaken.....                                          | 76 |
| 5.5. Ondersteunende informatie .....                         | 80 |
| 5.6. JIT-informatie .....                                    | 83 |
| 5.7. Deeltaakoefeningen.....                                 | 84 |
| 6. Evaluatie .....                                           | 85 |
| 7. Conclusie en aanbevelingen .....                          | 87 |
| 7.1. Conclusie .....                                         | 87 |
| 7.2. Aanbevelingen .....                                     | 90 |
| 8. Kritische reflectie.....                                  | 91 |
| 8.1. Betrouwbaarheid van het onderzoek .....                 | 91 |

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.2. Validiteit van het onderzoek.....                               | 93  |
| Bibliografie.....                                                    | 95  |
| Bijlage A: Competenties domein Engineering .....                     | 101 |
| Bijlage B: Competentiekaarten elektrotechniek.....                   | 102 |
| Bijlage C: Semigestructureerd interview .....                        | 111 |
| Bijlage D: Focusgroep bijeenkomst team elektrotechniek.....          | 115 |
| Bijlage E: Vacaturescan .....                                        | 119 |
| Bijlage F: Code boom van de vacaturescan.....                        | 125 |
| Bijlage G: Wordle .....                                              | 127 |
| Bijlage H: Resultaten interviews door Verheul .....                  | 129 |
| Bijlage I: Prototype onderwijsontwerp .....                          | 131 |
| Bijlage J: Praktische uitvoering van vergelijkbare taakklassen ..... | 135 |

## Samenvatting

Het is de maatschappelijke verantwoordelijkheid van hogescholen om startbekwame afgestudeerden voor te bereiden op een leven lang leren in de maatschappij. Het beroepenveld van de afgestudeerde verandert echter snel. Studenten worden daarom geacht, toegerust met de meest actuele kennis, een onderzoekende houding en kennis en vaardigheden op het gebied van methoden en technieken, de arbeidsmarkt te betreden (Andriessen, Onstenk, Delnooz, Smeijsters, & Peij, 2010).

Sinds de invoering van competentiegericht onderwijs in 2003 (Hogeschool Inholland, 2003) bij de opleiding elektrotechniek in Alkmaar is in het onderwijs weinig veranderd. Het onderwijs wordt vanuit traditionele vakken gegeven, met als toevoeging een project - dat door docenten is ontworpen - om kennis, vaardigheden en attituden in groepsverband te oefenen, zonder te kijken naar de ontwikkelingen van de beroepspraktijk waarvoor wordt opgeleid. De opleiding Elektrotechniek heeft in een eerder stadium samen met het regionale bedrijfsleven een verkennend onderzoek uitgevoerd om vanuit het beroepsbeeld een vertaling te maken naar competenties, met behulp van kernproblemen uit de beroepspraktijk.

In het onderzoek dat in deze thesis wordt gerapporteerd worden mogelijkheden verkend om vanuit het beroepsbeeld van de elektrotechnicus een nieuw onderwijsontwerp vorm te geven. Dit alles binnen de gegeven context op het gebied van industriële automatisering, en met het doel een betere afstemming in de conceptuele-, vaardigheden- en integrale leerlijn tussen collega's en dat studenten de samenhang tussen theorie en praktijk beter begrijpen en te laten voldoen aan de eisen die vanuit de beroepspraktijk worden gesteld. Docenten kunnen deze aanpak binnen hun eigen onderwijspraktijk toepassen.

Dit onderzoek is tot stand gekomen door middel van een kwalitatieve onderzoeksmethode in de vorm van het houden van interviews met de beroepspraktijk en het uitvoeren van een vacaturescan naar beroepen in industriële automatisering. De resultaten zijn uitgewerkt als een ontwerpgericht onderzoek (Van den Berg & Kouwenhoven, 2008). De kracht van ontwerpgericht onderzoek is dat de belangen van de stakeholders worden meegenomen in het onderzoek. De focus van het onderzoek is een onderwijsontwerp voor industriële automatisering gerelateerd aan de beroepspraktijk. Het onderzoek bestaat uit drie fasen: een vooronderzoek-, een ontwerp- en een evaluatiefase.

Tijdens het vooronderzoek is op basis van een literatuurverkenning kennis opgedaan voor het ontwerpen van oplossingen voor de onderwijspraktijk. Verder is door middel van een literatuurstudie een conceptueel kader gevormd, met begrippen als competentie, competentiegericht onderwijs, industriële automatisering en onderwijsmodel, om het praktijkgerichte onderzoek te ondersteunen. Vervolgens is een vacaturescan uitgevoerd met als onderwerp '*industriële automatisering*' wat informatie heeft opgeleverd over technische- maar ook persoonlijke kwaliteiten. Verder is onderzocht wat hogescholen in Nederland aanbieden op het gebied van industriële automatisering. De verkregen inzichten uit het vooronderzoek hebben ontwerpspecificaties opgeleverd, die verdeeld zijn in drie categorieën: functionele eisen, gebruikerseisen en randvoorwaarden. De functionele eisen geven aan waar het ontwerp voor moet zorgen. Gebruikerseisen zijn zaken die de docent helpt bij het vormgeven en uitvoeren van het onderwijsontwerp binnen de gegeven context. De randvoorwaarden worden bepaald door de beschikbare middelen, tijd en locatie. Dit zijn harde, niet onderhandelbare eisen waar het ontwerp aan moet voldoen. Na analyse van de ontwerpspecificaties uit de vooronderzoeksfase, is een lijst met ontwerpspecificaties tot

stand gekomen, die is gebruikt bij het maken van het onderwijsontwerp. Verder zijn semigestructureerde interviews met experts gehouden. Deze interviews hebben informatie opgeleverd over verschillende onderwerpen in industriële automatisering zoals sensoren, aandrijvingen en besturingscomputers, maar ook over proceskennis, veiligheid en projectaanpak. In een focusgroep bijeenkomst van kerndocenten elektrotechniek is feedback gekregen op relevantie, consistentie, (verwachte) bruikbaarheid en (verwachte) effectiviteit van het onderwijsontwerp.

Het resultaat van het onderzoek is een eerste prototype van een onderwijsontwerp, gebaseerd op kerntaken en de deeltaken die bij het automatiseren van een productieproces worden doorlopen.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat het ontwikkelen van kerntaken uit de beroepspraktijk (technische competenties) een voorwaardelijk kenmerk is van een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor industriële automatisering in een competentiegerichtte omgeving. Studenten moeten zelf actief bezig zijn kernkwaliteiten en persoonlijke competenties te ontwikkelen in nauwe samenwerking met de beroepspraktijk via een authentieke uitdagende leeromgeving.

## Lijst met afkortingen

| Afkorting | Betekenis                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| ATEX      | ATmosphères EXplosibles                                               |
| CGO       | Competentie Gericht Onderwijs                                         |
| E         | Elektrotechniek                                                       |
| ERP       | Enterprise Resource Planning                                          |
| FAT       | Factory Acceptance Test                                               |
| FPA       | Flexibele Productie Automatisering                                    |
| GAMP      | Good Automated Manufacturing Practice                                 |
| HMI       | Human Machine Interface                                               |
| IA        | Industriële Automatisering                                            |
| IoT       | Internet of Things                                                    |
| ISA       | International Society of Automation                                   |
| MES       | Manufacturing Execution System                                        |
| OPC       | Open Productivity & Connectivity                                      |
| OTIB      | Opleidings- en ontwikkelingsfonds<br>Technische Installatie Bedrijven |
| PL        | Performance Level                                                     |
| PLC       | Programmable Logic Controller                                         |
| R.O.S.    | Robot Operating System                                                |
| RIE       | Risico- Inventarisatie en Evaluatie                                   |
| SAT       | Site Acceptance Test                                                  |
| SCADA     | Supervisory Control And Data Acquisition                              |
| SIL       | Safety Integrity Level                                                |
| TCO       | Total Cost of Ownership                                               |
| TOI       | Techniek, Ontwerpen en Informatica                                    |
| WTB       | Werktuigbouwkunde                                                     |

## 1. Inleiding

De opleiding elektrotechniek, één van de technische studierichtingen binnen het domein Techniek, Ontwerpen en Informatica (TOI) van de Hogeschool Inholland Alkmaar, is in het studiejaar 2013-2014 begonnen met het herdefiniëren van de tweedejaars projecten. In plaats van alleen projecten te baseren op industriële elektronica worden projecten uit het tweede studiejaar nu ook ingericht rondom industriële automatisering (IA). De aanleiding voor het veranderen van deze projecten is het onderzoek '*Van gelijkstroom naar wisselspanning*' van Donker (2013). Het curriculum van de opleiding elektrotechniek wordt vormgegeven vanuit traditionele vakgebieden zoals wiskunde, netwerktheorie en elektronica en minder vanuit het beroepsbeeld. In het onderzoek van Donker is met behulp van de regionale beroepspraktijk een eerste iteratie gemaakt om vanuit het beroepsbeeld een vertaling te maken naar competenties. Voor een onderwijskundig herontwerp is een competentiegerichte analyse van het beroep nodig. Als de opleiding het regionale bedrijfsleven wil bedienen dan is samenwerking en afstemming met deze beroepspraktijk nodig.

In dit onderzoek wordt een voorstel gedaan voor een herijking van een competentieprofiel met behulp van kernproblemen uit de beroepspraktijk. In overleg met het MKB uit de regio Noord Holland is een eerste stap gezet om beroepseisen te beschrijven, die worden gesteld aan een startbekwame elektrotechnische hbo-ingenieur en hoe (beroeps)competenties binnen de opleiding in relatie tot de beroepspraktijk verbeterd kunnen worden.

### 1.1. Aanleiding

De docenten van de opleiding elektrotechniek willen studenten gaan opleiden in twee richtingen: industriële elektronica en industriële automatisering. Tijdens de studie worden op dit moment projecten aangeboden op het gebied van industriële elektronica. In studiejaar 2013-2014 is een start gemaakt met het herontwerpen van projecten binnen het thema industriële automatisering. Het project uit periode 2.4 heeft als thema: het automatiseren van een sorteersysteem en dit project wordt in samenwerking met een bedrijf uitgevoerd. In de voorbereiding van dit project hebben meerdere gesprekken plaatsgevonden tussen de projectleider van school en vertegenwoordigers van het bedrijf wat heeft geleid tot een concrete projectopdracht. Bij de aftrap van het project bij het bedrijf werd de projectopdracht voorgelegd aan de studenten van elektrotechniek. Dit was een eerste stap om studenten in de integrale leerlijn een project op het gebied van industriële automatisering samen met een bedrijf te laten uitvoeren. De volgende stap is onderzoeken welke mogelijkheden de samenwerking biedt voor de conceptuele leerlijn en de vaardighedenleerlijn, die aansluiten op de onderwijskeuze van de opleiding, namelijk Competentie Gericht Onderwijs (CGO). Gezien het opleidingsprofiel, waarin wordt gesproken over leertaken die realistisch en authentiek moeten zijn, ligt het voor de hand om een onderwijskundig model te gebruiken op basis van een taakanalyse om tot een ontwerpstrategie te komen (Van der klink, Boon, & Schlusmans, 2007). Door een integrale aanpak in de conceptuele-, vaardigheden- en de integrale leerlijn ontstaat dan een samenhangend studieprogramma voor de studenten.

Vanuit de regionale beroepspraktijk is gevraagd het huidige curriculum van elektrotechniek uit te breiden en in het onderwijs niet alleen aandacht te geven aan industriële elektronica, maar ook aan industriële automatisering (IA). Het gaat om de invoering van één nieuw vakgebied in het huidige curriculum. In dit onderzoek wordt gekeken wat de invoering van

industriële automatisering binnen de opleiding elektrotechniek betekent en of de invoering binnen de conceptuele-, vaardigheden- en integrale leerlijnen haalbaar is. Verder worden de gevolgen van de invoering van IA onderzocht binnen het huidige curriculum. Er zal in een curriculum vergadering met de kern docenten van de opleiding overleg moeten plaatsvinden over de mogelijkheden die er zijn om een nieuw vak aan het bestaande curriculum toe te voegen. Door het gebruik van een onderwijskundig ontwerp kunnen collega's ervaren of studenten de samenhang tussen theorie en praktijk beter begrijpen en kunnen de collega's dit onderwijsontwerp binnen hun eigen praktijk toepassen.

## 1.2. Het doel van het onderzoek

In dit onderzoek is een eerste prototype van een onderwijsontwerp van industriële automatisering ontwikkeld dat voor de onderlinge samenhang van de conceptuele-, vaardigheden-, en integrale leerlijn van de opleiding elektrotechniek zichtbaar maakt en het beroepsbeeld van de studenten verbetert.

## 1.3. Centrale probleemstelling

De centrale probleemstelling voor dit onderzoek komt voort uit vragen van de opleiding en de beroepspraktijk.

### Hoofdvraag:

Welke kenmerken heeft een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor industriële automatisering in een competentiegerichte omgeving voor de opleiding elektrotechniek in Alkmaar?

Onder '*valide*' wordt verstaan dat het onderwijsontwerp gebaseerd is op wetenschappelijke inzichten en op basis van de kennis en ervaring van experts in het vakgebied. '*Bruikbaar*' betekent dat de ontwerpkenmerken uitvoerbaar en zinvol zijn voor studenten en docenten. '*Effectief*' betekent dat studenten de samenhang zien tussen theorie, praktijk en de integrale leerlijn, het beroepsbeeld voor studenten verbeterd en studenten zicht hebben op het verwerven van de competenties voor het tweede jaar.

De hoofdvraag heeft geleid tot de volgende deelvragen:

### Deelvragen:

- Wat zijn competenties en welke definitie is in de opleiding bruikbaar?  
In het vooronderzoek wordt op basis van literatuuronderzoek (analysefase) naar een definitie voor competentie gezocht die bruikbaar is voor een technische opleiding.
- Wat is het belang van competentiegericht onderwijs (CGO) voor de beroepspraktijk?  
Vanuit de literatuur wordt het belang van CGO binnen de opleiding onderzocht en welke rol de beroepspraktijk hierin speelt.
- Wat is industriële automatisering (IA) en welke onderwerpen zijn bruikbaar in CGO?  
Er is gezocht naar karakteristieke kenmerken binnen industriële automatisering welke binnen het onderwijs als onderwerpen bruikbaar zijn in zowel de conceptuele-, vaardigheden- als integrale leerlijn.
- Welk onderwijsmodel is bruikbaar binnen de gegeven context?  
Er is onderzoek gedaan naar verschillende onderwijsmodellen die staan beschreven in de literatuur, en de keuze van het onderwijsmodel zal voornamelijk worden bepaald door kenmerken vanuit de beroepspraktijk.

#### 1.4. Leeswijzer

Door de opzet van het ontwerpgerichte onderzoek zijn drie fasen in het onderzoek te onderscheiden welke in hoofdstuk twee uiteen worden gezet. In hoofdstuk drie volgt een uitgebreide analyse van de behoefte, context en literatuur. Uit het vooronderzoek volgen ontwerpspecificaties voor het onderwijsontwerp. De literatuurstudie levert een conceptueel kader op dat dient als communicatie- en analysemiddel van het praktijkonderzoek. In hoofdstuk vier komt de methodologie aan de orde met de keuze en verantwoording van de gebruikte onderzoeksinstrumenten waarna een beschrijving van de data-verzameling en analyse volgt. Na de data-analyse worden wederom ontwerpspecificaties afgeleid. In hoofdstuk vijf wordt de ontwerpfase besproken aan de hand van ontwerpspecificaties uit de voorgaande hoofdstukken van het gekozen onderwijsmodel. De laatste stap van het onderzoek is de evaluatie welke in hoofdstuk zes wordt besproken. Hoofdstuk zeven geeft de conclusie en aanbevelingen van het onderzoek en hoofdstuk acht beschrijft de kritische reflectie.

## 2. Onderzoeksmethode

*‘Welke kenmerken heeft een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor het vak industriële automatisering in een competentiegerichte omgeving voor de opleiding elektrotechniek in Alkmaar?’* Dit is een complex probleem waarvoor geen kant en klare oplossing beschikbaar is. Als onderzoeksbenadering is gekozen voor ontwerponderzoek (design based research). Dit type onderzoek heeft als doel om oplossingen te vinden voor complexe problemen in de dynamische praktijk van het onderwijs. Daarbij wordt kennis geproduceerd over wat werkt binnen een specifieke context en waarom. Onderzoek, gedreven door praktijkproblemen, wordt vaak praktijkgericht onderzoek genoemd. Het doel van praktijkgericht onderzoek is om kennis te ontwikkelen die gebruikt kan worden bij het oplossen van die praktijkproblemen. Ontwerpgericht (praktijk)onderzoek zoekt oplossingen voor een praktijkprobleem. Het ontwikkelt kennis voor het ontwerpen van oplossingen in de onderwijspraktijk en leidt tot kwaliteitsverbetering van praktijksituaties (Harinck, 2013).

Een oplossing zal niet na één ontwerproude ontstaan. Typerend voor ontwerpgericht onderzoek is het iteratieve karakter, het synthetiseren van resultaten uit verschillende studies in een ontwerp en de voortdurende afwisseling tussen ontwerpen en onderzoeken (Van Aken & Andriessen, Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek : wetenschap met effect, 2011). Bij ontwerpgericht onderzoek wordt in een herhaalde cyclische aanpak van analyseren, ontwerpen, evalueren en reviseren gehanteerd (prototyping). Op basis van theorie en onderzoek zijn er verwachtingen over het effect van de oplossing. Door de oplossing in een praktijksituatie te implementeren kan worden nagegaan of het prototype functioneert volgens de voorspellingen (Van Aken & Andriessen, Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek : wetenschap met effect, 2011). Kenmerkend van deze onderzoeksmethode is de nauwe samenwerking met de gebruikers. Van den Akker, Gravemeijer, McKenney en Nieveen (2006) benoemen de volgende kenmerken van ontwerponderzoek voor onderwijsmodellen met interventies:

- heeft als doel het ontwerpen van interventies (het onderzoek beoogt interventies te ontwerpen die bruikbaar zijn in de dagelijkse praktijk);
- hanteert een iteratief proces van ontwerpen, evalueren en aanpassen (prototyping);
- is gericht op het begrijpen van de werking van de interventies, waardoor deze kunnen worden verbeterd;
- is sterk gericht op het praktisch gebruik van het ontwerp; nagegaan wordt in welke mate gebruikers het ontwerp relevant en praktisch toepasbaar vinden in de dagelijkse praktijk;
- is gebaseerd op theoretische overwegingen en wil bijdragen aan de theorievorming via het uittesten van de interventie in de praktijk.

Het onderzoek in deze thesis is opgezet vanuit de eerste twee bovengenoemde kenmerken. Vertegenwoordigers van de opleiding elektrotechniek zijn in een eerder gesprek met de beroepspraktijk overeengekomen te onderzoeken welke mogelijkheden industriële automatisering de opleiding kan bieden. Uit de literatuur komt naar voren dat het beroepsonderwijs vanuit brede kerncompetenties zou moeten worden vormgegeven (Onstenk, 1997; Onderwijsraad, 1998). De kracht van ontwerpgericht onderzoek is dat de belangen van de stakeholders worden betrokken bij het onderzoek en de basis vormen van het onderzoek (Van den Berg & Kouwenhoven, 2008). Na elke stap in het onderzoekproces zijn ontwerpspecificaties afgeleid uit de verzamelde data. Van Aken (2011) verdeelt ontwerpspecificaties in vier categorieën: functionele eisen, gebruikerseisen, randvoorwaarden en ontwerpbeperkingen. De functionele eisen bepalen aan welke eigenschappen en prestaties het ontwerp moet voldoen. De gebruikerseisen bepalen de gebruikersvriendelijkheid en geschiktheid van het ontwerp en gaan over de toepassing of het gebruik van het ontwerp. De randvoorwaarden bepalen de harde, niet onderhandelbare eisen die gelden voor het ontwerp. De ontwerpbeperkingen geven beperkingen aan van mogelijke oplossingen voor het ontwerp op grond van specifieke voorkeuren van de

opdrachtgever. Er zijn door de opdrachtgever geen beperkingen opgelegd voor mogelijke oplossingen voor industriële automatisering.

Dit ontwerpgericht onderzoek is opgebouwd in drie fasen: een vooronderzoeksfase, een ontwerpfase en een evaluatiefase (Van den Berg & Kouwenhoven, 2008). In het vooronderzoek staat een verkenning en een analyse van het onderwijsprobleem centraal. Hieruit volgen criteria waaraan een oplossing zou moeten voldoen. In de ontwerpfase vindt de interventie plaats in een cyclisch proces van ontwerpen, evalueren, overleggen en bijstellen.

### 3. Analyse

In de analysefase wordt in het vooronderzoek ingezoomd op vier onderdelen, namelijk een behoefteanalyse, een contextanalyse, een literatuurstudie en het bestuderen van 'good practice' (Van den Berg & Kouwenhoven, 2008). In het vooronderzoek vindt de oriëntatie van het probleem of de behoefte plaats. Het vooronderzoek wordt ingedeeld in vier onderdelen:

1. Een behoefte analyse: het in kaart brengen van het verschil tussen de gewenste en de huidige situatie en het bepalen van een streefrichting.
2. Een contextanalyse: de randvoorwaarden van de opleiding waarin de interventie(s) plaatsvinden in kaart brengen, gericht op een realistisch en haalbaar ontwerp.
3. Een literatuurstudie: een theoretische basis formuleren op basis van wetenschappelijke en/of professionele artikelen.
4. Het bestuderen van goede voorbeelden.

In tabel 1 staan de verschillende fasen van het vooronderzoek, welk middel is gebruikt en wat het doel is van de fase.

**Tabel 1: Fasen in het vooronderzoek**

| Fasen vooronderzoek | Middelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Doel                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Behoeftanalyse      | Overleg met coördinator opleiding E, docenten, verschillende vertegenwoordigers uit het werkveld.<br>Documentanalyse                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Formuleren van criteria waar de interventie aan moet voldoen en gericht is op implementatie/verbeteren van de onderwijspraktijk.                                                                                                                                                                               |
| Contextanalyse      | Documentanalyse:<br>Vacaturescan IA om authenticiteit van leertaken te borgen<br>Wat bieden andere technische hogescholen (WTB en E) in Nederland .<br>Past het vak binnen de opleiding E<br>Overleg met coördinator opleiding E en teamleider E/WTB over tijd, geld en middelen.<br>Interview met docent WTB over het invoeren van industriële automatisering.<br>Interviews met experts uit de beroepspraktijk. | Het onderwijsontwerp moet functioneren binnen het beleid.<br>Het onderwijsontwerp past binnen de afspraken van de opleiding.<br>Het onderwijsontwerp moet door docenten met beperkte tijdsinvestering kunnen worden ingevoerd.<br>De onderwerpen voor het onderwijsontwerp zijn relevant voor beroepspraktijk. |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Literatuurstudie      | Kennisdomein afbakenen, wat is bekend op het gebied IA.<br>In overleg met docenten, expert en werkveld de focus bepalen van de literatuurstudie, formuleren van begrippen waarop kan worden gezocht.<br>Overleg met expert na het geven van een workshop in IA (Sick, Siemens, Lean2succes). | Een beschreven theoretisch kader op basis waarvan een verbetering en acties voor een onderwijsontwerp voor studenten van de opleiding. |
| Inspirerend voorbeeld | Wat bieden andere hogescholen aan. Welk(e) onderzoek(en) kan/kunnen als voorbeeld dienen.                                                                                                                                                                                                    | Het zoeken naar voorbeelden levert ideeën en inspiratie op die gebruikt kunnen worden in dit ontwerp.                                  |

Het doel van dit onderzoek is een antwoord te vinden op de vraag: Welke kenmerken heeft een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor industriële automatisering in een competentiegericht omgeving voor de opleiding elektrotechniek in Alkmaar? Onder oplossing kan worden verstaan: didactische aanwijzingen en/of materialen. Verder wordt de analyse gebruikt voor het vergroten van kennis over de kenmerken van bruikbare en effectieve oplossingen uit de praktijk van het onderwijs (Nieveen, 1999; Plomp & Nieveen, 2009).

In de volgende paragrafen wordt in de behoefte analyse aangegeven vanuit verschillende perspectieven waarom dit onderzoek naar industriële automatisering bij de opleiding elektrotechniek is gestart. Een uitgebreide contextanalyse beschrijft de huidige situatie bij de opleiding waarbij de visie van het domeinplan van techniek, ontwerpen en informatica (TOI) wordt meegenomen. In de literatuurstudie is gezocht naar verklaringen en/of definities voor begrippen uit de deelvragen, zoals competentie, competentiegericht onderwijs, industriële automatisering en onderwijsmodellen om een theoretisch kader te vormen. Dit theoretische kader wordt als referentie gebruikt in het praktijkonderzoek. Als laatste worden twee inspirerende voorbeelden besproken die ingaan op de invoering van competentiegericht onderwijs.

### 3.1. Behoeftanalyse

De invoering van CGO heeft bij de opleiding elektrotechniek nog niet geleid tot een curriculum waar de beroepspraktijk als referentie dient. De opbouw van het curriculum wordt namelijk nog steeds vormgegeven vanuit traditionele vakgebieden. De theorie- en praktijkvakken worden modulair aangeboden, waarbij kennis en vaardigheden vanuit de diverse vakgebieden wordt gedoceerd. Van der Klink, Boon en Schlusmans (2007) benadrukken dat in competentiegericht onderwijs kernopgaven van de beroepspraktijk aan de orde moeten komen. Met kernopgaven worden bedoeld de taken en problemen die tot de kern van het beroep elektrotechnisch ingenieur behoren en in de tijd tamelijk stabiel zijn.

Gesprekken van vertegenwoordigers van de opleiding elektrotechniek en de beroepenveldcommissie (tien personen die het werkveld vertegenwoordigen, die contact onderhouden met de opleiding over ontwikkelingen in het onderwijs en beroepspraktijk)

hebben er toe geleid om het bestaande curriculum ter discussie te stellen. De beroepenveldcommissie geeft aan dat de huidige kennis van de studenten over industriële elektronica toereikend is, maar basiskennis over industriële automatisering ontbreekt (Donker, 2013). Als de regionale beroepspraktijk, wat tevens het afnemende beroepspraktijk is, aangeeft dat in de basisvakken aandacht voor IA ontbreekt dan kunnen vertegenwoordigers van de opleiding onderzoeken welke mogelijkheden beschikbaar zijn voor een betere aansluiting met deze beroepspraktijk.

De teamleider WTB/E heeft in studiejaar 2013-2014 een externe kracht ingehuurd om de integratie van de leerlijn IA bij de opleidingen WTB en E te onderzoeken. De keuze is gevallen op de leerlijn IA omdat in dit vakgebied veel overlappingen zijn aan te wijzen binnen beide opleidingen. Bovendien neemt dit vakgebied een prominente rol in binnen de regionale industrie in Noord Holland. Bij de uitwerking van het onderzoek door Verheul (2013) is gekeken naar de mogelijkheden op technisch vlak en is daarna gekeken naar draagvlak en capaciteit binnen het team. De conclusie van dit rapport is dat invoering van IA op technisch vlak haalbaar is en dat er mogelijkheden zijn om het vak IA te stroomlijnen voor de opleidingen WTB en E, waarbij het lesprogramma van WTB als leidraad kan worden aangenomen voor de opleiding E. Verder zijn gesprekken met de docenten elektrotechniek gevoerd over de invoering van het vak IA en dit idee is positief ontvangen, maar wel met de aantekening of de beschikbare capaciteit in het team toereikend zijn om de extra inspanningen te kunnen leveren. Daarnaast brengt de invoering van het nieuwe vak brengt een verhoging van de studielast voor de studenten mee. Er worden verschillende suggesties in het rapport van Verheul (2013) aangedragen om de studielast van de studenten aan te pakken, maar welke manier wordt uitgevoerd is een beslissing die ligt bij de curriculum commissie van de opleiding. Naast de conceptuele leerlijn is een vaardigheden leerlijn en integrale leerlijn wenselijk voor een duidelijke samenhang tussen theorie en praktijk. Uit de positieve reacties van het team blijkt dat de beslissing om IA in te voeren kan rekenen op draagvlak binnen het docententeam.

Bij de opleiding WTB is industriële automatisering een onderdeel van het huidige curriculum en de opleiding WTB heeft ervaring in het geven van de theorie en de praktijk op het gebied van industriële automatisering. Het invoeren van industriële automatisering bij de opleiding elektrotechniek zorgt voor meer integratie tussen beide opleidingen, waardoor ontwikkelingen op het vakgebied IA in het onderwijs door beide opleidingen ingevuld kan worden. In overleg met de teamleider, het team elektrotechniek en de beroepspraktijk wordt onderzocht wat van een startbekwame elektrotechnische ingenieur wordt gevraagd op het gebied van industriële automatisering en welke onderwerpen invulling kunnen geven aan het vak IA bij E in het huidige curriculum.

Beroepsoefenaars krijgen in het werk te maken met taken die richtinggevend zijn voor het curriculum van een beroepsopleiding. Kerntaken van een beroep worden zichtbaar in kenmerkende beroepssituaties, waarbij complexe problemen situationeel specifiek voorkomen en opgelost moeten worden (Onstenk, 1997). Een kerntaak is een korte, kernachtige omschrijving van wat je moet kunnen om in je beroep en de samenleving te kunnen functioneren. In het onderzoek van Donker (2013) worden werktaken, kerntaken en kernproblemen gezien als beroepseisen voor een Elektrotechnisch hbo-ingenieur. Werktaken of ontwikkelingsgerichte studietaken worden in de funderende fase van het onderwijs aangeboden voor het verwerven van basiskennis en routinehandelingen. Welke taken van de elektrotechnicus als kerntaak worden gezien zijn in overleg met de

beroepspraktijk vastgesteld. De conclusie van het onderzoek van Donker is dat het curriculum van de opleiding elektrotechniek zich richt op de traditionele vakgebieden en minder op het beroepsbeeld. Een startende professional beschikt op het niveau van werktaken over een brede theoretische basis, praktische handvaardigheden en heeft kennis van (basis) wet- en regelgeving, die de fundatie dient te zijn van het curriculum en wordt vormgegeven in leertaken.

Naast de technische vaardigheden zijn in het beroep ook persoonlijke kwaliteiten noodzakelijk (Korthagen & Lagerwerf, 2008). Voorbeelden van persoonlijke kwaliteiten zijn zorgzaamheid, creativiteit, zelfstandigheid, betrokkenheid, flexibiliteit, doorzettingsvermogen, geduld, daadkracht. Deze persoonlijke kwaliteiten worden ook kernkwaliteiten genoemd. Korthagen en Lagerwerf (2008) beschrijven drie verschillen tussen vaardigheden en kernkwaliteiten, ten eerste kernkwaliteiten zijn ondeelbaar, vaardigheden zijn echter opgebouwd uit deelvaardigheden. Ten tweede zijn kernkwaliteiten in personen aanwezig en vaardigheden zijn aan te leren. Ten derde zijn kernkwaliteiten breed inzetbaar, terwijl vaardigheden horen bij een bepaald (vak)gebied. In de snel veranderende maatschappij kunnen vaardigheden verouderen, terwijl kernkwaliteiten ook bij veranderende omstandigheden van belang blijven.

De opleiding maakt op dit moment gebruik van schoolprojecten om de beroepspraktijk te simuleren en maakt weinig gebruik van de expertise uit de beroepspraktijk. Het leren van de beroepspraktijk moet in schoolprojecten in een beroepscontext worden geplaatst. De student zal in een project werken aan kerntaken zoals *'Ontwerpen'*, *'Analyseren'* en *'Implementeren'* ook werken aan kernkwaliteiten zoals *'Aanpak'*, *'Beroepshouding'*, *'Samenwerking'* en *'Verantwoordelijkheid'*. Het aanbieden van externe projecten aan studenten biedt een mogelijkheid om in een realistische authentieke omgeving kerntaken uit te voeren en kernkwaliteiten te ontwikkelen. Een extern project is een project dat in samenwerking met een bedrijf tot stand komt en door studenten wordt uitgevoerd. In een extern project worden studenten geconfronteerd met kerntaken en kernkwaliteiten. Contacten van de opleiding met de beroepspraktijk verlopen via praktijk- of afstudeerstage en beroepenveldcommissie, maar dit dient voornamelijk om het primaire onderwijsproces te borgen. De aanbeveling van Donker is dat er behoefte is aan verder onderzoek naar een prototype voor een onderwijsontwerp voor industriële automatisering dat voor onderlinge samenhang van de leerlijnen zorgt en het beroepsbeeld.

### **Ontwerpspecificaties:**

Er kan geconcludeerd worden dat invoeren van CGO binnen de opleiding elektrotechniek een sterke binding met het beroepenveld inhoudt. De opleiding zal zich meer gaan oriënteren op beroepstaken uit de beroepspraktijk en de opleiding zal deze beroepstaken moeten vertalen in kerntaken die vervolgens binnen het onderwijs worden vormgegeven. De docenten van elektrotechniek staan unaniem achter het invoeren van industriële automatisering. Verder zullen technische vaardigheden voor het beroep worden ontwikkeld en zullen persoonlijke kwaliteiten vooral binnen de integrale leerlijn worden aangesproken. Industriële automatisering zorgt voor een verbindende factor tussen de opleidingen werktuigbouwkunde en elektrotechniek. De samenwerking van beiden opleidingen kan een stimulans geven in nieuwe ontwikkelingen binnen het vakgebied.

Deze conclusie van de behoefte analyse levert de volgende ontwerpspecificaties:

*Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing.*

- De opleiding elektrotechniek en de beroepspraktijk moeten samen vorm geven aan industriële automatisering.
- Industriële automatisering vormt een verbindende factor tussen de opleidingen elektrotechniek en werktuigbouwkunde.
- Binnen industriële automatisering moeten technische vaardigheden (de kerntaken) en persoonlijke kwaliteiten worden ontwikkeld.

*Gebruikerseisen: eisen ten aanzien van het gebruiksgemak en geschiktheid van de oplossing.*

- De docenten weten welke meerwaarde CGO kan bieden in het onderwijs.

*Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt.*

- Industriële automatisering moet binnen de leerlijnen van De Bie worden ontwikkeld
- De aanwezige onderwijsmiddelen (hardware, software) voor industriële automatisering bij de opleiding werktuigbouwkunde worden gebruikt.

### 3.2. Contextanalyse

De opleiding elektrotechniek gaat conform het beleid van Inholland uit van een sociaal-constructivistische visie. Vanuit het sociaal-constructivisme wordt 'leren' beschouwd als 'een proces van uitwisseling' van interpretaties met anderen, waarbij het construeren en reconstrueren van interpretaties van de werkelijkheid een centrale plaats inneemt. Sociale processen zoals samenwerken, spelen een belangrijke rol, omdat tijdens het leren studenten collectief betekenis construeren en ontwikkelen. Verschillen in gezichtspunten krijgen hierdoor in het leerproces de ruimte om zich te ontwikkelen. In een constructief proces kan de uitwisseling met anderen meningen tot verdieping van informatieverwerking leiden (Simons, 2000). Het huidige hbo onderwijs vraagt in toenemende mate om meer zelfstandigheid, zelfreflectie en zelfsturing van de studenten. Uit onderzoek van Westenberg (2008) blijkt dat de rijping van de hersenen doorgaat tot in de late adolescentie en daarmee ook de ontwikkeling van vaardigheden op het gebied van metacognitie (reflecteren op eigen leerproces) en de psychosociale ontwikkeling. Zelfsturing of zelfsturend leren bij studenten is belangrijk (Kester & Van Merriënboer, 2013) maar er wordt voorbij gegaan aan de vraag of studenten dit vermogen bezitten. Zelfstandigheid, zelfreflectie en zelfsturing zijn persoonlijke kwaliteiten die studenten moeten ontwikkelen. Door in de begeleiding meer aandacht te geven aan 'leren van binnenuit' kunnen docenten het beste uit de studenten halen (Korthagen & Lagerwerf, 2008).

In het domeinplan TOI (2011) wordt een herwaardering van het onderwijs voorgesteld die in het kader van competentiegericht onderwijs (CGO) vele didactische werkvormen kent om meer variatie en diepgang te kunnen bieden dan de huidige invulling. Het domein heeft de sterke ambitie om van 'traditionele maak-ingenieur' naar 'ingenieurs nieuwe stijl' op te leiden: jonge professionals die zich onderscheiden door hun zelfstandige, ondernemende en resultaatgerichte beroepshouding, die competitief en innovatief zijn, betrokken bij de samenleving en bereid zijn zelf aan hun verdere competentieontwikkeling bij te dragen.

De onderzoeker maakt deel uit van het team elektrotechniek en heeft de kennis over de mogelijkheden welke onderwijsmiddelen ingezet kunnen worden. Dit vindt plaats binnen de taken van de onderzoeker en kost geen extra tijd. Doordat de opleiding WTB industriële automatisering al aanbiedt zijn voor deze opleiding praktijkopstellingen en onderwijsmiddelen aangeschaft, waar de opleiding E ook gebruik van kan maken. De vaardigheden leerlijn bij WTB is door de grote studentaantallen een punt van aandacht. De opleiding WTB biedt drie verschillende modules IA aan verspreid over de perioden één, twee en vier. De bezettingsgraad van het practicum is in deze perioden hoog, dus als de opleiding E IA in de derde periode aanbiedt, dan zal de bezettingsgraad van het praktijklokaal optimaal zijn. De factoren tijd en geld vormen geen belemmering voor de invoering van IA.

Het didactisch concept bij de opleiding elektrotechniek is gebaseerd op *'De Leerlijnen van De Bie en De Kleijn'* (2001). Strijker (2010) geeft de volgende definitie van een leerlijn: *'Een leerlijn is een beredeneerde opbouw van tussendoelen en inhouden, leidend naar een einddoel'*.

Het model van De Bie maakt onderscheid in een vijftal leerlijnen, namelijk;

- De integrale lijn.
- De conceptuele lijn.
- De vaardighedenlijn.
- De ervarings-reflectielijn.
- De studieloopbaanbegeleiding.

De vijf leerlijnen zijn gebaseerd op de leerstijlen van Kolb (1984) en hebben het doel om studenten op verschillende manieren te laten leren (zie tabel 2). In de ene leerlijn leren studenten via ontdekken en bij de andere leerlijn staat reflecteren op ervaring centraal. Leerlijnen richten zich op het ontwikkelen van competenties via verschillende samenhangende clusters van leeractiviteiten. In de verschillende leerlijnen wordt kennis op een andere manier gekoppeld. De leerlijnen zijn gescheiden. De integrale leerlijn (het project) vormt de ruggengraat van het onderwijs. Het maken van een beroepsproduct of het leveren van een gevraagde dienst is levensecht, herkenbaar, beroepsecht en complex.

Tabel 2: Overzicht leerlijnenmodel (Ploegman & De Bie, 2008, p. 221)

| Naam leerlijn                                          | Dynamiek                                                                                                                                                                                                                                                   | Gerichtheid op                                                                                                                                                                                                                                                                     | Taak docent                                                                                                                                                                                                                                                                     | Typende opdrachtformulering                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Typende diagnostische beoordelingsvorm                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Stagelijijn</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>'Morgen gaat het beter'</li> <li>- Goed en beter willen verichten van werkzaamheden.</li> </ul>                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Professioneler functioneren in de praktijk.</li> <li>- Werken en leren vallen samen.</li> </ul>                                                                                                                                           | Stage-werkplaats: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Helpen bij maken van stage-werkplannen op basis van praktijk-'ritme'.</li> <li>- Helpen bij uitvoeren van werkzaamheden (intervisie en supervisie).</li> <li>- Helpen bij het maken van verantwoordingen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 'Lever gedurende de twee maanden dat je in deze apotheek werkt alle soorten geneesmiddelen af aan de patiënten van de apotheek'.</li> </ul>                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beoordeling van casebeschrijvingen</li> </ul>                                                      |
| <b>Integrale lijn (projecten en simulaties)</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>'We maken/doen het echte werk'</li> <li>- Maken en verantwoorden van een nuttig en nodig beroepsproduct</li> <li>- Leveren van een gevraagde en gewaardeerde dienst</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ontwikkelen van een beroepsproduct of dienst in een realistische setting, met een praktische en theoretische verantwoording</li> <li>- Uitvoeren van beroepstaken, leveren van diensten in leerbedrijf of gesimuleerde setting</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Construeren van opdrachten</li> <li>- Helpen bij maken en uitvoeren van plannen</li> <li>- Helpen bij vastzitten</li> <li>- Optreden als opdrachtgever en ervaren collega</li> </ul>                                                   | Na.v. specifieke casus + vraag opdrachtgever: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 'Schrijf een beleidsnota'</li> <li>- 'Richt een wachtkamer in van een gezondheidscentrum'</li> <li>- 'Verzorg alle voeding voor een dag van een vleinschalige instelling'</li> <li>- 'Verzorg deze patiënten'</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beoordeling van tussen- en eindresultaat in relatie tot gemaakte plannen/ specificaties</li> </ul> |
| <b>Conceptuele lijn (cursussen)</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>'We leren als een professional denken en redeneren'</li> <li>- Voldoening vinden in redeneren en je verstand gebruiken</li> <li>- Als professional oefenen met de systematiek van theorieën en Theorieën</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Systematisch ververven en toepassen van werkmodellen en deze verantwoorden met behulp van Theorieën</li> <li>- De body of knowledge toe kunnen passen in concrete beroepssituaties</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelmatig analyseren van een casus (als voorbeeld) met behulp van werkmodellen</li> <li>- Laten zien van verbanden</li> <li>- Treedt op als expert die leerling en student leert zien, horen, ervaren</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyseer en beschrijf deze organisatie met behulp van de theorie van 'Weggeman'</li> <li>- Sepaal interventies bij beschreven leerproblemen.</li> </ul>                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beoordeling van een verantwoording of analyse van een casus.</li> </ul>                            |
| <b>Vaardigheden lijn (trainingen)</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>'We worden beter en handiger in X'</li> <li>- Merkbaar handiger worden in vaardigheden</li> <li>- Oefenen van vaardigheden in een gecontroleerde setting</li> </ul>                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beter worden in een professionele vaardigheid</li> <li>- De body of skills be kunnen passen in concrete beroepssituaties</li> </ul>                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voordoen-nadoen</li> <li>- Geven van professionele feedback</li> <li>- Treedt op als expert die leerling leert zien, horen, ervaren</li> </ul>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 'Bereid een opname-gesprek voor en voer dat gesprek'.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beoordeling van de demonstratie van een vaardigheid.</li> </ul>                                    |
| <b>Regielijn (voorheen studieloopbaan begeleiding)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>'We krijgen grip op onze eigen studie en looptaan'</li> <li>- nemen van beslissingen</li> <li>- elkaar helpen bij hobbels</li> </ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betekenis geven aan de studie door leren beslissingen te nemen en te verantwoorden</li> </ul>                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Helpen bij opstellen en uitvoeren van studieplannen en nemen van beslissingen.</li> </ul>                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 'Verwerf een gewenste stageplaats voor periode 3'</li> <li>- 'Stel voor het tweede kwartaal een pakket projecten, cursussen en trainingen samen'</li> </ul>                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaststellen of beslissingen genomen zijn.</li> <li>- Beslissingen hebben consequenties.</li> </ul> |

Door in leerlijnen van het onderwijs onderlinge verbindingen te leggen wordt de kennisconstructie bij studenten verstevigd. Dolmans en Schmidt (1996) komen met zes inzichten over leren en cognitie. Deze zes inzichten beschrijven dat leren vooral een actief, construerend proces is, waarbij een aantal ingrediënten belangrijk zijn: activeren van voorkennis, verrijking van kennisstructuur, elaboratie (bewust relateren van nieuwe informatie aan reeds beschikbare kennis), aanbieden van kennis in een context die functioneel is voor de latere praktijk, bevordering van intrinsieke motivatie en gelegenheid om de kennis toe te passen in verschillende situaties. In een kleine groep worden studenten meer aangezet tot actief leren, meer gelegenheid geboden uitleg te geven, kritische vragen te stellen, op elkaars inbreng te reageren en te reflecteren op de leerstof en het eigen leergedrag. In dit onderzoek betekent dit dat binnen het te gebruiken onderwijsontwerp de kennisconstructie en de vaardigheden leerlijn elkaar zullen versterken door een overkoepelende taakanalyse.

Ruijters (2006) bevestigt dat een grote diversiteit bestaat in leren, in vormen en activiteiten van leren. In het verleden ging leren vooral om kennis en vaardigheden, maar tegenwoordig is leren gekoppeld aan leren en ontwikkelen, zoals implementeren van nieuwe werkwijzen, innovatiever werken, effectiever samenwerken, beter gebruik maken van wat er al is. Ruijters onderscheidt vijf leervoorkeuren, namelijk kunst afkijken, participeren, kennis verwerven, oefenen en ontdekken. Geen van de voorkeuren is in de basis beter dan de ander, ze hebben allen hun eigen kwaliteiten. Als een docent weet welke leervoorkeur een student heeft, helpt deze kennis bij het begeleiden van leerprocessen.

### Ontwerpspecificaties:

De conclusie van de contextanalyse is dat het huidige hbo onderwijs een actieve leerhouding van studenten verwacht met meer zelfstandigheid, reflectie en zelfsturing en dat deze drie

onderwerpen vooral vanuit de begeleiding door docenten moeten worden ondersteund en vormgegeven. De ambitie van TOI is jonge professionals op te leiden die een zelfstandige, ondernemende en resultaatgerichte beroepshouding hebben, die betrokken zijn bij de samenleving. Het aanbieden van gevarieerde onderwijsvormen zou beter kunnen aansluiten bij verschillende leervoorkeuren van studenten en zal bij de studenten een motiverende actieve studiehouding bevorderen.

Deze conclusie levert de volgende ontwerpspecificaties:

*Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing.*

- Het moet voor de student duidelijk zijn dat samenwerken in een team bijdraagt om eigen zelfstandigheid en zelfsturing van de student te ontwikkelen.
- Het moet voor de student duidelijk zijn actief te leren, zelf na te denken en informatie op te zoeken en te koppelen aan aanwezige kennis.
- Het moet voor de student duidelijk zijn om te leren reflecteren binnen een case, over een case, over het proces en over de onderzoeksmethode.
- In de integrale leerlijn moet een beroepsproduct in een herkenbare, beroeps realistische omgeving gerealiseerd worden.

*Gebruikerseisen: eisen ten aanzien van het gebruiksgemak en geschiktheid van de oplossing.*

- De docent weet welke meerwaarde het begeleiden van studenten krijgt als de docent op de hoogte is van verschillende leervoorkeuren.

*Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt.*

- Het onderwijs van de opleiding elektrotechniek is vormgegeven volgens de leerlijnen van De Bie, waarin rekening wordt gehouden met verschillende leerstijlen van studenten.
- De integrale leerlijn wordt in samenwerking met de beroepspraktijk ontwikkeld, vormgegeven en uitgevoerd.

### **3.3. Literatuurstudie**

De deelvragen die uit de hoofdvraag zijn afgeleid worden één voor één uitgewerkt om tot een gefundeerd en helder antwoord te komen. In het beantwoorden van de deelvragen staat telkens een onderwerp centraal wat in aparte paragrafen is uitgewerkt. Na de uitwerking van elk onderwerp in de literatuurstudie volgt aan het einde van elke paragraaf een korte samenvatting en waaruit ontwerpspecificaties zijn af te leiden.

#### **3.3.1. Competenties**

*'Wat zijn competenties en welke definitie is in de opleiding bruikbaar?'*

Het begrip competentie is complex omdat ze betrekking heeft op een geïntegreerd gebruik van kennis, vaardigheden en houdingen. Een verkenning naar het begrip competentie bestaat uit verschillende definities als gevolg van leer theoretische opvattingen, geografische context en het doel waarvoor ze worden gebruikt. Naast de verschillen zijn er overeenkomsten die tot de kern van het competentiebegrip mogen worden gerekend. Het aantal definities van het begrip competentie is ontelbaar. Van Merriënboer, van der Klink en

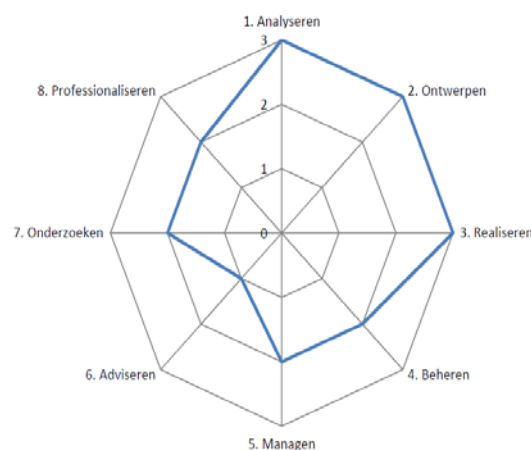
Hendriks (2002) hebben in opdracht van de onderwijsraad een onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden om tot een conceptuele harmonisatie te komen van het begrip competentie. Eén generieke definitie voor competentie schept duidelijkheid en heeft een positief effect op de communicatie tussen onderwijs en bedrijfsleven en draagt in het onderwijs bij aan de integratie van kennisverwerving en de toepassing ervan.

Onstenk (1997) geeft een brede omschrijving van het begrip competentie welke bruikbaar is als definitie voor de opleiding en aansluit bij het werkveld: *‘Competentie is het gestructureerd en geïntegreerd vermogen tot het adequaat verrichten van arbeidshandelingen en het oplossen van arbeidsproblemen’*. Een competentie is een ontwikkelingsgericht begrip, welke door een beroepsbeoefenaar in een leeromgeving kan worden ontwikkeld. De definitie verbindt de taken (waarneembaar gedrag, activiteiten en resultaten) en contexten die in een beroepsprofiel vermeld worden met daarvoor benodigde vermogens, dat wil zeggen: samenhangende clusters van kennis, vaardigheden en houding die in een opleiding geleerd en ontwikkeld kunnen worden.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen beroep specifieke en algemene competenties. Beroep specifieke competenties zijn domein gebonden deskundigheden. Algemene competenties zijn niet-domein gebonden deskundigheden, bijvoorbeeld het vermogen tot samenwerken, communicatief vermogen en leidinggevend vermogen. Het onderscheid tussen beide soorten competenties betekent niet dat de competenties gescheiden tot ontwikkeling moeten worden gebracht.

Het hoger beroepsonderwijs in Nederland leidt toekomstbestendige ingenieurs op die gedurende hun gehele loopbaan een belangrijke en vernieuwende bijdrage kunnen leveren aan de maatschappij. Ze moeten een onderzoekende en scheppende houding hebben, een grote mate van creativiteit, maatschappelijke verantwoordelijkheid, het vermogen om over grenzen heen te kunnen kijken en te kunnen samenwerken. Ingenieurs moeten een aantal generieke competenties beheersen die in een veranderingsproces van belang zijn. Ingenieurs zijn professionals die kritisch en onafhankelijk kunnen denken en die zichzelf gedurende hun professionele loopbaan kunnen ontwikkelen en vernieuwen.

In het landelijk overleg van hbo-opleidingen elektrotechniek (2014) is een nieuwe versie van de hbo-engineering domeincompetenties (Hogeschool Inholland, 2011) verschenen. Het landelijke competentieprofiel van het domein Engineering bestaat uit vier vaktechnische en vier algemene domeincompetenties (zie tabel 3) en verdeelt elke competentie in drie niveaus (figuur 1).



**Figuur 1: Spinnenweb competenties**  
(Hogeschool Inholland, 2011)

De niveaus (1, 2, 3) hebben betrekking op de aard van de taak, aard van de context en mate van zelfstandigheid. In de bijlage A staat een uitgebreide beschrijving van de competenties en de drie niveaus.

**Tabel 3: Competenties van het domein Engineering**

| Competenties  |                       |
|---------------|-----------------------|
| Vaktechnisch  | Algemeen              |
| 1. Analyseren | 5. Managen            |
| 2. Ontwerpen  | 6. Adviseren          |
| 3. Realiseren | 7. Onderzoeken        |
| 4. Beheren    | 8. Professionaliseren |

Het landelijke competentieprofiel geeft verder de volgende suggesties mee:

- Voor het bereiken van een niveau moeten minimaal twee van de in de tabel genoemde factoren dat niveau hebben, bijv. de 'aard van de taak' en de 'mate van zelfstandigheid'.
- De som van de acht competentieniveaus dient minimaal 18 te zijn.
- Een domeincompetentie kan niet weggelaten worden (minimumniveau is 1).

Deze niveau-indeling garandeert een landelijk hbo-niveau voor de opleidingen elektrotechniek. Het staat elke opleiding vrij accenten aan te brengen door bijvoorbeeld voor bepaalde competenties hogere niveaus te eisen. Het doel van iedere beroepsopleiding is om de student voor te bereiden op een (succesvolle) carrière in de beroepspraktijk. Bedrijven, instellingen en werkgevers hebben behoefte aan hbo-professionals die over actuele kennis, vaardigheden en een goede beroepshouding beschikken en deze in hun onderlinge samenhang zelfstandig kunnen toepassen.

De toenemende aandacht voor het begrip competentie is verbonden met de zorg over de mate waarin hbo is toegerust voor veranderingen die op de arbeidsmarkt plaatsvinden. In het hbo krijgt competentiebegrrip betekenis vanuit de discussie die wordt gevoerd over de aansluiting tussen het hbo en arbeidsmarkt.

De hbo-opleiding elektrotechniek in Alkmaar heeft gekozen voor competentiegericht onderwijs, waarbij het werken aan beroepstaken en beroepsauthetieke producten centraal staat. De opleiding definieert het begrip competentie als volgt: een competentie is een cluster van kennis, vaardigheden en houdingen, dat:

- nodig is voor het uitvoeren van een bepaald beroep/functie in een bepaalde context;
- kan worden gemeten en getoetst aan aanvaarde normen;
- kan worden verbeterd door middel van training en ontwikkeling.

Deze definitie betekent dat in de praktijk veel aandacht is voor gedegen theoretische kennis, maar ook voor de benodigde vaardigheden en beroepshouding die nodig zijn om die kennis in een praktijksituatie in te zetten. Het geïntegreerd handelen is dan ook een kernelement van de opleiding.

De opleiding elektrotechniek in Alkmaar heeft zijn competenties beschreven op competentiekaarten met drie competentieniveaus (bijlage B). De gedragskenmerken die behoren bij de competenties worden op de competentiekaarten gepresenteerd als beheersingsindicatoren op drie niveaus, die parallel lopen aan de Inholland opleidingsfasen.

## Samenvatting

Er zijn dus verschillende opvattingen over competenties die gevolgen hebben voor de wijze waarop competentieverwerving in beroepsonderwijs wordt geanalyseerd en gestimuleerd (Simons, 2003). Vanuit constructivisme wordt ingezoomd op houdingen, samenwerkingsgerichtheid, zelfstandigheid, maar ook normen en waarden/emoties maken integraal deel uit van competenties. Het geheel is meer dan de som der delen. Het bedrijfsleven wordt in het beroepsonderwijs binnengehaald via projecten en gastcolleges, waarbij de nadruk ligt op de beroepscompetenties. In en rond het beroepsonderwijs gaat het om competentieprofielconstructie en om competentie gerichte leeromgevingen. Voor competentieprofielconstructie in het beroepsonderwijs betekent het sociaal-constructivisme enerzijds aandacht voor kernproblemen van het beroep, anderzijds voor meer directe interacties tussen het beroepsonderwijs en het werkveld (Simons, 1999).

Onstenk (1997) geeft een definitie van competentie die in dit onderzoek wordt gebruikt: *'Competentie is het gestructureerd en geïntegreerd vermogen tot het adequaat verrichten van arbeidshandelingen en het oplossen van arbeidsproblemen'*. Een technische student zal een praktisch probleem op een gestructureerde manier aanpakken, waarbij de student gebruik maakt van zijn theoretische kennis en praktische vaardigheden om tot een oplossing te komen.

De competenties van de opleiding zijn een directe vertaling van de geactualiseerde beroepskwalificaties in het (landelijke) beroepsprofiel, waarbij onderscheid wordt gemaakt in beroeps specifieke (professionele) competenties en algemene (gedrags)competenties. De geformuleerde competenties worden regelmatig getoetst aan de beroepspraktijk.

### 3.3.2. Competentie Gericht Onderwijs (CGO)

*'Wat is het belang van CGO voor de beroepspraktijk?'*

Het ontbreken van een eenduidige definitie van het begrip competentie vormt geen belemmering voor het invullen van CGO (Schlusmans, Slotman, Nagtegaal, & Kinkhorst, 2001). Het doel van competentiegericht leren is het verbeteren van de beroepsgerichtheid van de opleiding dat leidt tot andere inhouden en een nauwe relatie tussen praktijk en theorie. Het gaat om de ontwerpeisen die erop gericht zijn de beroepsgerichtheid te vergroten (Te Lintelo, 2001). Everwijn (2001) voegt hier aan toe dat het bedrijfsleven tegen het onderwijs zegt dat de student moet worden voorbereid op een snel veranderende en ingewikkelde samenleving. Daarom moet de student multi-inzetbaar zijn, kunnen leren in een team en voortdurend bezig zijn met verbeteren van het prestatieniveau. Deze uitspraak wordt bevestigd door Andriessen, Onstenk, Delnooz, Smeijsters en Peij (2010). Competentiegericht leren is gericht op het vergroten van de persoonlijke vermogens, waarbij wordt uitgegaan van de vermogens waar een persoon al over beschikt. Het doel van CGO is het verbeteren van oude- en het ontwikkelen van nieuwe competenties.

### Beroepscompetentieprofiel

De introductie van CGO in het hbo komt voort uit de behoefte om beter aan te sluiten op de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt (Schlusmans, Slotman, Nagtegaal, & Kinkhorst, 2001). De beroepspraktijk vraagt om hoger opgeleiden, die breed inzetbaar en die in staat zijn zich nieuwe kennis en vaardigheden eigen te maken. Aan de basis van een competentiegerichte

opleiding ligt een beroepscompetentieprofiel en deze vormt een essentieel uitgangspunt voor het beroepsonderwijs. De beroepscompetentieprofielen worden opgesteld in samenwerking met de arbeidsmarkt. Een beroepscompetentieprofiel is een direct van de beroepspraktijk afgeleide set kerntaken, kernopgaven en beroepscompetenties (Wesselink, Biemans, & Mulder, 2006). Schlusmans et al (2001) stellen dat taken en kernproblemen waarmee studenten in het beroepsleven worden geconfronteerd in het onderwijs centraal moeten staan. Studenten krijgen op dit moment gedurende de stageperioden en tijdens het afstuderen te maken met taken en kernproblemen te maken.

### **Werkpleklerin**

Onstenk (1997) benadrukt dat het hbo voor de taak staat te anticiperen op snel voortschrijdende veranderingen in de techniek. Werknemers moeten zich niet alleen kunnen aanpassen aan veranderende eisen, maar ook proactief in staat zijn technologische en organisatorische keuzes te maken en daarmee zelf ontwikkelingen vorm geven. Aan een toekomstige werknemer wordt hoge eisen gesteld aan vaktechnische vaardigheden en kennis, maar ook aan sociaal-communicatieve, organisatorisch en leervaardigheden om in te spelen op vernieuwingen en nieuwe vormen van arbeidsorganisatie. Met andere woorden een student moet leren omgaan met vakinhoudelijke of productieve opgaven uit de beroepspraktijk (Onstenk, 2001). In het hbo moet aandacht worden besteed aan het opsporen en ontwikkelen van persoonlijke, individuele bekwaamheden en studenten in de gelegenheid stellen deze bekwaamheden verder te ontwikkelen (Kessels, 1999). De werknemer krijgt meer verantwoordelijkheid voor kwaliteit en uitvoering van hun eigen werk, maar leert ook met anderen in een team samenwerken. Het beroepsonderwijs zal deze toekomstige werknemer moeten voorbereiden op een traject van levenslang leren.

### **Curriculumintegratie theorie-praktijk**

Naast door Onstenk eerder genoemde aspecten over het voorbereiden van het beroepsonderwijs op levenslang leren op de werkplek door de toekomstige werknemer pleiten Tanner en Tanner (1995) voor curriculumintegratie van theorie en praktijk en dat samenhangende gehelen uit de beroepspraktijk centraal moeten staan in het curriculum. In de loop van de jaren 90 is in toenemende mate gepleit om grotere eenheden uit de beroepspraktijk als uitgangspunt te nemen voor de ontwikkeling van opleidingsprogramma's. Dit heeft geleid tot een analyse van kenmerkende beroepssituaties, de zogenaamde kernopgaven. Kenmerkende beroepssituaties stellen de beroepsoefenaar voor keuzes of dilemma's en zijn daarmee complex van aard. Een opleiding die op basis van competenties is vormgegeven, zijn kenmerkende beroepssituaties leidend voor het (her)ontwerp van het onderwijs.

Om op de juiste manier te kunnen handelen zijn kennis, vaardigheden en houdingen nodig. Een beroepsopleiding heeft de taak om studenten tot op zekere hoogte toe te rusten voor dat handelen. Dit was vroeger zo en dat zal waarschijnlijk altijd zo blijven. Maar in een wereld die continu verandert (werk en samenleving) en waarin ook leertheorieën veranderen kunnen vertegenwoordigers van beroepsopleidingen zich afvragen wat geleerd moet worden en hoe dat het best kan plaatsvinden. Kennis veroudert snel en door de veelheid aan informatie (internet) zijn metakennis en metacognitieve vaardigheden belangrijker geworden (Onstenk, 1997). Er is behoefte om zelfstandig nieuwe dingen te leren, om informatie te selecteren en te ordenen op bruikbaarheid in werksituaties en toepasbaar te maken in nieuwe situaties

(Huisman, 2001). Competentiegericht leren en opleiden is een leer- en onderwijsconcept waarin competenties als centraal doel en criterium fungeren voor de inhoud.

### **Zelfsturing**

Competentiegericht leren wordt ontwikkeld en geïmplementeerd in samenspraak met de praktijk (Onstenk, De Bruijn, & Van den Berg, 2004). Het hoger beroepsonderwijs is van oudsher beroep georiënteerd en het denken in competenties heeft zijn ingang in het hbo gevonden. Ingrijpende maatschappelijke ontwikkelingen zijn door Centraal Planbureau gekarakteriseerd als de 'vijf i's' (Schnabel, 1999): informalisering, intensivering, informatisering, internationalisering en individualisering. Deze ontwikkelingen hebben directe gevolgen voor beroepsonderwijs en educatie (van Esch, 2002). Een belangrijke uitdaging voor het onderwijs en de beroepspraktijk ligt in de integratie van kennis, vaardigheden en attitudes, maar ook in het vergroten van het vermogen tot verantwoordelijke zelfsturing (Onstenk, et al., 2004). Zelfstandig leren en actief leren is een onderdeel van CGO vanwege snelle veranderingen in de beroepspraktijk van de techneut. Een lerende houding en het zelfstandig nieuwe kennis kunnen vergaren, vormen een belangrijke competentie (Te Lintelo, 2001). Zelfstandig leren betekent dat de zelfsturing van de student gedurende de studie toeneemt (zelfstandig uitvoeren opdrachten, feedback vragen, zelf leerdoelen bepalen) en dat de student in staat is kritisch te reflecteren op zijn eigen leerproces.

### **Kernkwaliteiten**

Volgens Korthagen en Lagerwerf (2008) zijn kernkwaliteiten persoonlijke kwaliteiten zoals doelgerichtheid, betrokkenheid, kritisch vermogen, analytisch vermogen, ambitie en doelmatigheid. Uit onderzoek van Korthagen (1998) blijkt door studenten aan te spreken op hun persoonlijke kernkwaliteiten en deze in te zetten voor specifieke studietaken, zij daarvoor verantwoording moeten afleggen, en studenten ervaren een uitdaging aan te kunnen. Leeractiviteiten worden gestimuleerd en het leren gaat sneller en dieper. Naast het inzetten van kernkwaliteiten zijn voor het leren en een goede beroepsuitoefening ook professionele competenties belangrijk. Het verschil tussen competenties en kernkwaliteiten (Korthagen, 2004) is dat competenties deelbaar zijn en domein specifiek; Kernkwaliteiten zijn ondeelbaar en hebben een grote transferwaarde, zijn persoonlijk en op vele gebieden inzetbaar.

## **Gefaseerd invoeren**

Fransen (2007) beschrijft dat CGO in beroepsonderwijs gemeengoed is geworden, maar dat de twijfel over effectiviteit groeit, omdat de uitwerking van het onderwijsconcept meer gericht is op ontwikkelen van vaardigheden dan op kennisconstructie. De verschillende verschijningsvormen van CGO zijn terug te brengen naar de verschillende inzichten van het begrip: competentie. Fransen (2007) stelt een gefaseerde invoering voor, waarin recht wordt gedaan aan het ontwikkelingsniveau van de student en verwijst in het artikel naar niveaus van bekwaamheid (Miller, 1990). De beroepspraktijk is te complex voor een student om daarin beroepscompetenties te verwerven, dus kan in de opleiding onderscheidt worden gemaakt in een funderende ('leren van de praktijk') en een verdiepende fase ('Leren in de praktijk'). In de funderende fase ligt de nadruk op het behalen van voorwaardelijke kennis en vaardigheden (conceptuele- en vaardigheden leerlijn) en het behalen van de beroepscompetenties op basisniveau. In de verdiepende fase ligt de nadruk op het verbreden, verrijken en verdiepen van de competenties op basis van het uitvoeren van beroepshandelingen in een reële beroepssituatie (integrale leerlijn) en leert de student reflecteren op zijn competenties.

## **Beroepspraktijk**

In CGO vormen realistische taakomgevingen de basis voor het tot stand komen van leeromgevingen, zoals in de beroepspraktijk. Een realistische omgeving lijkt op de werkelijkheid van de beroepspraktijk en is dus een omgeving waarin disciplines in een geïntegreerd verband worden aangeboden. Er is sprake van een rijke context waarin een opdrachtgever met een probleem te maken heeft. Door studenten te confronteren met realistische taken in een realistische context ervaren zij dat ook andere criteria een rol spelen bij het oplossen van problemen zoals tijd- en kostenaspecten, gedrag en wensen van teamgenoten of opdrachtgever.

## **Kernopgaven**

CGO legt de nadruk op de aard van de vraagstukken die in onderwijsvormen aan bod dienen te komen, namelijk de kernopgaven van de beroepspraktijk. Met kernopgaven wordt bedoeld de problemen en taken die tot de duurzame kern van het beroep horen en in de tijd tamelijk stabiel zijn (Van der klink, Boon, & Schlusmans, 2007). Deze theoretische basis is een uitgangspunt en wordt geïmplementeerd door de volgende principes te hanteren: in welke rollen komen studenten terecht, toetsing door verschillende beoordelaars, het leren plaatsen in een betekenisvolle context, het verbinden van theorie en praktijk en daarop reflecteren, toenemende verantwoordelijkheid en zelfsturing bieden aan studenten, docenten vervullen een rol als coach/begeleider (Mulder, 2004).

## **Principes CGO**

Korthagen (2004) geeft aan dat competentiegericht onderwijs in zeer korte tijd populair is geworden. Biemans, Nieuwenhuis, Poell, Mulder en Wesselink (2004) formuleren hier twee redenen voor.

1. De nadruk bij CGO ligt bij het ontwikkelen van competenties in plaats van hiaten in kennis en vaardigheden.

2. Een veronderstelling: onderwijs met competenties als uitgangspunt verkleint het gat tussen beroepsonderwijs en arbeidsmarkt.

Ondanks de populariteit van CGO zijn er twee aandachtspunten. Ten eerste is volgens Bronneman-Holmers (2006) de effectiviteit van CGO nog niet vastgesteld. Ten tweede hebben diverse onderzoekers (Klarus, 1998; Mulder, 2004; Onstenk, De Bruijn, & Van den Berg, 2004) vastgesteld dat een theoretisch raamwerk voor CGO ontbreekt. Mulder (2004) geeft een eerste aanzet voor dit theoretisch raamwerk en heeft een set principes voor CGO ontwikkeld.

1. Competenties uit de beroepspraktijk als basis.
2. Curriculumintegratie.
3. Competentie-assessments.
4. Competentieontwikkeling impliceert integratie van kennis, vaardigheden en attitudes.
5. Een op competentieontwikkeling gerichte relatie tussen docenten en studenten.
6. Zelfverantwoordelijkheid voor competentieontwikkeling en ondernemend leren.
7. Persoonlijke competentieontwikkeling.

Bij het invoeren van CGO zijn er verschillende aspecten waar de opleiding rekening mee moet houden. Het eerste aspect is een goede aansluiting bij de beroepspraktijk vinden. Het uitgangspunt is het verbeteren van de beroepsgerichtheid. Beroepscompetentieprofielen worden opgesteld in samenwerking met de beroepspraktijk en deze beroepscompetentieprofielen zijn een afgeleide set van kerntaken, kernopgaven en beroepscompetenties waarmee studenten in hun beroepsleven mee worden geconfronteerd. Het tweede aspect is het toepassen van de vaktechnische kennis en vaardigheden, maar ook het aanleren van sociaal-communicatieve, organisatorische en leervaardigheden, zodat de student wordt voorbereid op een leven lang leren in de beroepspraktijk.

In een derde- en vierde aspect wordt in het curriculum de theorie en de praktijk meer geïntegreerd en wordt uit de beroepspraktijk samenhangende gehelen als uitgangspunt genomen voor de ontwikkeling van het onderwijs. In kenmerkende kernopgaven wordt de student voor keuzes gesteld en daarmee zijn kernopgaven complex. Een belangrijke uitdaging is de integratie van kennis, vaardigheden en attitudes, maar ook het vergroten tot verantwoordelijke zelfsturing. Zelfstandig leren neemt gedurende de opleiding toe en is een onderdeel van CGO om snelle veranderingen in de praktijk het hoofd te bieden.

Het vijfde aspect beschrijft kernkwaliteiten of persoonlijke kwaliteiten die iedere student heeft. Door een student op zijn kernkwaliteiten aan te spreken en zij hiervoor verantwoording moeten afleggen, worden leeractiviteiten meer gestimuleerd en gaat leren sneller en dieper.

Aspect zes beschrijft een complexe beroepspraktijk voor een student die in CGO competenties aan kan leren mits CGO gefaseerd wordt ingevoerd in een funderende fase (leren van de praktijk) en een verdiepende fase (leren in de praktijk).

In aspect zeven worden kernopgaven aangeboden in een realistische en authentieke leeromgeving uit de beroepspraktijk. Er wordt een omgeving gecreëerd die lijkt op de beroepspraktijk, waarin een opdrachtgever de student confronteert met realistische taken in een realistische context, zodat de student andere criteria ervaart bij het oplossen van kernopgaven.

## Ontwerpspecificaties:

Uit deze literatuurstudie zijn de volgende ontwerpspecificaties afgeleid:

*Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing.*

- De beroepsgerichtheid van de student moet vergroot worden.
- De student moet multi-inzetbaar en proactief zijn.
- De student moet geconfronteerd worden met kerntaken en kernproblemen uit de beroepspraktijk van een industrieel automatiseerder.

*Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt.*

- De student ontwikkelt vaktechnische- en algemene competenties welke zijn vastgelegd in het landelijk competentieprofiel van het domein engineering.
- De opleiding geeft competentiegericht onderwijs, dat betekent dat het beroepscompetentieprofiel samen met de beroepspraktijk is opgesteld.
- Er moet een realistische, authentieke context gerealiseerd worden voor het uitvoeren van de kerntaken.

Uit de behoefteanalyse, de contextanalyse en literatuurstudie zijn functionele eisen, gebruikerseisen en randvoorwaarden afgeleid. De student werkt actief samen in een team aan het realiseren van een beroepsproduct in een realistische context en hij leert kritisch te zijn over de oplossingen van het beroepsproduct van anderen en van zichzelf. Uit de randvoorwaarden komt naar voren dat de integrale leerlijn een context moet neerzetten die voldoet aan een realistische beroepsomgeving. In de volgende paragraaf wordt industriële automatisering onderzocht en uit dit onderzoek volgen onderwerpen welke als ontwerpspecificaties dienen voor IA.

### 3.3.3. Industriële Automatisering (IA) en bruikbare onderwerpen in CGO

*'Wat is IA en welke onderwerpen zijn bruikbaar in CGO?'*

De industriële ontwikkeling is een van de meest ingrijpende maatschappelijke transformaties in de geschiedenis van de mens (Timmerman, 1983). De industriële ontwikkeling vindt plaats in drie fasen: de eerste, de tweede en de derde industriële revolutie.

De eerste industriële revolutie is in Engeland; de technische basis wordt gevormd door de toepassing van de stoommachine, de bereiding van ijzer en de ontwikkeling van mechanische werktuigen voor de textielnijverheid. In het arbeidsproces is de structurele verandering de invoering van de fabriek en de arbeidsdeling. Met de fabriek komt een wijze van produceren op gang waar grote aantallen arbeiders onder toezicht werken en de machine de productiefactor is geworden.

In de tweede industriële revolutie staat samenwerking tussen wetenschappelijk onderzoek en technische vondsten centraal. De stoommachine maakt plaats voor de verbrandingsmotor en de elektromotor. Er is een verbeterde methode om massaal staal te produceren, waardoor de prijs van het staal daalt. Dit staal wordt toegepast in bewapening, spoorwegen, constructies voor bruggen en de auto-industrie. In het productieproces wordt een opsplitsing van taken gecreëerd en wordt verder standaardiseren en routinematig werken verder doorgevoerd. Menselijke arbeid wordt geïdentificeerd en gelijkgesteld met machine-arbeid en is een inwisselbaar onderdeel van het productieproces geworden. Doel is de organisatie van

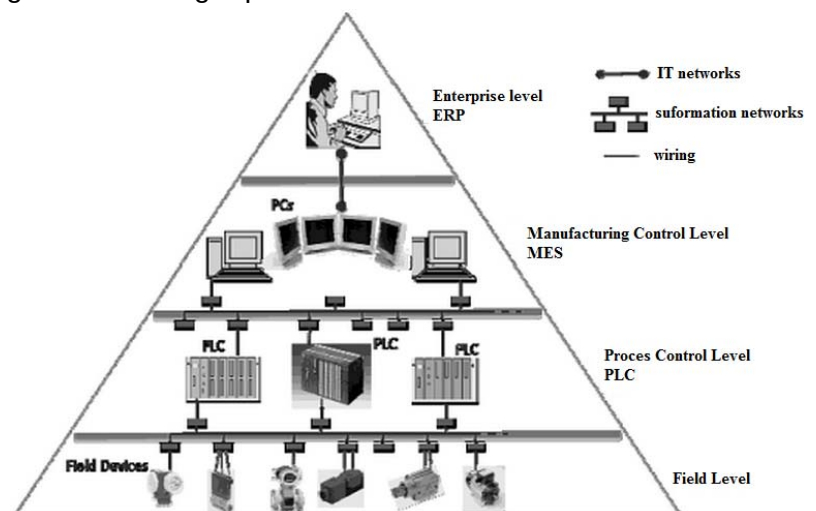
het arbeidsproces te scheiden van de kennis en kunde van de arbeiders, het uitdenken scheiden van het uitvoeren. De machine neemt in toenemende mate functies over van de arbeider en bepaalt arbeidsinhoud en arbeidstempo. Mechanisering vereist nieuw geschoolde en gekwalificeerde arbeidskrachten. Mechanisering is het toepassen van technische hulpmiddelen die een aandrijftechniek zelfwerkend maken (Dorst, Van Beekum, & Sa, Industriële automatiseringstechnieken, 2014).

De spil van de derde industriële revolutie is de ontwikkeling van elektrotechniek. De automatisering maakt een explosieve ontwikkeling door, vooral op het gebied van informatietechniek. Een belangrijke impuls is de behoefte om regelend, besturend en optimaliserend in te grijpen in het verloop van technische processen. De informatie wordt niet alleen verzameld en verwerkt, maar ook worden besturende en regelende werkingen geactiveerd. Door de toepassing van meerdere computersystemen is automatisering verder uit te breiden. Automatisering is een ver doorgevoerde mechanisering waarbij een gedeelte van het controleren en corrigeren van de mens wordt overgenomen (Dorst et al., 2014). Kern van de veranderingen in arbeid en arbeidsstructuur is de overgang van mechanisering naar automatisering. Door verschillende productie-eenheden rondom een transportsysteem te plaatsen kunnen producten worden gemaakt naar de behoefte van de gebruikers. Deze vorm van automatiseren wordt flexibele productie automatisering genoemd (FPA). De analyse van het proces is belangrijk van begin tot eind voor het toepassen van de juiste hardware.

Automatisering van productielijnen zorgt voor een hoger productievolume en kwaliteit. In productieprocessen wordt gemeten, gestuurd en geregeld (Modelec, 2015). Hiervoor worden sensoren en actuatoren gebruikt. Een actuator is een (pneumatisch, hydraulisch of elektrisch) uitvoerorgaan dat van een besturing een commando ontvangt en dit uitvoert. Deze onderdelen zijn door middel van kabels of met een bussysteem (Modbus, Profibus, Profinet of Ethernet IP) met een stuur- of regeleenheid verbonden. Waarvoorheen de communicatie gewenst was, is dit steeds vaker een

noodzaak en worden de eisen die hieraan gesteld worden steeds zwaarder. Het op afstand (remote) beheren van machines en machineparken wordt steeds belangrijker: stilstand kost veel geld. Zowel voor de fabriek door stagnatie in de productie als voor de machine(lijn) bouwer die op locatie de storing zal moeten verhelpen wanneer de remote communicatie niet datgene doet waarvoor deze bedoeld is.

Een productieproces kan worden verdeeld in verschillende lagen van informatievoorziening vanaf de werkvloer tot aan het management. Voor de communicatie is tussen deze lagen een busstructuur aangebracht om de benodigde product/productiegegevens te transporteren (Bustechnologie, 2015). Harrington (1973) stelt met zijn concept CIM (Computer Integrated Manufacturing) een gelaagde structuur voor die binnen een productiebedrijf een functiebeschrijving geeft. De CIM-piramide evolueert van computergestuurde werkcellen,

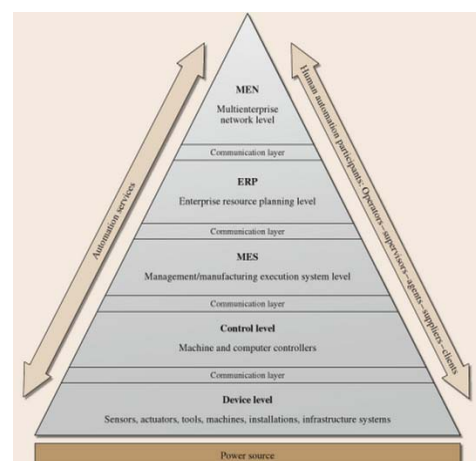


Figuur 2: Automatiseringspiramide (Zühlke & Ollinger, 2011,

over communicatiesystemen tot de huidige definitie van de integratie van CIM in een bedrijf van alle functionele afdelingen van administratief/management niveau tot productieniveau. De verschillende lagen zijn weergegeven in de automatiseringspiramide (figuur 2). Hierin worden de volgende lagen van automatisering onderscheiden:

- ERP: Een Enterprise Resource Planning (ERP) vormt de ondersteuning van het productieproces in de vorm van een computerprogramma wat voornamelijk binnen de organisatie wordt gebruikt ter ondersteuning van alle processen binnen het bedrijf. Voorbeelden van ERP systemen zijn SAP, Baan, Navision.
- MES: Een Manufacturing Execution System (MES) is een informatiesysteem voor het monitoren en aansturen van productieprocessen. MES verbindt de besturingslaag (meestal PLC's) met de ERP-laag (Enterprise Resource Planning). Om verticale integratie voor productiebedrijven gestructureerd te laten verlopen zijn er een aantal integratiestandaarden, uitgegeven door de ISA, die gebruikt kunnen worden als leidraad voor de verticale integratie voor ERP, MES.
- HMI/SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) zorgt voor het verzamelen, doorsturen, verwerken en visualiseren van meet- en regelsignalen van verschillende machines in grote industriële systemen. Een SCADA-systeem vereenvoudigt het uitwisselen van gegevens, het zichtbaar maken van gegevens voor de menselijke operator (visualisatie), het beïnvloeden van deze systemen (sturing), en het verwerken van de (meet)gegevens tot rapporten (gegevensverwerking) of alarmering. Bekende SCADA systemen zijn Siemens WinCC, GE iFix, Citect.
- Proces Control Level: De besturing op het niveau van het productieproces met een Programmable Logic Controller (PLC). Een PLC is een elektronisch apparaat met een microprocessor die op basis van de informatie op zijn ingangen, zijn uitgangen aanstuurt. In de industrie worden machines over het algemeen aangestuurd met PLC's en die zijn daarmee een belangrijk onderdeel in de automatisering.
- Field Level: In deze laag wordt de hardware I/O van het proces bepaald:
  - o Detectiemogelijkheden (sensoren) zoals drukknoppen, keuzeschakelaars, naderingsschakelaars, niveaudetectoren, klepstand detectoren, encoders.
  - o Actuatoren zoals relais voor inschakelen motoren, frequentieregelaars voor motoren, elektro-pneumatische ventielen met cilinders, signaal lampen en akoestische signaalgevers.

Nof (2009) beschrijft in de automatiseringspiramide van figuur 3 een laag boven ERP, namelijk de laag MEN (Multi Enterprise Network level). In de laag MEN worden verschillende servers van partnerbedrijven met elkaar verbonden om vraag en aanbod van producten te optimaliseren en het risico te verlagen van mindere kwaliteit van producten.



**Figuur 3: The automation pyramid**  
(Nof, 2009, p. 25)

Er kunnen steeds meer (productie)machines met elkaar verbonden worden, de wereld raakt meer en meer verknoopt (Vision & Robotics, 2015). Voor bedrijven die industriële automatisering toepassen biedt dit voordeel, want analyses van gegevens uit het proces kunnen leiden tot

efficiëntere bedrijfsprocessen, maar dat vraagt om een goede bescherming van die gegevens. De aandacht voor beveiliging van geautomatiseerde systemen is tegenwoordig belangrijker geworden door de opkomst van het Internet of Things (IoT): een wereld waarin veel apparaten (machines) via het internet protocol aan elkaar zijn gekoppeld. Het is bijvoorbeeld mogelijk apparatuur via een tablet of een smartphone in de fabriek te controleren en te regelen. Ook de onderlinge verwevenheid tussen fabrikant, afnemer, toeleverancier neemt toe, omdat zij van elkaars systemen gebruik kunnen maken. Een producent kan bijvoorbeeld zelf de voorraden bij een leverancier – of bij een klant – controleren (*'connected enterprise'*). Een *'connected enterprise'* is een organisatie waarin kantoor- en industriële automatisering verweven zijn en waarbij digitale banden zijn gesmeed tussen bedrijven die in dezelfde keten actief zijn.

In Nederland bestaat de Federatie van technologiebranches (FHI) en deze vertegenwoordigt onder andere de branchevereniging voor industriële automatisering (FHI industriële automatisering, 2014). De branche Industriële Automatisering is onderverdeeld in elf verschillende clusters en voorziet in de behoefte van bedrijven om deze van gedetailleerde marktinformatie te voorzien en voor het houden van overleg over ontwikkelingen en knelpunten in de markt. Een opsomming van de clusters (Energie- & vloeistofmeting, LonMark Nederland, Machinebouw componenten, PI Nederland - PROFIBUS, PROFINET & IO-Link, Platform Industrial Business Solutions, Platform Industrial System Integrators, Platform Control Product Suppliers, Platform Leveranciers van Meetinstrumenten voor de Installatiewereld, Platform Vereniging Nederlandse Leveranciers van Weeginstrumenten, Vacuümapparatuur, Veldinstrumentatie) geeft aan dat IA zeer breed vakgebied is en dat binnen het onderwijs keuzes gemaakt moeten worden welke onderwerpen worden aangeboden. De diversiteit van de clusters nodigt uit om specifiek naar het platform Industrial System Integrators (ISI) te kijken. De ontwikkelingen in de markt vraagt steeds krachtiger oplossingen met steeds kleinere systemen, waarmee steeds grotere en complexere processen kunnen worden bestuurd (Dorst et al., 2014; FHI industriële automatisering, 2014).

Het International Society of Automation (ISA) is opgericht in 1945 en is een non-profit beroepsorganisatie die de standaard zet voor techniek en technologie ter verbetering van het beheer, veiligheid en cyberveiligheid van moderne automatisering- en controlesystemen en de kritieke infrastructuur gebruikt in de hele industrie. ISA (2015) gebruikt de volgende definitie voor industriële automatisering: *'The creation and application of technology to monitor and control the production and delivery of products and services.'* Dit betekent het ontwerpen en toepassen van technologie om productie en levering van producten en diensten te monitoren en te controleren.

Er is een wisselende vraag in de arbeidsmarkt, waardoor continu flexibiliteit van machines wordt gevraagd. Dit vraagt om nieuwe technische oplossingen, waarbij de communicatie tussen machines, robotisering en automatisering uitdagingen bieden.

## Ontwerpspecificaties:

In de ontwikkeling van mechanisatie naar automatisering wordt in eerste instantie spierkracht vervangen door aandrijftechniek (stoommachine, verbrandingsmotor, elektromotor), de mechanisatie. De mens is bij deze vorm nog aanwezig om de machines te bedienen. Industriële (technische) automatisering is een ver doorgevoerde mechanisering, waarbij controleren en corrigeren van de mens is overgenomen door computers. De mens blijft nodig bij het schrijven van de programma's. In de automatiseringspiramide wordt een productieproces weergegeven in verschillende lagen vanaf de werkvloer tot het management en deze lagen zijn onderling verbonden door een informatiesysteem (bussysteem). Alle machines in de wereld zijn tegenwoordig met elkaar verbonden (IoT) wat kan leiden tot efficiëntere bedrijfsprocessen, maar de aandacht voor de beveiliging wordt steeds belangrijker. Binnen de automatiseringspiramide kan een elektrotechnicus zijn kennis en vaardigheden in meerdere lagen van de automatiseringspiramide laten gelden, zoals in de Sensor- & actuator laag, PLC-laag en de SCADA-laag.

De verschillende onderwerpen in de onderste drie lagen van de automatiseringspiramide zijn voor de studenten van belang. De informatie en de kennis uit deze drie lagen is complex voor de studenten en bij de keuze van een onderwijsmodel wordt gelet op de toepasbaarheid van het model in een realistische technische omgeving.

Deze conclusie leidt tot de volgende ontwerpspecificaties:

*Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing.*

- Onderwerpen voor IA worden uit de laag Field level en Proces Control Level van de automatiseringspiramide afgeleid.
- De student moet zijn technische vaardigheden in hardware en software ontwikkelen voor industriële automatisering.
- De student moet zijn persoonlijke kwaliteiten ontwikkelen om gebruikerseisen te vertalen naar specifieke informatie.

*Gebruikerseisen: eisen ten aanzien van het gebruiksgemak en geschiktheid van de oplossing.*

- De docent moet op de hoogte zijn van de laatste ontwikkelingen in IA.

*Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt.*

- Industriële automatisering moet binnen de leerlijnen van De Bie worden ontwikkeld.
- De aanwezige onderwijsmiddelen (hardware, software) voor industriële automatisering bij de opleiding werktuigbouwkunde worden gebruikt

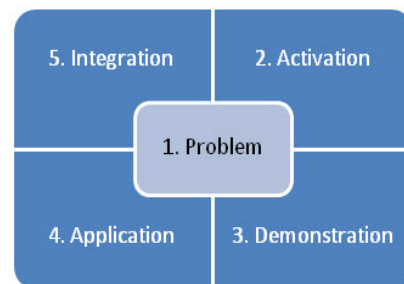
### 3.3.4. Een bruikbaar onderwijsmodel

*'Welk onderwijsmodel is bruikbaar binnen de gegeven context?'*

De opleiding elektrotechniek heeft gekozen voor CGO (Hogeschool Inholland, 2011). Gezien het opleidingsprofiel, waarin wordt gesproken over kerntaken die in de beroepspraktijk door een student uitgevoerd moeten kunnen worden in een omgeving die realistisch en authentiek moet zijn, ligt het voor de hand om een onderwijskundig ontwerp te kiezen op basis van een taakanalyse om zo tot een (her)ontwerpstrategie te komen.

Merrill (2002) heeft verschillende onderwijskundige ontwerpen (instructional design) met elkaar vergeleken in een poging om tot gemeenschappelijke principes voor verschillende theorieën te komen. Merrill komt tot de conclusie na het analyseren van verschillende instructiemodellen dat er vijf principes bestaan om leren bij studenten te stimuleren (zie figuur 4):

- 1) Het oplossen van authentieke problemen
- 2) Activeren van aanwezige voorkennis als basis voor nieuwe kennis
- 3) Nieuwe kennis demonstreren
- 4) Nieuwe kennis toepassen
- 5) Nieuwe kennis integreren



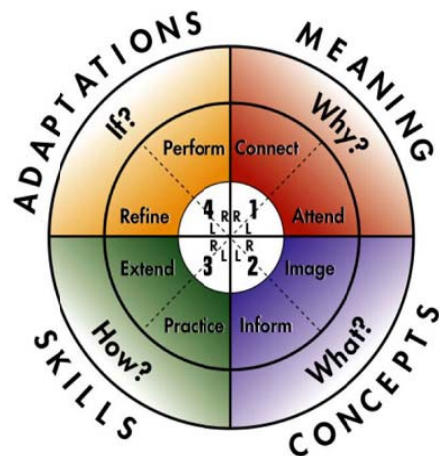
**Figuur 4: First principles of instruction (Merrill, 2002, p45)**

Bij de keuze van een willekeurig onderwijskundig model zullen deze vijf principes aanwezig zijn en is het meer van belang dat het onderwijskundig model past bij het aanleren van de leertaak. Het ontwerpen van technisch onderwijs is gericht op flexibel toepassen van kennis en kunde in de praktijk. Dit vraagt om integratie van kennis, vaardigheden, analytisch vermogen, attitude- en meta-cognitieve aspecten in een competentiegericht leeromgeving (De Bie & De Kleijn, 2001). Het doel is dat studenten tijdens het leerproces in hun hoofd betekenisvolle schema's construeren die hen helpen eerder opgedane kennis in nieuwe situaties toe te passen. Studenten hebben moeite met het integreren en coördineren van het geleerde in realistische situaties (Prince, Van de Wiel, Scherpbier, Van der Vleuten, & Boshuizen, 2000) en studenten missen het vermogen om het geleerde in verschillende situaties toe te passen (Simons, 1990)

Het ontwerpen van krachtig competentiegericht curricula vraagt een nauwkeurige afstemming van leeractiviteiten, instructie en toetsing (Biggs, 1996), waarbij eerst de proeven van bekwaamheden worden bepaald, alvorens leeractiviteiten en instructie worden ontworpen. Dit staat haaks op de gebruikelijke aanpak in het onderwijs, waar de toetsing pas als laatste component van het onderwijs wordt ontworpen.

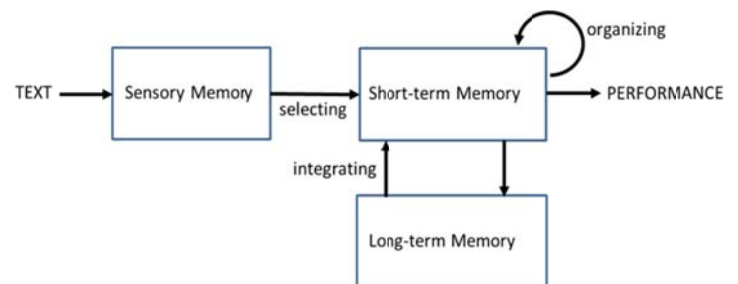
Valcke (2010) beschrijft ontwerpmethoden, zoals het model van McCarthy 4-MAT Cycle of Learning, het SOI-model (Mayer), Procedural Analysis, het model van Dick & Carey, de Component Display Theory (Merrill), Cognitive apprenticeship (Collins, Brown & Newman) en het 4C/ID model van Van Merriënboer.

McCarthy's 4-MAT model (Morris & McCarthy, 1999) beschrijft een 8-stappen sequentieel instructiemodel gebaseerd op de leerstijlen van Kolb (1984) en de werking van beide hersenhelften. Kolb baseert leerstijlen van mensen op een ervaringscyclus, die hij als vier afhankelijke fasen beschrijft. De vier leerstijlen, concreet ervaren, waarnemen en overdenken, abstracte begripsvorming en actief experimenteren, kunnen worden beschreven in termen van de vaardigheden die bij elke fasen horen. Een volledige leerproces volgens McCarthy bestaat uit acht activiteiten, waarin de vier leerstijlen van Kolb dominant zijn en het leerproces bestaat uit het activeren van de rechter- en de linker hersenhelft door antwoord te geven op vragen als 'Waarom', 'Wat', 'Hoe' en 'Als' (figuur 5). De vier stappen in het leerproces zijn: *'van aanvoelen naar reflecteren'*, *'van reflecteren naar ontwikkelen van concepten'*, *'van ontwikkelen concepten naar actief experimenteren'* en *'van actief experimenteren naar aanvoelen'*.



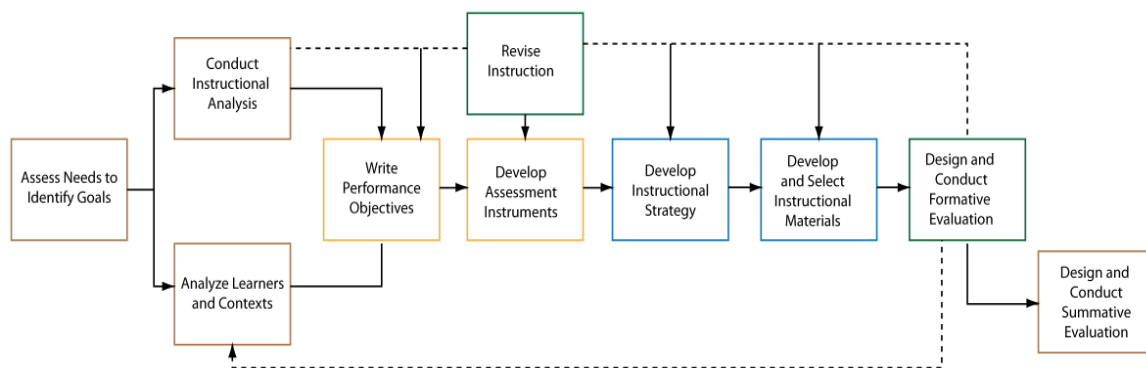
Figuur 5: Cyclische leerproces van McCarthy (Morris & McCarthy, 1999, p. 20)

Mayer's SOI-model (1996) is gebaseerd op drie cognitieve processen tijdens het leren, *'selecteren van relevante informatie'*, *'organiseren van binnenkomende informatie'* en *'integreren van nieuwe informatie met aanwezige kennis en informatie'*. Het SOI-model is een afkorting voor Selectie, Organisatie en Integratie. Volgens Mayer ontstaat constructivistisch en betekenisvol leren als binnenkomende informatie adequaat wordt verwerkt, na een proces van selecteren, organiseren en integreren van informatie (figuur 6).



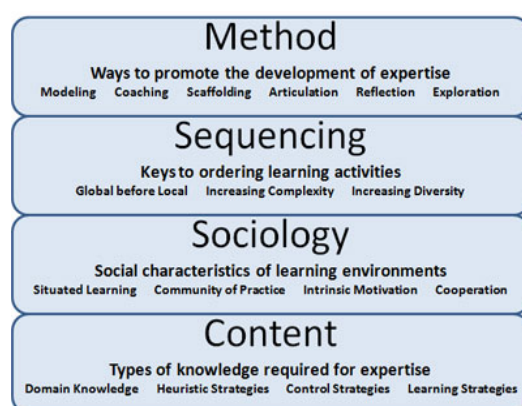
Figuur 6: Drie cognitieve processen in het leerproces (Mayer, 1996, p. 365)

Het model van Dick en Carey (2001) is een lineair instructional design model, waar gebruik wordt gemaakt van beperkte mogelijkheden om te veranderen, omdat alle stappen zijn vastgelegd. Lineaire modellen herkennen geen complexiteit van het ontwerpproces. Het model van Dick en Carey volgt een meer behavioristische benadering. Meer in het bijzonder veronderstelt het een betrouwbare koppeling tussen prikkel en respons. Het model (figuur 7) beschrijft een lineair proces waar de instructie is opgesplitst in kleine componenten. De ontwerpers identificeren subvaardigheden die in volgorde moeten worden beheerst voordat studenten het beoogde gedrag hebben geleerd.



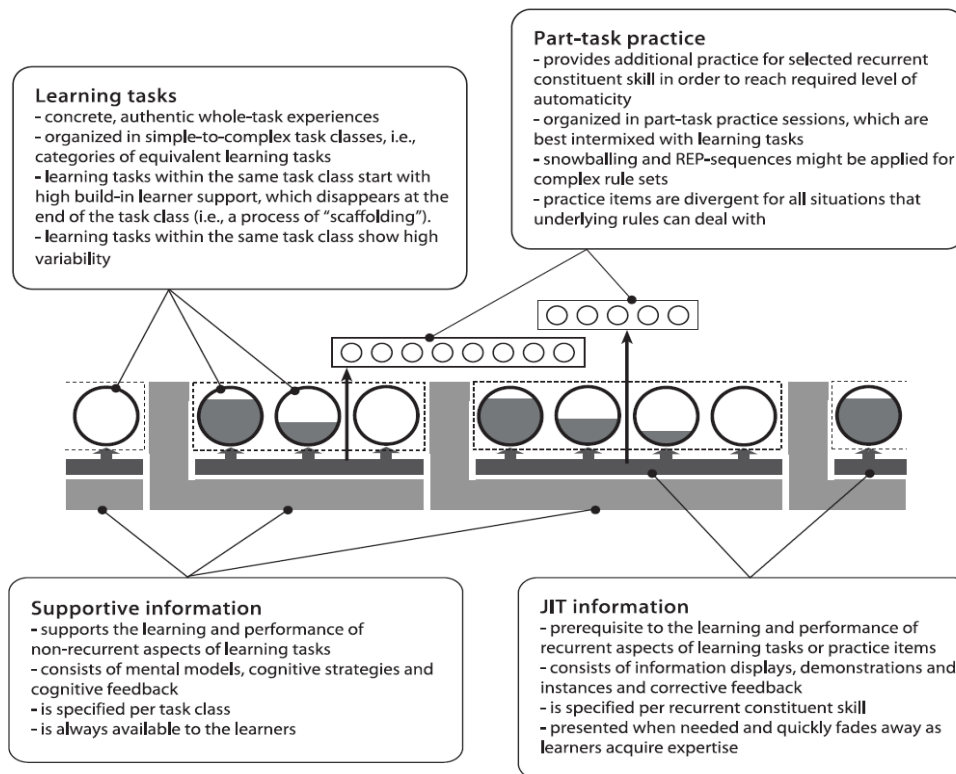
Figuur 7: Systematisch ontwerpproces (Dick & Carey, 2001, pp. 2-3)

In het cognitive apprenticeship van Collins, Brown en Newman (1989) wordt leren gezien als ‘Leren door begeleiding van een expert’ voor cognitieve en metacognitieve processen in plaats van fysieke, vaardigheden en processen. Het is de taak van de docent om het curriculum naar de context te vertalen zodat zinvolle authentieke opdrachten ontstaan (figuur 8).



Figuur 8: Model van Cognitive apprenticeship (Collins, Brown, & Newman, 1989, p. 459)

In figuur 9 is het 4C/ID model van Van Merriënboer (2002) grafisch weergegeven. Dit model is ontwikkeld voor instructie met betrekking tot het aanleren van complexe vaardigheden (kennis opgebouwd uit deelvaardigheden). Bij een complexe vaardigheid gaat het om flexibel combineren en coördineren van een samenstelsel van vaardigheden, terwijl de situatie waarin de vaardigheid wordt uitgevoerd veranderd. Een expert kan sommige vaardigheden simultaan uitvoeren en andere vaardigheden juist na elkaar (Janssen-Noordman & Van Merriënboer, 2002). De kwaliteit van het leren ligt in het leren coördineren en integreren van de afzonderlijke deelvaardigheden die samen de levensechte vaardigheid constitueren. De theoretische grondslag van het model ligt in de cognitieve belastingstheorie van Sweller (1988). Deze theorie legt het verschil uit van de geheugenwerking van experts en studenten. Experts denken veel in schema's, waardoor de expert een probleem snel herkent en kan oplossen op grond eerdere opgeslagen ervaringen. Een student heeft deze ervaring niet en zal bij het uitvoeren van een complexe taak tijdelijk 'overbelast' worden. Een goed onderwijsmodel steunt de student hierin door aanbieden van reeksen authentieke taken die oplopen in complexiteit.



Figuur 9: Het 4C/ID model (Van Merriënboer, Clark, & De Croock, 2002, p. 44)

De laatste twee genoemde modellen zijn relevant voor een onderwijsontwerp bij de opleiding elektrotechniek, omdat in deze twee modellen wordt uitgegaan van authentieke opdrachten en op transfereerbare kennis en vaardigheden. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op deze twee ontwerpmethoden die een uitgangspunt lijken te bieden voor het ontwerpen van competentiegericht curriculum: het cognitive apprenticeship model en het 4C/ID-model.

### Het Cognitive Apprenticeship Model

Collins, Brown en Newman (1989) hebben een model gebaseerd op cognitivistische ideeën over leren. Het model is gebaseerd op de vroegere relatie van meester-gezel waarin nieuwkomers zoveel mogelijk leren op de werkplek van de meester zelf. Drie kenmerken staan centraal: modelling, coaching en fading. Bij het opbouwen van een curriculum geeft dit model een aantal aanwijzingen:

- stel authentieke taken staan centraal
- breng toenemende complexiteit aan in taken zodanig dat ze steeds meer vaardigheden en concepten bevatten die expertgedrag weerspiegelen,
- zorg voor voldoende variatie in taakuitvoering
- presenteer taken eerst in hun geheel vooraleer aandacht geschonken wordt aan de afzonderlijke onderdelen.
- zorg voor een goede monitoring van de student zodat de mate van ondersteuning kan worden aangepast aan de specifieke behoefte van de student.

Hoewel het Cognitive Apprenticeship Model aangeeft wat effectieve methoden zijn voor de verwerving van competenties, geeft het nagenoeg geen aanwijzingen aan ontwerpers hoe zij

een competentiegericht leerpraktijk kunnen ontwerpen. Toepassingen en onderzoek met betrekking tot dit model wijzen uit dat deze instructieaanpak zinvol is voor het leren van slecht gedefinieerde, complexe en risico houdende problemen.

Een in het oog springend onderwijskundig instructie-ontwerpmodel is het '*Four Components Instructional Design*' of wel het 4C/ID-model (Janssen-Noordman & Van Merriënboer, 2002). De kern van de 4C/ID-benadering is dat studenten leren door te werken aan vereenvoudigde maar hele, real-life taken. Deze taken worden authentieke leertaken genoemd en zijn ontleend aan de beroepspraktijk. Het 4C/ID-model is vooral geschikt voor opleidingen die gericht zijn op beroepen met goed identificeerbare en representatieve beroepstaken.

### **Het 4C/ID-model**

Het 4C/ID model heeft waardevolle ervaringen opgeleverd voor het hoger beroepsonderwijs. Het 4C/ID model richt zich op het leren van complexe vaardigheden of professionele vaardigheden. Het 4C/ID model karakteriseert vier componenten waarvan de leertaak de belangrijkste is en de andere drie componenten namelijk: ondersteunende informatie, procedurele informatie en deeltaakoefening, zijn daarbij ondersteunend aan de leertaak. Een belangrijk uitgangspunt van het model is de holistische ontwerp aanpak dat start met een analyse van beroepstaken. Studenten oefenen vanaf het begin met het combineren en integreren van verschillende aspecten van de taken. Dit onderwijsmodel kan gebruikt worden om het curriculum in zijn geheel te ontwerpen, maar het is ook geschikt om onderdelen van het curriculum te herontwerpen (Janssen-Noordman, 2006).

Een leeromgeving die volgens het 4C/ID-model is ontwikkeld bestaat uit vier samenhangende componenten met elk een eigen vorm van leren:

1. Leertaken: concrete authentieke '*hele-taak*' ervaringen die worden aangeboden aan studenten. Het stimuleren van inductie: cognitieve schema's ontwikkelen door bewuste abstractie en generalisatie vanuit concrete ervaringen.
2. Ondersteunende informatie: informatie die bij het uitvoeren en leren van probleem oplosaspecten en redeneeraspecten van leertaken ondersteunt. Het koppelt nieuwe informatie aan de voorkennis die studenten al hebben. Het stimuleren van elaboratie: bestaande cognitieve schema's verrijken door nieuwe informatie-elementen op zinvolle manier te relateren.
3. Procedurele informatie: informatie die voorwaardelijk is voor het leren en uitvoeren van routineaspecten van leertaken. Het richten op compilatie van kennis: studenten vormen geautomatiseerde schema's die hen in staat stellen om bepaalde taakaspecten snel, foutloos en zonder bewuste controle uit te voeren.
4. Deeltaakoefening: extra oefeningen die aan studenten worden aangeboden om de automatisering van geselecteerde routineaspecten te bevorderen. Het versterken van geautomatiseerde schema's door herhaling en langdurige oefening.

De leertaken zijn in het begin eenvoudig, maar worden steeds meer complex. In het begin van de leertaak krijgt de student veel ondersteuning en kan gebruik maken van verschillende informatie bronnen die hem worden aangeboden. Naarmate de student meer structuur leert, vermindert de ondersteuning totdat de student een leertaak zelfstandig kan uitvoeren. Deze afnemende ondersteuning staat bekend als '*scaffolding*' (van de Pol, Volman, Oort, & Beishuizen, 2013). Belangrijke stappen in de methodiek van het 4C/ID-model zijn het analyseren van de complexiteit van de vaardigheid, het reduceren van de complexiteit

(leertaken van eenvoudig naar complex) en afbouwende ondersteuning bij toenemende zelfstandigheid. In de ontwerpfase (hoofdstuk 5) wordt gedetailleerd ingegaan op het 4C/ID-model om een eerste stap te zetten voor een prototype van een onderwijsontwerp voor IA.

### 3.4. Inspirerende voorbeelden van het onderwijsontwerp

Van Merriënboer et al. (2002) beweren dat het 4C/ID-model effectief is om trainingsprogramma's te ontwikkelen die tot een hogere transfer tussen theorie en praktijk leiden dan de conventionele instructiemethoden. De effectiviteit en de bruikbaarheid van krachtige leeromgevingen zijn vooral getest op onderzoeksniveau.

Het eerste '*best practice*' van het 4C/ID model wordt beschreven door Hooyer en Nedermeijer (2001). Zij beschrijven hoe langs '*de Koninklijke weg*' van beroepsprofiel en opleidingsprofiel een blauwdruk van een concreet leerplan is ontworpen voor de HEO-opleiding Asian Trade Management en dat is gewerkt aan de implementatie. Centraal staan kritische beroepsvaardigheden die het resultaat zijn van een onderwijskundige bewerking van de bekwaamheden van de Trade Manager. Van studenten wordt in dit vernieuwde curriculum een toenemende zelfstandigheid verwacht. De leertaak ontwikkelt zich van eenvoudig naar meer complex, specialistisch en innovatief. Het bestaande onderwijsprogramma is opgebouwd uit een project, vaardighedenonderwijs, beroeps overstijgende theorie (lintonderwijs) en studieloopbaanbegeleiding voor de reflectie. Hierin staan de kritische beroepsvaardigheden van een manager centraal. De rol van de docent verandert van doceren naar begeleiden, van vakdocent naar vakoverstijgend docent in krachtige leeromgevingen, van collega in vakgroep naar teamlid in multidisciplinair team (Vermunt, 2007). De docent geeft de student impulsen en stimuleert de student om zelfstandig te leren en te werken met toenemende eigen verantwoordelijkheid. Verder maakt de docent de student bewust van zijn eigen kunnen (persoonlijke kwaliteiten).

Een tweede '*best practice*' wordt beschreven door Hoogveld en Steinen (2008). De propedeuse van de hbo-opleiding Facility Management aan de Hogeschool Zuyd is van 2003 tot 2006 herontworpen. Het onderwijs integreerde theorie en praktijk te weinig. Men wilde een programma dat eerstejaarsstudenten meer kon laten ervaren wat de eigenlijke kern is van het werk dat zij later zouden moeten gaan doen en dat hen tevens voldoende kennis en praktisch inzicht daarvoor zou bijbrengen. Dat vraagt om een instructieontwerpmethode, die gericht is op het verwerven van complexe vaardigheden en het opdoen van expertise in realistische authentieke settings. Een dergelijke benadering is het Vier Componenten Instructieontwerp (4C/ID) model. Aan de hand van verzamelde proces- en evaluatiegegevens en gestructureerde interviews met studenten en ontwerpers werd duidelijk gemaakt in hoeverre de gebruikte ontwerpaanpak de overstap op een competentiegericht curriculum heeft ondersteund.

## **Ontwerpspecificaties:**

*Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing.*

- De context in het onderwijs lijkt zoveel mogelijk op de beroepspraktijk.
- Kritische kerntaken staan centraal in CGO.
- De studenten moet leren zelfstandig, verantwoordelijk te werken en te reflecteren op zijn werk.
- De studenten moet leren vakkennis en methoden te gebruiken voor oplossingen van verschillende problemen in de praktijk (bevorderen van transfer).
- De student moet gestimuleerd worden zelf aan de slag te gaan.

*Gebruikerseisen: eisen ten aanzien van het gebruiksgemak en geschiktheid van de oplossing.*

- De docent geeft impulsen aan de student tot zelfstandig leren en werken met toenemende eigen verantwoordelijkheid.
- De docent werkt vakoverstijgend in realistische leeromgevingen.
- Docenten leren van elkaar en werken samen in een team.

*Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt.*

- Het onderwijsprogramma bestaat uit projecten, vaardigheden, theorie en studieloopbaan begeleiding.
- Onderwijs is gericht op leren van student.

De integrale leerlijn wordt in samenwerking met de beroepspraktijk ontwikkeld, vormgegeven en uitgevoerd.

Uit het vooronderzoek zijn de ontwerpspecificaties: functionele eisen, gebruikerseisen en randvoorwaarden geformuleerd. Deze ontwerpspecificaties worden in het volgende hoofdstuk per ontwerpspecificatie in een tabel samengevat en in welk onderdeel van het vooronderzoek dit is vastgesteld.

### 3.5 Ontwerpspecificaties

Het belangrijkste doel is dat een invulling voor IA wordt ondersteund door het team elektrotechniek en de beroepspraktijk. Uit het vooronderzoek zijn ontwerpspecificaties afgeleid en deze worden per categorie: functionele eisen, gebruikerseisen en randvoorwaarden samengevat in de volgende paragrafen.

#### 3.5.1 Functionele eisen uit vooronderzoek

In onderstaande tabel staan alle functionele eisen vermeld die in het vooronderzoek naar voren zijn gekomen. In de kolommen achter de eisen staat aangegeven in welke fase van het onderzoek de eis naar voren is gekomen.

| nr | Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing                                                                | Behoefte | Context | Literatuur | Best practice |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|------------|---------------|
| 1  | De opleiding elektrotechniek en de beroepspraktijk moeten samen vorm geven aan industriële automatisering.                                           |          |         |            |               |
| 2  | Industriële automatisering vormt een verbindende factor tussen de opleidingen elektrotechniek en werktuigbouwkunde.                                  |          |         |            |               |
| 3  | Binnen industriële automatisering moeten technische vaardigheden (de kerntaken) en persoonlijke kwaliteiten worden ontwikkeld.                       |          |         |            |               |
| 4  | Het moet voor de student duidelijk zijn dat samenwerken in een team bijdraagt om eigen zelfstandigheid en zelfsturing van de student te ontwikkelen. |          |         |            |               |
| 5  | Het moet voor de student duidelijk zijn actief te leren, zelf na te denken en informatie op te zoeken en te koppelen aan aanwezige kennis.           |          |         |            |               |
| 6  | Het moet voor de student duidelijk zijn om te leren reflecteren binnen een case, over een case, over het proces en over de onderzoeksmethode.        |          |         |            |               |
| 7  | In de integrale leerlijn moet een beroepsproduct in een herkenbare, beroeps realistische omgeving gerealiseerd worden.                               |          |         |            |               |
| 8  | De beroepsgerichtheid van de student moet vergroot worden.                                                                                           |          |         |            |               |
| 9  | De student moet multi-inzetbaar en proactief zijn.                                                                                                   |          |         |            |               |
| 10 | De student moet geconfronteerd worden met kerntaken en kernproblemen uit de beroepspraktijk van een industrieel automatiseerder.                     |          |         |            |               |
| 11 | Onderwijs lijkt zoveel mogelijk op de beroepspraktijk.                                                                                               |          |         |            |               |
| 12 | Kritische kerntaken staan centraal in CGO.                                                                                                           |          |         |            |               |
| 13 | De studenten moet leren zelfstandig, verantwoordelijk te werken en te reflecteren op zijn werk.                                                      |          |         |            |               |
| 14 | De studenten moet leren vakkennis en methoden te gebruiken voor oplossingen van verschillende problemen in de praktijk (bevorderen van transfer).    |          |         |            |               |
| 15 | De student moet gestimuleerd worden zelf aan de slag te gaan.                                                                                        |          |         |            |               |

### 3.5.2 Gebruikerseisen uit vooronderzoek

In onderstaande tabel staan alle gebruikers eisen die in het vooronderzoek naar voren zijn gekomen. In de kolommen er achter staat aangegeven in welk onderzoek de eis naar voren is gekomen.

| nr | Gebruikerseisen: eisen ten aanzien van het gebruiksgemak en geschiktheid van de oplossing.                                          | Behoefte | Context | Literatuur | Best practice |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|------------|---------------|
| 1  | De docent weet welke meerwaarde CGO kan bieden in het onderwijs.                                                                    |          |         |            |               |
| 2  | De docent weet welke meerwaarde het begeleiden van studenten krijgt als de docent op de hoogte is van verschillende leervoorkeuren. |          |         |            |               |
| 3  | De docent geeft impulsen aan de student tot zelfstandig leren en werken met toenemende eigen verantwoordelijkheid.                  |          |         |            |               |
| 4  | De docent werkt vakoverstijgend in realistische leeromgevingen.                                                                     |          |         |            |               |
| 5  | Docenten leren van elkaar en werken samen in een team.                                                                              |          |         |            |               |

### 3.5.3 Randvoorwaarden uit vooronderzoek

In onderstaande tabel staan alle randvoorwaarden die in het vooronderzoek naar voren zijn gekomen. In de kolommen er achter staat aangegeven in welk onderzoek de randvoorwaarden naar voren is gekomen.

| nr | Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt                                     | Behoefte | Context | Literatuur | Best practice |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|------------|---------------|
| 1  | Industriële automatisering moet binnen de leerlijnen van De Bie worden ontwikkeld.                                                                                          |          |         |            |               |
| 2  | De aanwezige onderwijsmiddelen (hardware, software) voor industriële automatisering bij de opleiding werktuigbouwkunde worden gebruikt.                                     |          |         |            |               |
| 3  | Het onderwijs van de opleiding elektrotechniek is vormgegeven volgens de leerlijnen van De Bie, waarin rekening wordt gehouden met verschillende leerstijlen van studenten. |          |         |            |               |
| 4  | De integrale leerlijn wordt in samenwerking met de beroepspraktijk ontwikkeld, vormgegeven en uitgevoerd.                                                                   |          |         |            |               |
| 5  | De student ontwikkelt vaktechnische- en algemene competenties welke zijn vastgelegd in het landelijk competentieprofiel van het domein engineering.                         |          |         |            |               |
| 6  | De opleiding geeft competentiegericht onderwijs, dat betekent dat het beroepscompetentieprofiel samen met de beroepspraktijk is opgesteld.                                  |          |         |            |               |
| 7  | Er moet een realistische, authentieke context gerealiseerd worden voor het uitvoeren van de kerntaken.                                                                      |          |         |            |               |
| 8  | Het onderwijsprogramma bestaat uit projecten, vaardigheden, theorie en studieloopbaan begeleiding.                                                                          |          |         |            |               |
| 9  | Onderwijs is gericht op leren van student.                                                                                                                                  |          |         |            |               |

## 4. Methodologie

Dit praktijkonderzoek is zoals eerder beschreven gericht op het invoeren van industriële automatisering bij de opleiding elektrotechniek. Naast het beschrijven en verklaren van het onderwerp is een eerste prototype voor de onderwijspraktijk ontwikkeld en in een focusgroep bijeenkomst voorgelegd aan collega docenten om de bruikbaarheid en effectiviteit van dit prototype te evalueren. Het onderzoek gaat in op de uitgangspunten, behoeften en mogelijke andere middelen zoals de organisatie, materialen en op het behalen van de vereiste competenties van de studenten (Harinck, 2013). De opzet van dit ontwerpgerichte onderzoek is hoofdzakelijk kwalitatief van aard. Daarbij is gezocht naar inhoud en binnen de verzamelde data die in woorden zijn uitgedrukt. De data die is verzameld komt uit interviews met experts uit de beroepspraktijk, gegevens van internet (vacaturescan, technische hogescholen in NL) en uit documenten. Bij kwalitatief onderzoek wordt niet-gestandaardiseerde data verzameld (Verhoeven, 2011). In dit onderzoek is een inventarisatie naar de zienswijzen van experts uit de beroepspraktijk op industriële automatisering uitgevoerd. De onderzoeker heeft vijf interviews met experts gehouden, van deze interviews is een transcript gemaakt, om hieruit een zo nauwkeurig mogelijke verslag te maken die vervolgens is opgestuurd naar de betrokkenen ter controle en (eventuele) aanvulling (Verhoeven, 2011).

Het selectieproces van de experts is een keuze van de onderzoeker. In een eerder gehouden onderzoek heeft Verheul (2013) vier vertegenwoordigers van bedrijven uit Noord Holland gesproken. De keuze van Verheul voor deze bedrijven komt voort uit de vertegenwoordiging van leden in de beroepenveldcommissie (Digit, Cofely, Stemar Engineering, Marine bedrijf, ECN, Rolan Robotics, Excorin, Domas, Tata steel). Drie bedrijven hebben hun medewerking toegezegd aan een oriënterend onderzoek naar IA. Een vierde bedrijf (Festo) is gekozen door Verheul omdat dit bedrijf veel didactisch materiaal ontwikkeld voor het onderwijs en de hogeschool al contact met dit bedrijf heeft. Deze vier bedrijven hebben aangegeven wat zij belangrijk vinden als invulling voor IA (bijlage I). De onderzoeker heeft zijn netwerk gebruikt om vier andere bedrijven met verschillend specialisme te selecteren om op deze manier een beeld te krijgen van wat de beroepspraktijk als invulling voor IA wenst. Bij de opleiding werktuigbouwkunde is een collega werkzaam die in het verleden heeft gewerkt bij een systeem integrator en nauw betrokken is geweest bij industriële automatisering. De keuze van de geselecteerde bedrijven is gebaseerd op de twee niveaus binnen de automatiseringspiramide, het '*Field Level*' en het '*Proces Controlled Level*'. Verder heeft de onderzoeker twee gastdocenten (Sick, Siemens) uit de beroepspraktijk in een kort vraaggesprek gesproken over de laatste ontwikkelingen in hun vakgebied.

Enkele kenmerken van de geselecteerde bedrijven zijn: het eerste bedrijf levert aandrijvingen (motoren en servo) inclusief de aansturing voor machines, het tweede bedrijf levert componenten voor het gehele automatiseringsproces en ondersteunt de klant bij de keuze. Het derde bedrijf is een ingenieursbureau en ontwerpt voor klanten automatiseringsoplossingen. Het vierde bedrijf is een system integrator. De functie van een system integrator kan vanuit twee invalshoeken worden ingevuld. Als hoofdaannemer voor een totale projectrealisatie (ontwerpen, bouwen, koppelen van componenten en systemen) of als leverancier van functionele oplossingen om met behulp van besturings- en automatiseringssystemen informatie te verzamelen, te bewerken en te distribueren om efficiënt processen aan te sturen en te monitoren. De ene gastdocent werkt bij een bedrijf die gespecialiseerd is in de ontwikkeling van sensoren voor het detecteren van verschillende

producten met verschillende technieken ('*Field Level*'). De andere gastdocent werkt bij een toonaangevend bedrijf op het gebied van automatiseren en heeft een lezing gegeven over de keuze van aandrijvingen ('*Field Level*').

De interviews met experts uit de beroepspraktijk heeft een rijke dataverzameling opgeleverd. In het onderzoek zijn meerdere instrumenten ingezet, waaronder een literatuuronderzoek, deskresearch, interviews en een focusgroep bijeenkomst.

#### 4.1. Keuze instrumenten

1. Deskresearch

De notulen van de beroepenveldcommissie, de verslaglegging van het oriënterende onderzoek naar de integratie opleidingen van Verheul om te achterhalen welke ontwikkelingen tot nu toe zijn bereikt. Wat is in de '*Body of Knowledge*' (BoKS) van elektrotechniek beschreven over competenties en niveaus. Dit geeft een overzicht van de competenties die door alle elektrotechniek opleidingen in Nederland wordt gehanteerd. Wat doen andere hogescholen in Nederland aan IA. Er is onderzoek naar de verschillende curricula gedaan op internet van de opleidingen elektrotechniek, werktuigbouwkunde, mechatronica, industriële automatisering, omdat op Hogeschool Inholland Alkmaar de opleidingen elektrotechniek en werktuigbouwkunde aandacht besteden aan IA. Op internet is een vacaturescan uitgevoerd met zoektermen als '*industriële automatisering*' en '*technische automatisering*' (bijlage E). Deze scan levert onderwerpen van hard- en software op het gebied van IA op, maar ook informatie over kerntaken en kernkwalificaties wat het werkveld vraagt van een hbo-ingenieur. Een programmaonderzoek bij hogescholen in Nederland laat zien wat op dit moment bij de opleidingen elektrotechniek en werktuigbouwkunde aan IA wordt gegeven.

2. Semigestructureerde interviews

Er zijn semigestructureerde interviews gehouden met experts op het gebied van IA, waaronder een docent WTB en vertegenwoordigers uit de beroepspraktijk die met IA hebben te maken. Na twee gastlessen over specifieke onderwerpen uit IA is achteraf een vraaggesprek gehouden met de vertegenwoordiger van dat bedrijf over het besproken onderwerp, het belang van dit onderwerp voor IA en nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied.

3. Focusgroep bijeenkomst

In de focusgroep bijeenkomst is het onderwijsontwerp geëvalueerd met betrekking tot de kwaliteitscriteria van evaluatie van Nieveen (Plomp & Nieveen, 2009) zodat eventuele aanpassingen in het onderwijsontwerp kunnen worden verwerkt. Met het bespreken van de kwaliteitscriteria in de focusgroep heeft iedere deelnemer kunnen aangeven of het onderwijsontwerp relevant, consistent, effectief en bruikbaar is. Door het onderwijsontwerp in het team te bespreken wordt het draagvlak voor het onderzoek groter.

#### 4.2. Verantwoording instrumenten

De kwaliteit van het instrument wordt bij een onderzoek uitgedrukt in termen van betrouwbaarheid en validiteit. De betrouwbaarheid en validiteit van dit onderzoek is verhoogd door het toepassen van meerdere onderzoeksmethoden en/of -technieken. Dit wordt ook wel het triangulatieprincipe genoemd (Robson, 2011). In dit onderzoek zijn verschillende onderzoeksinstrumenten gebruikt, namelijk een literatuurstudie, documentenanalyse, vacaturescan, het houden van semigestructureerde interviews en een focusgroep

bijeenkomst, die allen onderwerpen opleveren die van belang kunnen zijn bij IA. Als uit verschillend onderzoek eenzelfde onderwerp of uitspraak naar voren komt wordt de betekenis voor IA groter.

Betrouwbaarheid betekent dat bij herhaling van een '*meting*' over hetzelfde onderwerp en onder gelijke omstandigheden dezelfde uitkomsten worden verkregen (Robson, 2000; Baarda, et al., 2013; Verhoeven, 2011). Dit betekent bij herhaling van de meting met een andere dataset voor bijvoorbeeld de vacaturescan dezelfde resultaten worden gemeten. De resultaten uit het literatuuronderzoek vormen de basis voor de verschillende onderwerpen binnen industriële automatisering. Het instrument '*vacaturescan*' is aan collega onderzoekers uit de afstudeerkring voorgelegd om feedback op het instrument te krijgen om eventueel het instrument te verbeteren of aan te passen. Verder zijn de interviewvragen aan een collega docent voorgelegd om de formuleringen van de vragen te controleren, zodat duidelijk is wat met de vragen wordt bedoeld. In de bijlage is het resultaat van de vacaturescan en de interviews samen met de analysedocumenten opgenomen. De methodische verantwoording zou het mogelijk moeten maken om dit onderzoek te kunnen herhalen met een andere data-verzameling

Bij validiteit of geldigheid controleer je of '*je meet wat je wilt weten*' en of de kwaliteit van de gegevens een geldige weergave zijn van de praktijk (Verhoeven, 2011; Baarda, et al., 2013; Boeije, 2014). De interviews zijn met toestemming van de respondenten opgenomen en verwerkt tot verslagen. Deze verslagen zijn als membercheck aan de respondenten voorgelegd om te controleren op juistheid en volledigheid. De data-analyse is door een collega-onderzoeker en collega docent gecontroleerd om te kijken of er is gemeten wat er is bedoeld en of de analyse navolgbaar is uitgevoerd. In verschillende fasen van het onderzoek is overleg met collega docenten geweest die niet bij het onderzoek zijn betrokken voor het geven van feedback (Robson, 2011).

Binnen dit onderzoek is gebruik gemaakt van triangulatie. In het literatuuronderzoek naar industriële automatisering is via de automatiseringspiramide op verschillende onderwerpen uitgekomen. In de interviews met experts uit de beroepspraktijk zijn dezelfde onderwerpen ter sprake gekomen. Verder komen in de advertenties welke zijn opgesteld door de bedrijven ook dezelfde onderwerpen ter sprake. Het raadplegen van de verschillende databronnen levert dezelfde uitkomsten op, waarmee de betrouwbaarheid van dit onderzoek is verhoogd (Harinck, 2013; Baarda, et al., 2013).

#### 4.2.1. Interview

Het raadplegen van de beroepspraktijk is gedaan met een semigestructureerd interview. De vragen van het interview liggen vast, maar de respondent krijgt de ruimte voor eigen inbreng (Baarda, et al., 2013). Het interview heeft een open karakter en stelt de onderzoeker in de gelegenheid zich verder op het onderwerp IA te oriënteren. Verder heeft de onderzoeker doorgevraagd op de antwoorden van de respondent bij onduidelijkheden. Als belangrijke onderwerpen uit de topiclijst, samengesteld op basis van de literatuurstudie over IA en het resultaat uit de vacaturescan, niet zijn besproken worden deze onderwerpen door de onderzoeker aan de respondent voorgelegd. Tijdens het interview is door de onderzoeker aantekeningen gemaakt om na elk antwoord en aan het einde van het interview een korte samenvatting te geven om te controleren of de onderzoeker de antwoorden van de respondent goed heeft begrepen. Het protocol van het interview in de bijlage opgenomen.

In een eerder onderzoek heeft Verheul (2013) respondenten uit de beroepspraktijk geïnterviewd over IA. De bedrijven die aan dit onderzoek hebben meegewerkt zijn: Digit, Cofely, Festo en ECN. De onderwerpen die bij deze interviews zijn genoemd worden in bijlage H vermeld. Bij de selectie van de respondenten in dit onderzoek heeft de onderzoeker gebruik gemaakt van zijn eigen netwerk. Door een spreiding in het specialisme van de beroepspraktijk te kiezen (aandrijftechniek, ingenieursbureau, componentenleverancier en system integrator) wordt een groot gedeelte van de beroepspraktijk gerepresenteerd. De bedrijven die hebben meegewerkt zijn: SEW, Tebodin, Schneider Electric en Bosma & Bronckhorst. Twee vertegenwoordigers van de bedrijven Siemens (servodrives) en Sick (sensoren) hebben een gastcollege verzorgd voor studenten en deze zijn eveneens kort geïnterviewd.

Bij alle interviews is aan de betrokken personen toestemming gevraagd om het gesprek op te nemen. Van de interviews is een transcript uitgewerkt en op een later tijdstip is van het interview een verslag gemaakt en aan de betrokken persoon ter controle voorgelegd. Het doel is te controleren of het verslag een juiste weergave is van het interview of dat het verslag moeten worden verbeterd en/of aangevuld. De onderzoeker bepaalt zelf of opmerkingen van de respondent worden verwerkt. Deze werkwijze wordt membercheck genoemd (Harinck, 2013). De uitgewerkte transcripts zijn bij de onderzoeker op te vragen. Het protocol van het semigestructureerde interview, de vragenlijst en het analysedocument staan in bijlage C.

#### **4.2.2. Focusgroep bijeenkomst**

Een focusgroep bijeenkomst is een groepsinterview met een specifiek onderwerp of focus waarin gebruik wordt gemaakt van de sociale interactie tussen de deelnemers (Harinck, 2013). Door de groep in de voortgang van het onderzoek te betrekken draagt dit bij aan het creëren van draagvlak voor het onderzoek. Het doel van de focusgroep bijeenkomst is het inventariseren van drie onderwerpen (SLO, 2014):

1. Welke theorievakken in het huidige curriculum van de opleiding elektrotechniek wordt aangeboden wat bruikbaar is bij IA. De docenten noteerden individueel hun vakken die relevant zijn voor IA op een formulier waarop de verschillende lagen van de automatiseringspiramide zijn weergegeven.
2. Vervolgens zijn docenten plenair in gesprek gegaan om de resultaten uit de literatuurstudie en de vacaturescan (onderwerpen voor IA) bij de vakken te plaatsen. De onderwerpen die niet binnen de bestaande vakken konden worden geplaatst, zijn in een nieuw theorievak binnen de conceptuele leerlijn ondergebracht of deze onderwerpen kunnen in de vorm van een ondersteuning worden verzorgd door het bedrijf binnen de integrale leerlijn.
3. Als laatste onderwerp zijn de kwaliteitscriteria van Nieveen (In Plomp & Nieveen, 2009, pp. 89-101) besproken. De relevantie en consistentie komen aan de orde, maar over de bruikbaarheid en effectiviteit van het onderwijsontwerp wordt alleen de verwachte bruikbaarheid en effectiviteit besproken, omdat het eerste prototype niet is uitgevoerd.

Het protocol van de focusgroep bijeenkomst, de overzichten en de dia's uit de power point staan in bijlage D.

#### **4.2.3. Vacaturescan**

In de advertentie staat een algemene omschrijving van de functie, functie-eisen en een opsomming van onderwerpen waarmee de functie in aanraking komt. In bijlage E staat een fragment van de vacaturescan. De vacaturescan geeft een beeld wat de bedrijven op het gebied van IA in Nederland vinden wat het bedrijf van je verwacht, wat je zou moeten kunnen en met welke hard- en/of software je bij het bedrijf gaat werken. Kortom dit gaat over kerntaken, onderwerpen in IA en competenties. Met de vacaturescan is een groot aantal bedrijven op deze drie onderwerpen onderzocht en kan een bevestiging van de literatuurstudie geven.

#### **4.3. Respondenten in het onderzoek**

Het onderzoek is uitgevoerd onder verschillende belanghebbenden. Ieder die bij het onderzoek belang of interesse heeft kan als stakeholder worden gezien (Robson, 2000). Feitelijk kan dit een zeer breed publiek zijn, maar dit onderzoek beperkt zich tot enkele belangrijke spelers. Het onderzoek is uitgevoerd onder het docententeam, coördinator van de opleiding, de teamleider van WTB/E en vertegenwoordigers van de beroepspraktijk die met IA te maken hebben.

In het team E (docenten van E, coördinator E en teamleider WTB/E) is in een open gesprek over de invoering van IA binnen elektrotechniek gesproken en wat de opbrengst voor de opleiding is van dit onderzoek.

Met de experts (school en bedrijf) is in een semigestructureerd interview over industriële automatisering gesproken. De experts uit het bedrijf geven input vanuit hun expertise van het bedrijf wat van een student wordt verwacht.

De focusgroep bijeenkomst bestond uit vier kerndocenten van de opleiding elektrotechniek dat voor een focusgroep bijeenkomst een minimale groepsgrootte is. Aanbevolen wordt een groepsgrootte van zes tot tien personen die ervaringen en/of meningen met elkaar delen (Harinck, 2013).

#### **4.4. Data-verzameling en analyse**

De onderzoeksgegevens is op kwalitatieve wijze verzameld. Voor het houden van de interviews zijn geen specifieke omstandigheden gecreëerd, maar is de bestaande situatie tevens de onderzoekssituatie. Het tijdstip van de interviews is met experts van te voren afgesproken in het bedrijf op een moment dat het voor de onderzoeker en expert uitkwam. De onderzoeker heeft de rol van gespreksleider vervuld tijdens het interview met de expert. De interviews zijn met toestemming van de respondent opgenomen, het transcript is uitgewerkt, hiervan is een verslag gemaakt en aan de respondent opgestuurd. Het verzamelen van de data is begonnen in december 2014 en heeft tot en met maart 2015 geduurd.

Verhoeven (2011, pp. 304-305) beschrijft acht stappen om kwalitatieve data te verwerken. Het verwerken van kwalitatieve data is ingewikkeld, intensief en een tijdrovend proces, dat in verschillende fasen van gegevensverzameling en analyse plaatsvindt en meerdere malen wordt doorlopen. Het is belangrijk om structuur aan te brengen, sleutelwoorden gebruiken, groeperen, evalueren, coderen en structureren. De onderzoeker heeft op basis van het uitgevoerde literatuuronderzoek en interviews een theoretische sensitiviteit ontwikkelt (Boeije, 2014) en heeft op deze manier naar de verzamelde advertenties en de gekozen woorden gekeken. Het stappenplan is uitgevoerd voor de vacaturescan, de interviews met de experts, een onderzoek naar IA bij hogescholen in Nederland.

#### 4.4.1 Data-verzamelingen

In figuur 10 staat in een overzicht op welke manier data is verzameld en op welk moment van het onderzoek dat heeft plaatsgevonden. Na de figuur 10 wordt elke data verzameling apart toegelicht.

| Fase              | deelvragen                                                                         | onderzoeksmethode | Literatuur/<br>deskresearch                                                                                                                                         | Internetonderzoek<br>(vacaturescan, HS<br>in NL)                                                                                                                    | Semi-gestructureerd<br>interview/vraaggesprek                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vooronderzoek     | Wat zijn competenties en welke definitie is in de opleiding bruikbaar?             |                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                   | Wat is het belang van competentiegericht onderwijs (CGO) voor de beroepspraktijk?  |                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                     |                                                                                       |
| Praktijkonderzoek | Wat is industriële automatisering (IA) en welke onderwerpen zijn bruikbaar in CGO? |                   |   |   |    |
|                   | Welk onderwijsmodel is bruikbaar binnen de gegeven context?                        |                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                     |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|    | Literatuur       |
|   | Deskresearch     |
|  | Vacaturescan     |
|  | HS in NL         |
|  | team WTB/E       |
|  | docent (expert)  |
|  | Expert (bedrijf) |
|  | gastdocent       |

Figuur 10: Data overzicht, in welke fase en hoe data is verkregen

#### Vacaturescan:

Om inzicht te krijgen wat in het bedrijfsleven wordt gevraagd van studenten elektrotechniek in industriële (technische) automatisering is in december 2014 een vacaturescan uitgevoerd. Met verschillende internet zoekmachines (Google.nl, Bing.nl, Yahoo.nl, Ilse.nl, Blekko.com) is gezocht op het trefwoord '*vacatures industriële automatisering*' en zijn advertenties uit verschillende vacaturebanken (techniekvacaturebank.nl, vacatures.nl, Techniek werkt, Indeed.nl, nationale vacaturebank) verzameld in MS-word. In het aanbod van advertenties is gezocht op de trefwoorden: *hbo engineer, electrical engineer, automation engineer, hardware engineer, PLC/SCADA engineer, PLC programmeur/engineer, PLC engineer Robotica, software engineer, project engineer procesbesturing, besturingsengineer, motion controller*. De vacaturescan is een advertentieverzameling van 91 advertenties (N=91) over IA geworden. Deze data is in een Word-document verzameld en verder in MS-Excel geanalyseerd (bijlage E). De informatie in de advertenties bestaat uit de bedrijfsnaam, een functieomschrijving en functie inhoud en -eisen. In de functieomschrijving staat omschreven wat het bedrijf van je verwacht, in de functie inhoud en -eisen wat je kunt. Uit deze omschrijvingen zijn kenmerken (subcodes) in een spreadsheet genoteerd en als een kenmerk ontbreekt, dan is de lijst uitgebreid met dit nieuwe kenmerk. De codes komen voort uit de verzamelde data en worden '*in-vivo*' codes genoemd (Boeije, 2014). In bijlage F staat

de codeboom van de vacaturescan. Om de data te rangschikken is een MS-Excel-sheet ontworpen waarin langs de horizontale as de namen van de bedrijven staan en langs de verticale as alle karakteriserende werkwoorden en zelfstandige naamwoorden uit de advertenties (bijlage E). Onder het eerste bedrijf staan alle teksten aangevinkt. Onder het tweede bedrijf staat ook een opsomming en overeenkomstige teksten onder het eerste bedrijf worden nu ook bij het tweede bedrijf aangevinkt. Dit is voor alle advertenties uitgevoerd. Vier collega's hebben eveneens de vacaturescan doorlopen en aan de hand van de competenties zelfstandige naamwoorden en werkwoorden uit de advertenties gelabeld.

De onderzoeker heeft de gebruikte (sub)codes doorgenomen met zijn '*critical friend*' en als een karakteriserend woord in de advertentie is overslagen dan is dit woord in de MS-Excel-sheet toegevoegd en zijn vervolgens alle advertenties op dit woord gecontroleerd en in de kolom van het desbetreffende bedrijf aangevinkt.

Alle werkwoorden en zelfstandige naamwoorden in de Excel-sheet zijn vergeleken met de acht competenties van de opleiding. De acht competenties hebben een kleur gegeven, zodat een werkwoord/zelfstandig naamwoord uit de Excel-sheet dat overeenkomt met een competentie dezelfde kleur krijgt. Een voorbeeld staat in tabel 4. Er is een open codering (Boeije, 2014) toegepast. Er is nauwelijks geselecteerd op relevante data, want op dit moment weet de onderzoeker nog niet wat hij gaat tegenkomen. Dit is in het begin van de analysefase gebeurd en is een eerste vorm van definiëring van de gevonden begrippen (exploratief).

Tabel 4: Werkwoorden verzameld uit de vacaturescan

|               |                    |
|---------------|--------------------|
| Ontwerpen     | Opstellen          |
| Implementeren | Programmeren       |
| Analyseren    | Testen             |
| Vertalen      | Beheren            |
| Adviseren     | In bedrijf stellen |

Werkwoorden en zelfstandige naamwoorden zijn op basis van termen bij elkaar gezocht. Een voorbeeld van zelfstandige naamwoorden: *doelgerichtheid, betrokkenheid, kritisch vermogen, analytisch vermogen, ambitie en doelmatigheid*. Deze woorden zijn in het woord persoonlijke kenmerken samengevat. De zelfstandige naamwoorden: *PLC, HMI, SCADA, ERP, DCS, Batch control, MES* hebben te maken software en programmeren. Alle woorden die onderling verband met elkaar hebben zijn in een groep geplaatst. Bij het clusteren van de woorden heeft de onderzoeker een keuze gemaakt welke woorden uit de vacaturescan onder een bepaalde competentie worden ingedeeld.

Alle onderwerpen uit de vacaturescan zijn in MS-Excel gerangschikt en is de som van alle onderwerpen bepaald. Uit deze som is een hiërarchie ontstaan van onderwerpen. De grootste som van de onderwerpen geeft aan dat dit door de bedrijven als belangrijk wordt gevonden. Daarna volgt de één na grootste som enzovoort. Een fragment uit de vacaturescan als illustratie staat in tabel 5.

Tabel 5: Fragment uit de vacaturescan

|           |                     |               |    |   |   |   |   |
|-----------|---------------------|---------------|----|---|---|---|---|
| Ontwerpen |                     |               | 75 |   |   |   |   |
|           | schakelkasten       |               | 9  | x |   |   |   |
|           | PLC-programma       |               | 13 |   | x |   | x |
|           | berekeningen        | kortsluitverr | 4  |   |   | x |   |
|           | risicoanalyse       |               | 2  |   |   |   |   |
|           | besturingen         |               | 33 |   |   |   |   |
|           | PCB                 |               | 1  |   |   |   |   |
|           | functioneel ontwerp |               | 13 |   |   |   |   |

Een volledig overzicht van onderwerpen uit de vacaturescan staat in bijlage F.

In de advertenties wordt bijvoorbeeld gesproken over *het ontwerpen van schakelkasten, PLC-programma, PCB en functioneel ontwerp*. Bij alle bedrijven waar dit is omschreven is een vinkje geplaatst, die vervolgens horizontaal bij elkaar worden opgeteld. Schakelkasten worden bij negen bedrijven ontworpen. De som van alle afzonderlijke onderwerpen geeft de totale som achter het werkwoord 'ontwerpen'.

Daarna heeft de onderzoeker verbanden gezocht tussen de onderwerpen. Als uitgangspunt zijn woorden genomen die duidelijk herkenbaar waren in de advertenties, zoals 'ontwerpen' en 'analyseren'. In de advertenties zijn ook woorden gebruikt die hetzelfde betekenen als het begrip 'analyseren' en deze zijn onder 'analyseren' gegroepeerd. Een voorbeeld is 'opstellen van documentatie, technische specificaties, normen/voorschriften'.

Tabel 6: geclusterde woorden uit de vacaturescan

De onderzoeker heeft verder structuur in de begrippen aangebracht en gezocht naar relaties tussen begrippen. In MS-Excel is een overzicht gemaakt van functie-eisen in de vorm van een tabel waarin de verschillende begrippen worden vertegenwoordigd en de grootte waarin zij in de vacaturescan zijn vertegenwoordigd. Deze begrippen zijn vervolgens in verband gebracht met de acht competenties van de opleiding.

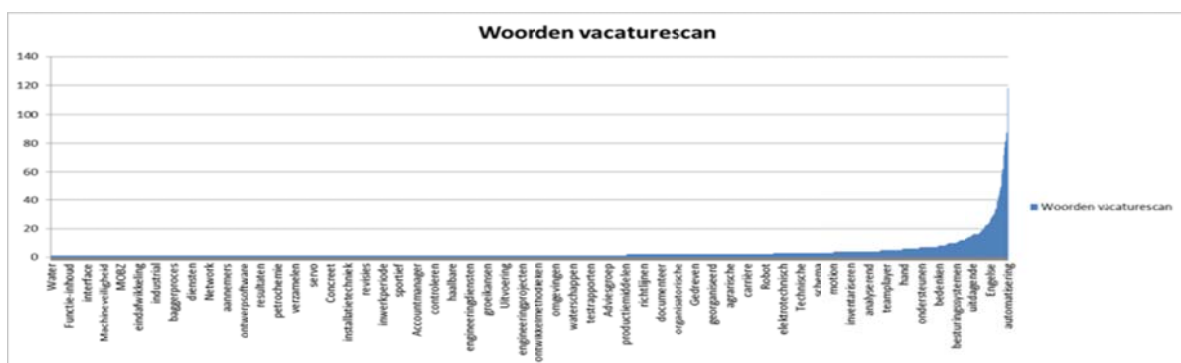
Deze tabel maakt de vertegenwoordiging van elke competentie binnen de opleiding zichtbaar. Vanuit de probleemstelling om de beroepspraktijk te betrekken in het technische onderwijs is in de tabel een overzicht geschetst van de gehanteerde begrippen die zijn gekoppeld aan de competenties van de opleiding.

| Functie-eisen          | totaal |
|------------------------|--------|
| persoonlijke kwaliteit | 207    |
| programmeren           | 164    |
| communicatie           | 162    |
| taal                   | 90     |
| opstellen              | 78     |
| ontwerpen              | 75     |
| techn. onderwerpen     | 73     |
| vertalen               | 43     |
| testen                 | 39     |
| in bedrijf stellen     | 39     |
| implementeren          | 27     |
| beheren                | 15     |
| adviseren              | 14     |
| analyseren             | 11     |

In tabel 6 is de kolom 'totaal' gesorteerd van groot naar klein. In deze gesorteerde lijst is te zien dat de competentie 'persoonlijke kwaliteit' hoog scoort. Op de tweede plaats volgt

'programmeren' wat overeenkomt met de competentie 'realiseren'. De term 'opstellen' uit de tabel komt overeen met de competentie 'analyseren'.

De vacaturescan is op een later tijdstip in het onderzoek met Wordle (2015) geanalyseerd. Wordle kan bepalen hoe vaak een woord in een geïmporteerd bestand voorkomt. De data verzameling met 91 advertenties is geïmporteerd in Wordle. Het resultaat is een verzameling van alle woorden uit de advertenties en de frequentie van alle woorden in de vorm van een getal. De totale data verzameling bestaat uit 17496 woorden, maar in de verzameling komen woorden voor die geen waarde voor het onderzoek hebben, zoals lidwoorden ('de', 'het', 'een'), telwoorden (getallen: '1', '2', '3'), bijwoorden (ten, ter) en woorden zoals 'vanaf', 'adres', 'dagen', 'hbo-diploma'. Deze woorden zijn in een tweede bewerking eruit gefilterd en verwijderd uit de oorspronkelijke data verzameling. De verzameling bestaat na deze eerste bewerking uit 1652 woorden (zie figuur 11).



Figuur 11: frequentietabel van woorden (Wordle, 2015).

De derde bewerking bestaat uit het clusteren van woorden met ongeveer dezelfde betekenis. Voor het clusteren van de woorden zijn de acht competenties van de opleiding als uitgangspunt genomen. Woorden die niet onder de acht competenties geclusterd kunnen worden, krijgen een passende omschrijving met een nieuwe getalwaarde. In bijlage G is een voorbeeld opgenomen van de competenties met daarachter de woorden, die onder de competentie zijn geclusterd en de frequentie van elk woord.

Tabel 7: Clustering van woorden

| Competenties               | totaal |
|----------------------------|--------|
| 9.Persoonlijke kwaliteiten | 896    |
| 6. Adviseren               | 438    |
| 1. Analyseren              | 431    |
| 4. Beheren                 | 219    |
| 5. Managen                 | 281    |
| 2. Ontwerpen               | 245    |
| 3. Realiseren              | 262    |
| 8. Professionaliseren      | 217    |
| 7. Onderzoeken             | 42     |
| 10.Communicatie            | 3      |
|                            |        |
| 12.Hardware                | 881    |
| 11.Proces                  | 387    |
| 13.Software                | 253    |
| 14.Bedrijf                 | 72     |

In tabel 7 is de kolom '*totaal*' gesorteerd van groot naar klein. Deze gesorteerde lijst laat zien dat de competentie '*Persoonlijke kwaliteiten*' en '*Adviseren*' hoog scoren. Kennis van '*Hardware*' is een vereiste. Verder is kennis over het proces nodig om de juiste hardware te kunnen selecteren.

#### Interviews experts:

Er zijn vijf transcripts gemaakt van de interviews met de experts.

- 1) Docent-expert uit de opleiding WTB.
- 2) Expert van Schneider Electric heeft medewerking verleend aan de uitvoer van project 2.4 van afgelopen jaar.
- 3) Expert van SEW-Eurodrive op het gebied van aandrijvingen.
- 4) Expert van Tebodin op het gebied van het ontwerpen van installaties.
- 5) Twee experts van Bosma & Bronkhorst op het gebied van system integrator.

Verder zijn er twee vraaggesprekken geweest met een expert van het bedrijf Sick en het bedrijf Siemens. De onderzoeker heeft na het vraaggesprek enkele aantekeningen gemaakt.

Voor de interviews is een analysedocument gebruikt (bijlage C). Tijdens het interview zijn drie vragen gesteld en de antwoorden van deze vragen zijn in een tabelvorm verzameld. Figuur 12 is een fragment van een analysedocument van expert 6.

| Expert 6 |                            |                                                        |                                |                                                                                                                                         |                                              |
|----------|----------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| nr.      | Thema                      | Interviewvraag                                         | Deductieve labels (literatuur) | Inductieve labels (interview)                                                                                                           | Opmerking                                    |
| 1        | Functie                    | Zou je kunnen vertellen wat je ervaring is in IA?      |                                | werkzaam geweest bij een system integrator (robotbranche), waar automatiseringsprojecten worden vormgegeven, ontworpen en geïnstalleerd |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | nu 5 jaar werkzaam bij WTB                                                                                                              |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | IA vormgeven in PLC en robots                                                                                                           |                                              |
| 2        | Industriële automatisering | Wat versta je onder IA?                                |                                |                                                                                                                                         |                                              |
|          |                            |                                                        |                                |                                                                                                                                         |                                              |
|          |                            |                                                        |                                |                                                                                                                                         |                                              |
|          |                            |                                                        |                                |                                                                                                                                         |                                              |
| 3        | Onderwerpen in IA          | Welke onderwerpen zijn van belang voor de opleiding E? |                                | basis digitale techniek (pneumatische cilinders)                                                                                        | doorlopende leerlijn met theorie en praktijk |
|          |                            |                                                        |                                | PLC (hard-/software; stop-, noodstopprocedure, reset)                                                                                   |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | HMI                                                                                                                                     |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | aandrijftechniek (motor, servo, frequentieregelaars)                                                                                    |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | robots (software)                                                                                                                       |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | netwerken (bustechnologie)                                                                                                              |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | communicatie (profibus, ethernet)                                                                                                       |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | Total Cost of Ownership                                                                                                                 |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | besturingskasten                                                                                                                        |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | machineveiligheid (PL/SIL)                                                                                                              |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | sensoren en actuatoren (veiligheidscomponenten)                                                                                         |                                              |
|          |                            |                                                        |                                | EMC                                                                                                                                     |                                              |

**Figuur 12: Kwalitatieve data van expert 6**

Achter de kolom met interviewvraag staat een kolom met deductieve labels. Deze labels komen uit het literatuuronderzoek en zijn verzameld in een aparte tabel (figuur 13) voor een duidelijk overzicht. Deze deductieve labels zijn het resultaat van het literatuuronderzoek en de vacaturescan. Deze gegevens zijn gebruikt om uitspraken van experts over de onderwerpen met elkaar te vergelijken. Achter de kolom deductieve labels staat een kolom inductieve labels. In deze kolom zijn de antwoorden geplaatst die afkomstig zijn uit een interview. Uit de interviews met de bedrijfsvertegenwoordigers blijkt dat de onderwerpen die ter sprake komen sterk wordt bepaald vanuit hun context naar IA.

| Hardware onderwerpen                                   | Software onderwerpen                |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| PLC                                                    | PLC-programma (Codesys, TIA-portal) |
| HMI                                                    | HMI                                 |
| Scada                                                  | Scada                               |
| ERP                                                    | ERP                                 |
| DCS                                                    | DCS                                 |
| Schakelkasten                                          | Batchcontrol (ISA88)                |
| Besturingen                                            | MES (ISA95)                         |
| Sensoren (vision, optische, beeldverwerking, scanners) | ProcesManagementSysteem             |
| Elektrisch/Hydrauliek/Pneumatiek                       | Eplan                               |
| Veldbussen (CANopen, Ethercat, Profibus/Profinet)      | Tekeningpakket (Acad, 3D)           |
| Aandrijftechnieken (freq., servo, motioncontrol)       |                                     |
|                                                        |                                     |
| Robotica                                               |                                     |
| EMC                                                    |                                     |
| SAT/FAT tests                                          |                                     |
| Veiligheidsfunctie                                     |                                     |
| IO-lijsten                                             |                                     |
| Kosten                                                 |                                     |
| Normen/voorschriften                                   |                                     |

**Figuur 13: Resultaat van literatuuronderzoek en vacaturescan**

Uit het vraaggesprek met de expert van Sick, dat in het proces de instrumentatie (detectie van producten) doet, blijkt dat zij leverancier is van veel verschillende soorten sensoren die allemaal specifieke kenmerken hebben. Het is belangrijk dat een student de toepassingsmogelijkheden van sensoren kent, zijn weg weet te vinden in de online catalogus van Sick (figuur 14) om de juiste sensor te selecteren en welke (extra) maatregelen op een product getroffen moeten worden om het detecteren van producten tot een succes te maken (actief leren).

Het vraaggesprek met de expert van Siemens geeft uitleg op softwareontwikkelingen binnen de IA op het gebied van selecteren van aandrijvingen. De laatste ontwikkelingen zijn gericht op een toenemende snelheid binnen processen. De standaard combinatie van PLC en frequentieregeling met motor wordt in snelle machinebesturingen steeds meer bepaald door motion control. Andere ontwikkelingen zijn gericht op de bediening, het verlenen van service op afstand en beveiliging van processen (Internet of Things).



**Figuur 14: Online productcatalogus Sick**

## Onderzoek naar IA bij Nederlandse hbo-opleidingen elektrotechniek

De hbo-opleidingen elektrotechniek in Nederland hebben zich verenigd in een landelijk overleg om een structurele samenwerking te realiseren (Landelijk Competentieprofiel Elektrotechniek, 2014). In tabel 8 staat een overzicht welke hogescholen zijn aangesloten:

**Tabel 8: Overzicht hogescholen die met de 'BoKS' werken**

|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Avans Hogeschool Den Bosch   | Hogeschool Rotterdam              |
| Avans Hogeschool Breda       | Hogeschool Utrecht                |
| Hogeschool Windesheim        | Hogeschool van Amsterdam          |
| Haagse Hogeschool            | Hogeschool van Arnhem en Nijmegen |
| Fontys Hogescholen Eindhoven | Hogeschool Zuyd (Heerlen)         |
| Fontys Hogescholen Venlo     | NHL Hogeschool                    |
| Hanzehogeschool Groningen    | Saxion Enschede                   |
| Hogeschool Inholland Alkmaar |                                   |

De opleidingen elektrotechniek hebben een minimale gemeenschappelijke basis afgesproken en deze is in de Body of knowledge and skills (BoKS) (HBO-engineering Elektrotechniek, 2014) vastgelegd. De BoKS is als volgt tot stand gekomen: alle aandachtsgebieden in elektrotechniek zijn geïnterpreteerd en opgenomen in een spreadsheet. De opleidingen hebben deze spreadsheet aangevuld door achter elk aandachtsgebieden aan te geven of dit aandachtsgebied: *geen deel uitmaakt van het curriculum* (0), *wordt aangestipt, maar niet uitvoerig behandeld* (1) of *een volwaardig onderwerp is van het curriculum* (2).

De volledig ingevulde spreadsheet geeft een beeld van de minimale gemeenschappelijke basis. In de beroepenveldcommissie van elke opleiding is dit resultaat besproken en heeft elf aandachtsgebieden (tabel 9) opgeleverd voor de BoKS. Deze BoKS is gedeeld met het landelijke bedrijfsleven. De beroepspraktijk weet met de 'BoKS' in de hand wat een elektrotechnisch engineer qua kennis en vaardigheden minimaal kan. Elke hogeschool kiest voor een eigen inkleuring van het programma die niet in de landelijke BoKS is genoemd.

**Tabel 9: Aandachtsgebieden elektrotechniek**

|   |                                           |    |                              |
|---|-------------------------------------------|----|------------------------------|
| 1 | Netwerktheorie                            |    |                              |
| 2 | Natuur- en Wiskunde                       | 7  | Regeltechniek                |
| 3 | Persoonlijke ontwikkeling en communicatie | 8  | Tele- en datacommunicatie    |
| 4 | Programmeren                              | 9  | Testen en meten              |
| 5 | Analoge techniek                          | 10 | Toegepast onderzoek          |
| 6 | Digitale techniek                         | 11 | Ontwerp- / ontwikkelmethoden |

Wat opvalt, is dat in de aandachtsgebieden geen sprake is van industriële automatisering. Vakken uit de aandachtsgebieden kunnen een basis vormen voor IA (tabel 10), maar iedere opleiding is vrij om aandacht te besteden aan een invulling voor IA.

**Tabel 10: Basisvakken voor IA**

|                            |                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Digitale techniek          | Booleaanse algebra, logische basisfuncties, combinatorische schakelingen, waarheidstabellen, sequentiële componenten, geheugenwerking |
| Programmeren               | Systematische probleemaanpak en computeroplossingen                                                                                   |
| Tele- en datacommunicatie  | Netwerken (LAN, busssystemen, wireless)                                                                                               |
| Testen en meten            | Systematisch foutzoeken                                                                                                               |
| Ontwerp-/ontwikkelmethoden | EMC, ontwerpmethoden, systeembeschrijving                                                                                             |

Op 9 april 2015 heeft een landelijke conferentie elektrotechniek in Utrecht plaatsgevonden waar de bestaande BoKS is uitgebreid met vier afstudeervarianten. Deze afstudeervarianten zijn: industriële automatisering, elektronica, energie en embedded systemen, of wel IEEE. Meer aandacht voor uitstroombrofielen wordt door hogescholen in Nederland onderschreven en krijgt in vervolgaafspraken in de ontwikkeling van de nieuwe BoKS gehoor.

In een internetonderzoek naar hogescholen in Nederland is gekeken welke hogescholen opleidingen elektrotechniek en/of werktuigbouwkunde aanbieden (tabel 11). De keuze voor deze twee opleidingen is gebaseerd op dit onderzoek vanuit de opleiding elektrotechniek in Alkmaar die toenadering zoekt met de zusteropleiding werktuigbouwkunde, waar industriële automatisering wordt gegeven. Op internet is gezocht wat hogescholen van Nederland met de opleidingen E en WTB geven aan IA. Naast de naam elektrotechniek en werktuigbouwkunde is ook gekeken naar opleidingen met raakvlakken op het gebied van industriële automatisering (mechatronica, advanced sensor applications, embedded system engineering en industriële automatisering). In tabel 11 staan de verschillende hogescholen en de opleidingen E en WTB die zijn onderzocht. In de laatste kolom staat een benaming die overeenkomt met IA.

**Tabel 11: Hogescholen in NL die E en WTB aanbieden**

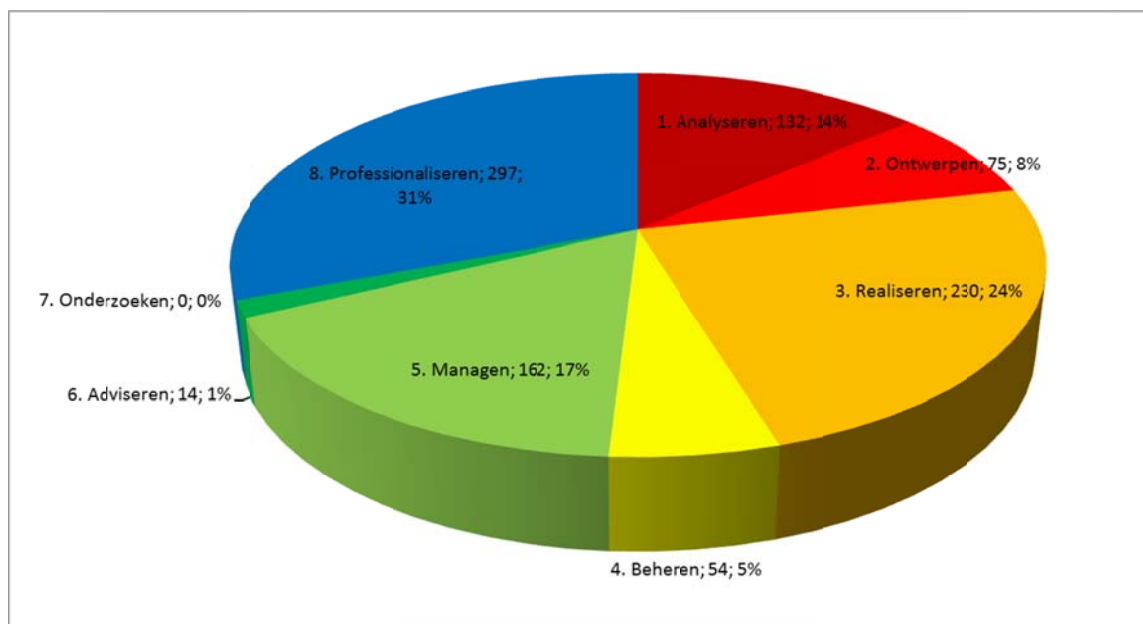
| nr | Hogescholen                        | URL                                                      | Elektrotechniek | Werktuigbouwkunde | Anders                                              |
|----|------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------------------|
| 1  | Avans HS 's Hertogenbosch          | <a href="http://www.avans.nl">www.avans.nl</a>           | v               | v                 |                                                     |
| 2  | Avans Hogeschool Breda             | <a href="http://www.avans.nl">www.avans.nl</a>           | v               | v                 |                                                     |
| 3  | Christelijke HS Windesheim         | <a href="http://www.windesheim.nl">www.windesheim.nl</a> | v               | v                 |                                                     |
| 4  | De Haagse Hogeschool (Delft)       | <a href="http://www.hhs.nl">www.hhs.nl</a>               | v               | v                 | Mechatronica                                        |
| 5  | Fontys Hogescholen Eindhoven/Venlo | <a href="http://www.fontys.nl">www.fontys.nl</a>         | v               | v                 | Mechatronica                                        |
| 6  | Hanzehogeschool Groningen          | <a href="http://www.hanze.nl">www.hanze.nl</a>           | v               | v                 | Advanced sensor applications                        |
| 7  | Hogeschool Inholland Alkmaar       | <a href="http://www.inholland.nl">www.inholland.nl</a>   | v               | v                 |                                                     |
| 8  | Hogeschool Rotterdam               | <a href="http://www.hro.nl">www.hro.nl</a>               | v               | v                 |                                                     |
| 9  | Hogeschool Utrecht                 | <a href="http://www.hu.nl">www.hu.nl</a>                 | v               | v                 | Industriële automatisering (Electrical Engineering) |
| 10 | Hogeschool van Amsterdam           | <a href="http://www.hva.nl">www.hva.nl</a>               | v               | v                 |                                                     |
| 11 | HS van Arnhem en Nijmegen          | <a href="http://www.han.nl">www.han.nl</a>               | v               | v                 | Embedded system engineering                         |
| 12 | Hogeschool Zeeland                 | <a href="http://www.hz.nl">www.hz.nl</a>                 | v               | v                 |                                                     |
| 13 | Hogeschool Zuyd                    | <a href="http://www.hszuyd.nl">www.hszuyd.nl</a>         | v               | v                 |                                                     |
| 14 | NHL Hogeschool                     | <a href="http://www.nhl.nl">www.nhl.nl</a>               | v               | v                 |                                                     |
| 15 | Saxion Enschede                    | <a href="http://www.saxion.nl">www.saxion.nl</a>         | v               | v                 | Mechatronica                                        |
| 16 | Stenden Hogeschool                 | <a href="http://www.stenden.nl">www.stenden.nl</a>       |                 | v                 |                                                     |

De onderzoeker heeft van alle hogescholen het curriculum van elektrotechniek en werktuigbouwkunde doorzocht op onderwerpen die met IA te maken hebben. Deze gegevens zijn in een Word-document 'onderzoek hogescholen NL' verzameld. Voor elke hogeschool is het curriculum voor elektrotechniek van jaar 1 en 2 in een tabel uiteengezet voor zover dit beschikbaar is op internet. Als een algemene omschrijving van IA beschikbaar is dan is deze meegenomen als aanvullende informatie.

#### 4.4.2. Analyse van de data verzamelingen

##### Vacaturescan

De vacaturescan heeft inzicht gegeven in onderwerpen van IA, en geeft ook een procentuele verdeling van competenties en kerntaken die in IA kunnen worden uitgevoerd. In de eerste plaats wordt een analyse met betrekking tot de competenties uit de vacaturescan besproken. In de tweede plaats wordt een opsomming gegeven van verschillende onderwerpen (hard- en software) en daarna worden kerntaken toegelicht die voor het onderwijsontwerp van belang kunnen zijn.



Figuur 15: Percentages per competentie uit vacaturescan (N=91)

De verschillende onderwerpen uit de vacaturescan zijn in tabel 12 gegroepeerd met kleur en tot de acht competenties in tabel 13 samengenomen. Het resultaat is grafisch in een taartvorm van figuur 15 weergegeven. In de taartvorm is: 'Professionaliseren' is de som van 'Persoonlijke kwaliteit' en 'Taal' goed voor een totaal van 31%. Onder deze competentie worden eigenschappen als *zelfstandig*, *teamspeler*, *verantwoordelijk* en *enthousiast* verstaan en deze eigenschappen zijn voor de beroepspraktijk belangrijk. Verder is het 'Realiseren' van een product core-business voor de beroepspraktijk en deze competentie is met 24% een significant aandeel. De competentie 'Onderzoeken' is met 0% gewaardeerd. Hieruit kan niet worden afgeleid dat de beroepspraktijk geen waarde hecht aan deze competentie, maar dat zij waarschijnlijk impliciet ervan gaan dat de huidige ingenieur 'standaard' onderzoek verricht.

Tabel 12: Verdeling competenties vacaturescan (N=91)

| Competenties           | Totaal |
|------------------------|--------|
| persoonlijke kwaliteit | 207    |
| Programmeren           | 164    |
| Communicatie           | 162    |
| Taal                   | 90     |
| Opstellen              | 78     |
| Ontwerpen              | 75     |
| Onderwerpen            | 73     |
| Vertalen               | 43     |
| Testen                 | 39     |
| in bedrijf stellen     | 39     |
| Implementeren          | 27     |
| Beheren                | 15     |
| Adviseren              | 14     |
| Analyseren             | 11     |

In het literatuuronderzoek over IA wordt over onderwerpen als 'hardware' gesproken. Deze onderwerpen zijn vergeleken met de 'hardware' uit de vacaturescan en uit deze vergelijking zijn overeenkomstige onderwerpen gevonden. Deze hardware- en software onderwerpen zijn in tabel 14 samengevat en kunnen in de specificaties voor het onderwijsontwerp worden verwerkt.

**Tabel 14: Hard- en software onderwerpen uit IA**

| Techn. onderwerpen                                     |                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Hardware                                               | Software                            |
| PLC                                                    | PLC-programma (Codesys, TIA-portal) |
| HMI                                                    | HMI                                 |
| SCADA                                                  | SCADA                               |
| ERP                                                    | ERP                                 |
| DCS                                                    | DCS                                 |
| Schakelkasten                                          | Batchcontrol (ISA88)                |
| Besturingen                                            | MES (ISA95)                         |
| Sensoren (vision, optische, beeldverwerking, scanners) | ProcesManagementSysteem             |
| Elektrisch/Hydrauliek/Pneumatiek                       | Eplan                               |
| Veldbussen (CANopen, Ethercat, Profibus/Profinet)      | Tekeningpakket (Acad, 3D)           |
| Aandrijftechnieken (freq., servo, motioncontrol)       | Normen/voorschriften                |
| Robotica                                               | risicoanalyse                       |
| EMC                                                    |                                     |
| SAT/FAT tests                                          |                                     |
| Veiligheid (functie)                                   |                                     |
| IO-lijsten                                             |                                     |
| Kosten                                                 |                                     |

Robotica kan worden gezien als een besturing van meerdere assen met motion control.

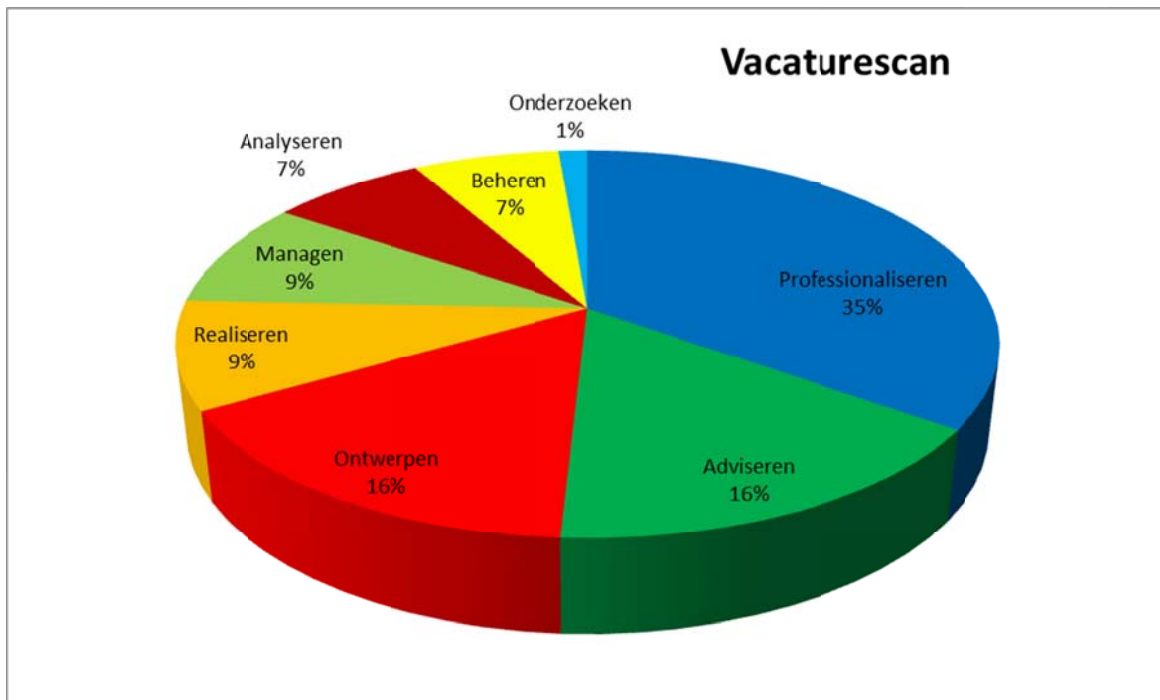
Naast een handmatige analyse in MS-Excel van de vacaturescan door de onderzoeker is ook een analyse met het programma 'Wordle' uitgevoerd. De vacaturescan is in Wordle geïmporteerd en zijn afzonderlijke woorden geclusterd met het uitgangspunt tabel 7 de acht competenties van de opleiding. Tabel 15 geeft een totaal overzicht van de acht competenties met informatie over het totaal van bijvoorbeeld 'Professionaliseren', 'Ontwerpen' en informatie over 'Proces', 'Hardware', 'Software' en 'Bedrijven' en de frequentie waarin deze onderwerpen voorkomen.

**Tabel 15: Competenties met frequenties**

| Competenties |                    | totaal |
|--------------|--------------------|--------|
| 8            | Professionaliseren | 1110   |
| 6            | Adviseren          | 507    |
| 2            | Ontwerpen          | 502    |
| 3            | Realiseren         | 287    |
| 5            | Managen            | 281    |
| 1            | Analyseren         | 232    |
| 4            | Beheren            | 219    |
| 7            | Onderzoeken        | 42     |
|              |                    |        |
| 12           | Hardware           | 876    |
| 13           | Software           | 258    |
| 11           | Proces             | 229    |
| 14           | Bedrijf            | 72     |

Als tabel 15 in de taartvorm van figuur 16 wordt weergegeven dan is de algemene competentie 'professionaliseren', 'adviseren' naast de technische competenties 'ontwerpen' en 'realiseren' een belangrijke ontwikkeling voor de huidige ingenieur. Het samenwerken en

functioneren in een team, maar ook de klantgerichtheid wordt door de beroepspraktijk als een belangrijk gezien. Verder zijn technische competenties als 'ontwerpen' en 'realiseren' en de kennis van 'hardware' en 'proces' een vereiste.



**Figuur 16: Percentage van competenties met Wordle (N=91)**

Door beide analyses (MS-Excel en Wordle) met elkaar te vergelijken worden verschillen in percentages van de competenties zichtbaar. De percentages uit beide analyses staan naast elkaar in tabel 16 om een goede vergelijking te kunnen maken. In de tabel 16 is competentie 8 in beide analyses het grootst en competentie 7 het kleinst. Opvallend is het verschil in percentage van competentie 6. Dit verschil kan worden aangemerkt door de interpretatie in de tekst van de advertentie door de onderzoeker en de betekenis van woorden op zich.

**Tabel 16: Overzicht competentie analyses vanuit MS-Excel en Wordle**

| Competentie           | MS-Excel [%] | Wordle [%] |
|-----------------------|--------------|------------|
| 1. Analyseren         | 14           | 7          |
| 2. Ontwerpen          | 8            | 16         |
| 3. Realiseren         | 24           | 9          |
| 4. Beheren            | 5            | 7          |
| 5. Managen            | 17           | 9          |
| 6. Adviseren          | 1            | 16         |
| 7. Onderzoeken        | 0            | 1          |
| 8. Professionaliseren | 31           | 35         |

De vacaturescan is een verzameling van advertenties. In elke advertentie staat een korte introductie van de werkzaamheden van een functie, die gerekend mogen worden als de kerntaken in IA. In de functie-eisen worden puntsgewijs enkele belangrijke eisen opgenoemd. In de tabel 17 staan drie willekeurige voorbeelden van advertenties met omschrijving en functie-eisen, waaruit kerntaken in IA zichtbaar worden. De verschillende kleuren verwijzen naar competenties en in de omschrijvingen (rood gestippeld omcirkelt) staat wat kerntaken kunnen zijn.

Tabel 17: Kerntaken in IA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Functieomschrijving</b></p> <p>Als PLC/SCADA Engineer ontwerp en implementeer je PLC/SCADA besturingsoplossingen voor industriële processen in o.a. de (petro-)chemie en olie- en gas sector. Je vertaalt de wensen van de klant in een concrete besturingsoplossing. Je kunt zelfstandig uit de voeten, maar bent ook een goede teamplayer. In multidisciplinaire projectteams ben je als engineer verantwoordelijk voor het opstellen van de gebruikerseisen tot en met de inbedrijfstelling. Gedurende het proces onderhoud je intensief contact met de klant en zorg je ervoor dat deze voorzien wordt van de beste oplossing.</p> <p><b>Functie-eisen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Je hebt minimaal 3 jaar relevante werkervaring als engineer in de industriële automatisering. Ervaring binnen de oil en gas sector is een pre.</li> <li>– Je hebt relevante werkervaring met één of meerdere PLC/SCADA systemen, zoals Siemens S7, Honeywell, ABB of Yokogawa</li> <li>– Je bent bereid om incidenteel internationaal te reizen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>Functieomschrijving</b></p> <p>Een ambitieuze, middelgrote industrieel automatiseerder die zich richt op een zeer gevarieerd klantenbestand. Men heeft totaal geen last van de crisis en kan het werk bijna niet aan. Klanten waaraan gedacht kan worden zitten in o.a. de machinebouw en de procesindustrie. Functieomschrijving Binnen de functie van Software engineer ben je zowel zelfstandig als in een team verantwoordelijk (bij een klant of intern) voor de realisatie van uitdagende industriële automatiseringsprojecten. Dit gaat van analyse, programmering tot inbedrijfstelling en oplevering. Je taak zal in eerste instantie vooral bestaan uit het programmeren en inbedrijfstellen van PLC, SCADA en DCS systemen. Daarnaast kan ook op termijn de integratie met IT applicaties, data bases en industriële netwerken deel gaan uitmaken van je takenpakket. Je werkt zelfstandig of in teamverband en vervult een groot deel van deze taken bij de klant zelf.</p> <p><b>Functie-eisen</b></p> <p>Voor de functie van Software engineer zijn we op zoek naar kandidaten met een MBO/HBO opleiding, Elektrotechniek, Industriële Automatisering of Besturingstechniek of gelijkwaardig door ervaring;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ervaring in een functie als programmeur, PLC engineer of besturingstechnicus is een pré;</li> <li>– Interesse in Industriële sector en IT;</li> <li>– Over het algemeen zullen de werkzaamheden plaatsvinden in Nederland;</li> <li>– Indien nodig ben je wel bereid om een inbedrijfstelling te doen in het buitenland;</li> <li>– Voor deze functie zijn we op zoek naar junior, medior en senior kandidaten;</li> <li>– Je bent een teamplayer en je hebt een leergierige instelling.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>Functieomschrijving</b></p> <p>In deze functie ontwerp en documenteer je PLC- en HMI programma's die gebruikt worden om een enkele machine of een gehele fabriekslijn te besturen. Je stelt de programma's zelfstandig op maar werkt in een teamverband om het mechanische werkingsprincipe goed in programmacode te vertalen en optimaal gebruik te kunnen maken van bestaande code. Je draagt hierbij steeds technisch inhoudelijke informatie over naar interne- en externe belanghebbenden. Daarnaast behoort het I/O testen van de elektrische componenten die communiceren met de PLC en het testen van het netwerk waarover de PLC communiceert ook tot de werkzaamheden. Dit laatste gebeurt vaak ter plaatse bij de klant (de inbedrijfstelling).</p> <p><b>Functie-eisen</b></p> <p>Een hogere technische opleiding in de richting besturingstechnologie of technische computerkunde</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Goede kennis van de Engelse taal in woord &amp; geschrift</li> <li>– Algemene ervaring met industriële automatisering</li> <li>– Goede kennis van Siemens Industrial Automation systemen en specifiek het programmeren in Step 7 en het maken van HMI toepassingen met WinCC flexible</li> <li>– Kennis van moderne netwerktechnologieën en ervaring met veldbussen</li> </ul> <p>Je voelt je in deze functie het best op zijn plaats als je een zelfstandig persoon bent, die een programma vanaf niets kan vormgeven en opbouwen, maar ook als je in staat bent een bestaand programma op te pakken en in de lijn van de al geprogrammeerde structuur voort kan zetten. Als je niet schroomt om je collega's van andere afdelingen te interviewen om aan informatie te komen, waarbij je ook je eigen inbreng doet gelden, dan zal dit in je voordeel werken. Omdat onze klant projecten over de gehele wereld heeft, moet je bereid zijn enkele malen per jaar voor een aaneengesloten periode van 3 – 6 weken in het buitenland te werken.</p> |

Conclusie van de analyse met betrekking tot competenties is dat de competentie 'professionaliseren' het hoogste scoort. 'onderzoeken' scoort in beide methoden het laagst. Het verschil in beide methoden is dat bij de analyse gemaakt in MS-Excel de onderzoeker (en zijn collega's) woorden in de context van de advertentie hebben genomen en deze

combinatie van woorden in een cluster hebben geplaatst. De onderzoeker heeft een professionele bril op bij het clusteren van de woorden uit de advertenties. Het programma Wordle telt de woorden en bepaalt de frequentie waarin deze woorden voorkomen. Dit gebeurt op een objectieve manier en combinaties van woorden spelen hierbij geen rol. De onderzoeker heeft op deze data verzameling data reductie uitgevoerd en woorden die onbelangrijk in het onderzoek zijn verwijderd, zoals lidwoorden, telwoorden, bijwoorden. Dit kan dus betekenen dat losse woorden die geen betekenis hebben, verwijderd zijn uit de data verzameling. Daarna heeft de onderzoeker woorden van dezelfde strekking geclusterd onder de acht competenties en is de frequentie van de geclusterde woorden bij elkaar opgeteld. In de advertenties wordt kennis van diversen technische onderwerpen (hard- en software) verwacht. Deze onderwerpen kunnen als ontwerpspecificaties dienen waar het onderwijs rekening mee moet houden. Voor de kerntaken wordt in de advertenties van bedrijven met een specifiek bedrijfsexpertise omschreven wat je moet kunnen. In tabel 17 staan enkele kerntaken rood gestippeld omcirkelt.

## Interviews

De interviews met de experts van de bedrijven gaven over het algemeen een gedeelde mening over IA. De onderwerpen die prominent in het interview aan bod kwamen waren afhankelijk van de specialiteit van het bedrijf. In de bijlage C staat het interviewprotocol en het analysedocument. Uit de interviews zijn de volgende resultaten naar voren gekomen:

- Overzicht van het vakgebied (automatiseringspiramide).
- Projectaanpak (V-model, GAMP, FAT, SAT).
- Kennis van processen (omgeving: ATEX, vocht, stof, Food, Off Shore, Chemie).
- Kennis van de toepassing (Machine, Proces, Gebouw).
- Sensoren (flow, druk, niveau, temp, encoders).
- Actuatoren (cilinders, kleppen, afsluiters, schuiven, motoren met frequentieregelaars, motion control).
- (Safety) PLC, HMI (SCADA) - instrumentatie, hardware en programmering.
- Schakelkasten, besturingskasten.
- Robotica (Vision, R.O.S.).
- Veiligheid (SIL/PL/RIE) en beveiliging van netwerken.
- Milieu, energie, kwaliteit, TCO.
- Normen en richtlijnen, wet- en regelgeving.

Bovenstaande opsomming is een verzameling van onderwerpen die uit de interviews zijn gedistilleerd, maar deze onderwerpen hoeven niet door één bedrijf te zijn genoemd in het interview. De onderwerpen die genoemd zijn in de interviews die door Verheul zijn afgenomen met de beroepspraktijk kunnen onder deze onderwerpen worden ondergebracht.

### Onderzoek IA bij opleidingen elektrotechniek in Nederland

Uit de analyse van het onderzoek naar de 'BoKS' en IA bij hogescholen in Nederland (figuur 17) is naar voren gekomen dat de 'BoKS' een algemene basis vormt in de conceptuele leerlijn voor alle hogescholen die elektrotechniek aanbieden. In de BoKS zijn aandachtgebieden aan te wijzen die kunnen dienen als basis voor IA, zoals programmeren, digitale techniek, tele- en datacommunicatie, testen en meten en ontwerp-/ontwikkelmethoden. In de nieuwe BoKS worden vier nieuwe uitstroomprofielen voorgesteld, waaronder IA. Met docenten van de hogescholen is in een eerste overleg gesproken over de uitstroomprofielen en is een voorstel gedaan voor invulling. De onderzoeker zat in het overleg met de werkgroep '*industriële automatisering*' namens de opleiding elektrotechniek Alkmaar.



**Figuur 17:**  
Hogescholen in NL

Uit het resultaat van het onderzoek onder de hogescholen in Nederland blijkt dat een aantal hogescholen (Avans, Haagse Hogeschool, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, HvA, NHL hogeschool, Stenden Hogeschool) aandacht geven aan IA en gedetailleerde informatie geven over de invulling voor IA. Andere hogescholen verstrekken globale informatie. Alle hogescholen worden geïnspireerd door de bedrijvigheid in de regio en opleidingen houden hiermee rekening door een invulling te kiezen binnen de integrale- en conceptuele leerlijn, bijvoorbeeld op het gebied van agrarische sector, Offshore, Smart Energy of industriële automatisering, Hightech Brainport Regio, gezondheidszorg. Hogescholen die gedetailleerde informatie geven gebruiken het studiemateriaal Drost en Ouwehand (2014) en behandelen de volgende onderwerpen:

- Aandrijvingen.
- PLC-techniek (Human-machine interface).
- Data communicatie en veldbussen.
- Digitale techniek, Pneumatiek en hydrauliek.
- Sensortechniek (vision, positiebepaling).
- Programmeren (PLC, C, C++).
- Projecten (productie automatisering, sorteersystemen, Medical Robotics[2012-2016]).

Met de opbrengsten van onderwerpen over industriële automatisering uit de interviews met experts, de vacaturescan en het onderwijsmodel is de volgende stap gezet naar een implementatie voor een onderwijsontwerp. In de ontwerpfase wordt het onderwijsmodel in de vorm van het 4C/ID model verder uitgewerkt.

#### 4.5. Ontwerpspecificaties

Uit de data-analyse van de respondenten en de vacaturescan kunnen de volgende ontwerpspecificaties worden afgeleid:

*Functionele eisen: eisen ten aanzien van eigenschappen en prestaties van de oplossing.*

- De student moet zich professioneel (kernkwaliteiten) kunnen ontwikkelen.
- De student moet bij het uitvoeren van kerntaken in IA concrete producten (hard- en software) opleveren.
- De student moet zelf actief nadenken, reflecteren en bronnen bestuderen.
- De student moet hardware componenten kunnen selecteren en software ontwikkelomgevingen kunnen toepassen voor de niveaus: '*fieldlevel*', '*proces control level*' en '*Manufacturing control level*' van de automatiseringspiramide.

*Gebruikerseisen: eisen ten aanzien van het gebruiksgemak en geschiktheid van de oplossing.*

- De docent weet hoe de beschikbare onderwijsmiddelen (hard- en software) gebruikt moeten worden.
- De docent volgt bijscholing om op de hoogte te blijven van de laatste ontwikkelingen in IA.

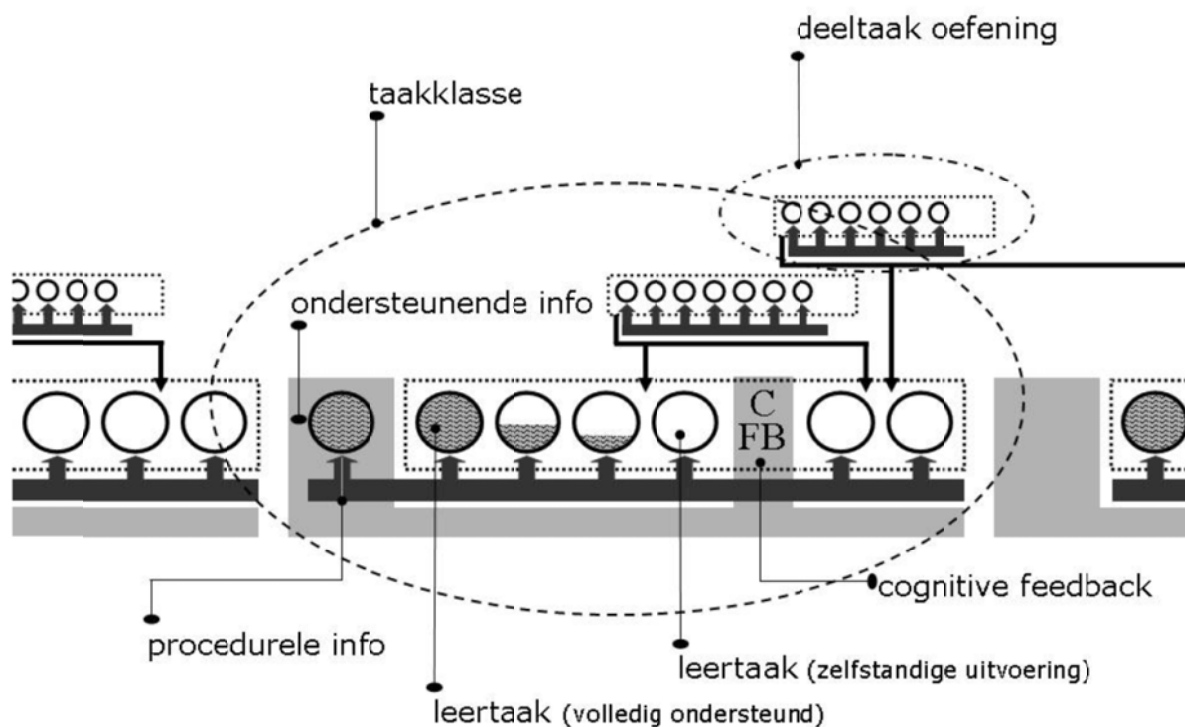
*Randvoorwaarden: harde, niet onderhandelbare eisen die aan de oplossing worden gesteld door de context waarin deze moet worden gebruikt.*

- Het onderwijsontwerp past binnen de leerlijnen van De Bie.

De ontwerpspecificaties die uit de data-analyse van hoofdstuk 4.4 komen, kunnen ingepast worden in de ontwerpspecificaties uit het vooronderzoek (zie hoofdstuk 3.5). In de functionele eisen moet de student werken aan kerntaken, zijn kernkwaliteiten ontwikkelen en kennis hebben van de hard- en software voor de niveaus '*Field level*' en '*Proces control level*'. In de gebruikerseisen kan de docent omgaan met de bestaande hard- en software, maar nieuw is de gebruikerseis dat de docent op hoogte blijft van nieuwe ontwikkelingen door het volgen van bijscholing. De randvoorwaarden zijn dat het onderwijsontwerp past in de leerlijnen van De Bie. Deze ontwerpspecificaties worden meegenomen naar de ontwerpfase in hoofdstuk 5.

## 5. Ontwerpfase

In CGO is een sterke relatie met de beroepspraktijk. Dat betekent dat de beroepscompetenties centraal worden gesteld in het curriculum van het onderwijs. In het onderwijs wordt aandacht besteed aan oriëntatie op, ontwikkeling in en reflecteren op het beroep en wordt in het onderwijs zoveel mogelijk gebruik gemaakt van actieve leer- en studiemethodes. Studenten worden in een rijke leeromgeving gefaciliteerd en gemotiveerd om zich te ontwikkelen tot beroepsbeoefenaars. De leeromgeving biedt een realistische leeromgeving en bevordert de nieuwsgierigheid van de student, zodat de beroepscompetenties en gedragscompetenties van de student zich kunnen ontwikkelen. Het 4C/ID-model van Van Merriënboer (Janssen-Noordman & van Merriënboer, 2002) is een krachtig onderwijsmodel waarin een betekenisvolle hele taakbenadering de basis vormt voor het onderwijs met als einddoel de beheersing van de beroepstaak, taak of (professionele) competentie. Verder biedt het 4C/ID model ontwerpstrategieën ter bevordering van schemaconstructie in het lange termijn geheugen, om cognitieve belasting in te perken door de taakklassen van eenvoudig naar complex op te bouwen, door de afnemende ondersteuning tijdens het leren van de taak en het bevorderen van schemaconstructie (figuur 18).



Figuur 18: Blauwdruk voor CGO (Hoogveld, Paas, & Jochems, 2005, p. 289; Van Merriënboer, Clark, & De Croock, 2002)

### 5.1. Uitwerking van het 4C/ID-model

Studenten oefenen vanaf het begin met het combineren en integreren van verschillende aspecten van de taken. Door voldoende variaties in leertaken te ontwerpen wordt transfer bereikt. Volgens Simons (1990) is transfer een belangrijk verschijnsel voor het verbeteren van onderwijs, en hij omschrijft transfer als het vermogen om het geleerde in verschillende situaties toe te kunnen passen. Transfer wordt bereikt als een student door oefenen van probleemtaken de vaardigheid onder de knie krijgt en deze kan toepassen in een andere

situatie (Fanchamps, et al., 2006). Door taken uit de beroepspraktijk te gebruiken en de totale taak als focus te nemen vindt maximale integratie van en transfer van kennis plaats (Van Merriënboer, 1997). Deze benadering is voor het onderwijs in tien stappen uitgewerkt (Van Merriënboer & Kirschner, 2007) en biedt veel mogelijkheden om met complexiteit om te gaan zonder het zicht op de verschillende aspecten van een complexe taak en de samenhang daartussen uit het oog te verliezen (Janssen-Noordman & Van Merriënboer, 2002; Van Merriënboer, Clark, & De Croock, 2002). Belangrijk is dat de authentieke taken niet in delen worden aangeboden. Het 4C/ID-model onderscheidt vier componenten met elk een eigen vorm van leren. Deze vormen samen de onderwijsblauwdruk (in tabel 18 linker kolom).

**Tabel 18: 4C/ID-model in de tien stappen**

| Blauwdruk componenten                                              | Tien stappen                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leertaken (inductief leren)                                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Formuleer wat een acceptabele uitvoering van de taak in werkelijkheid inhoudt. Maak de hele real-life taak in een schema.</li> <li>2. Stel de volgorde van taakklassen vast.</li> <li>3. Ontwerp leertaken.</li> </ol> |
| Ondersteunende informatie 'theorie' (elaboratief leren)            | <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Analyseer mentale modellen.</li> <li>5. Analyseer cognitieve strategieën.</li> <li>6. Ontwerp ondersteunende informatie.</li> </ol>                                                                                    |
| Just-In-Time-informatie/procedurele informatie (beperkte encoding) | <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Analyseer regels en procedures.</li> <li>8. Analyseer vereiste kennis.</li> <li>9. Ontwerp Just-In-Time-informatie.</li> </ol>                                                                                         |
| Deeltaakoefening (automatisering)                                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Ontwerp deeltaakoefening (automatiseren van routinetaken).</li> </ol>                                                                                                                                                 |

De vier blauwdrukcomponenten worden ingedeeld in tien stappen (van Merriënboer & Kirschner, 2013) waarmee de ontwerper van het onderwijs aan de slag kan gaan (in tabel 18 rechter kolom).

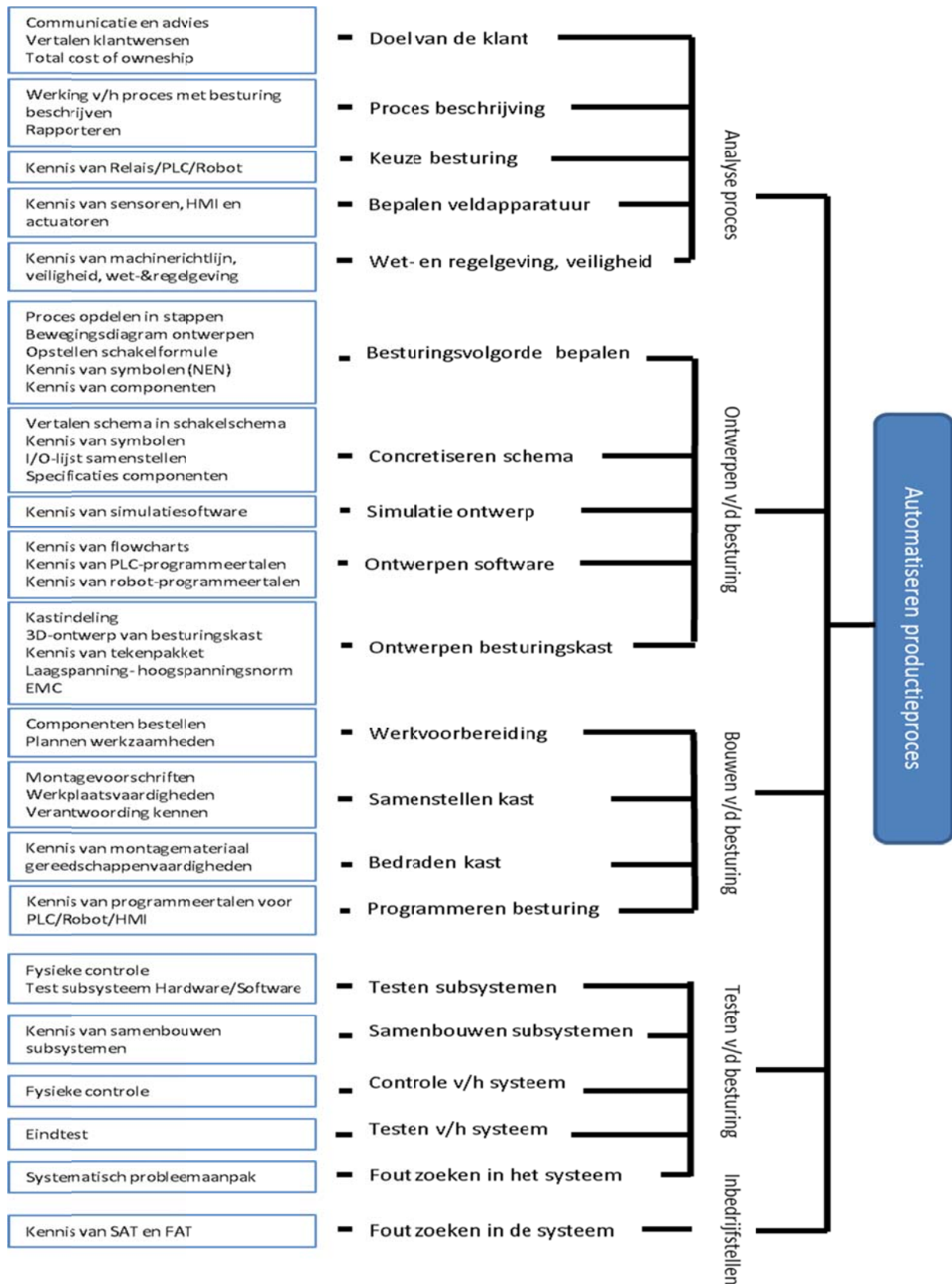
Het beroep, de beroepsvisie en het beroepsprofiel geven duidelijkheid over de eisen die aan een beginnend beroepsbeoefenaar worden gesteld. Een behoefte-onderzoek geeft antwoord op vragen als: *'wat moet een student kunnen na het volgen van het programma?'* en *'kunnen de doelen binnen de context bereikt worden?'* Voor een antwoord op deze vragen is overleg met vertegenwoordigers van opleiding en beroepspraktijk nodig. In deze fase is gebruik gemaakt van de expertise van collega's met relevante praktijkervaring en input van experts uit de beroepspraktijk op het gebied van IA. Er is ook een vacaturescan uitgevoerd met als onderwerp *'industriële automatisering'*. Dit leverde verschillende functienamen op zoals: automation engineer, hardware engineer, PLC/SCADA Engineer, besturingsengineer, PLC-engineer, PLC-programmeur etc. De functiebeschrijvingen geven aan wat van een elektrotechnicus in de industriële automatisering wordt verwacht op het gebied van kennis, vaardigheden en houding. Het resultaat van deze vacaturescan geeft input voor het ontwerp van een realistische leertaak.

Op basis van de ontwerpspecificaties is de vaardigheden hiërarchie ontworpen voor de leertaak *'automatiseren productieproces'* (figuur 19). De samenstellende vaardigheden worden beschreven in termen van gedrag, condities en criteria en er wordt een globale volgorde vastgesteld waarin de samenstellende vaardigheden aan de orde komen. Binnen

deze vaardigheden hiërarchie zijn twee relaties zichtbaar, de horizontale en de verticale relatie. De horizontale relatie is een tijdsrelatie. Boven in figuur 19 staat de eerste deelvaardigheid beschreven die plaatsvindt in het complexe proces. Door de deelvaardigheden van boven naar beneden uit te voeren volbrengt de student de leertaak '*automatiseren productieproces*'. Het automatiseren van een productieproces begint bij een analyse van het proces, dan volgt een ontwerp van de besturing aangevuld met een simulatie. Als de simulatie werkt wordt de besturing opgebouwd en gecontroleerd op de werking. Als laatste stap wordt de besturing in bedrijf gesteld. De verticale relatie is hiërarchisch van aard. De onderstaande deelvaardigheden maken samen de deelvaardigheid daarboven mogelijk. Om een ontwerp van een besturing te maken moet je een schema kunnen tekenen, daarna bepaal je de volgorde van bewegen en kan uit het bewegingsdiagram een besturingsformule worden afgeleid.

Voor het uitvoeren van een complexe vaardigheid is een elektrotechnische medewerker in staat om in overleg met een klant tot ontwerpeisen te komen, deze eisen kunnen vertalen en uit te werken in een schakeling en deze op de werking te controleren. Binnen de opleiding is dit een competentie of kernbekwaamheid die in het curriculum centraal staat. Wat bij de complexe vaardigheid nodig is staat gerangschikt in de vaardigheden hiërarchie.

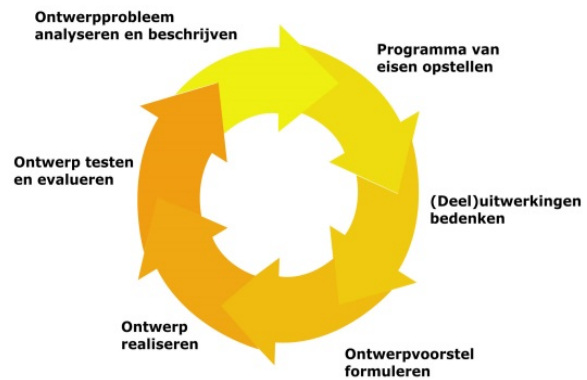
De uitwerking van '*Automatiseren productieproces*' leidt tot identificatie van de volgende samenstellende vaardigheden: analyse proces, ontwerpen v/d besturing, bouwen v/d besturing, testen v/d besturing en inbedrijfstellen (figuur 19). Voor een ontwerp op basis van ontwerpeisen zal de elektrotechnicus de wensen van de klant moeten inventariseren en samenvatten in een programma van eisen (PvE). Na goedkeuring van de klant wordt de besturing ontworpen, gesimuleerd, gebouwd met componenten naar keuze van de klant en controleert de elektrotechnicus de schakeling op een juiste werking en wat met de besturing gebeurt in geval van storing.



Figuur 19: Vaardigheden hiërarchie 'Automatiseren productieproces'

## 5.2. Vaardigheden hiërarchie

De eerste stap die in het 4C/ID model wordt uitgevoerd is het analyseren van de complexe vaardigheden die bij IA moeten worden geleerd, dus bij het analyseren wordt de vraag gesteld: *wat moet een student kunnen?* Op deze vraag zijn verschillende antwoorden mogelijk waarvan niemand kan zeggen of dit goed of fout is. In de data-analyse zijn verschillende onderwerpen naar voren gekomen. In overleg met collega's is voor één algemene leertaak binnen industriële automatisering gekozen die de complexe vaardigheden voor een groot deel afdekt. In de tweede stap wordt de complexe leertaak verder geanalyseerd en opgedeeld in kleinere deelvaardigheden. De deelvaardigheden samen beschrijven de complexe vaardigheid '*Automatiseren productieproces*', welke in de vaardigheden hiërarchie zijn weergegeven (figuur 19). De volgorde van de deelvaardigheden is gebaseerd op een methodisch ontwerpproces (Siers, 2004; Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2012), een algemene ontwerpmethode voor probleemaanpak in technische opleidingen: analyseren, ontwerpen, bouwen, testen en inbedrijfstellen (figuur 20).



Figuur 20: Ontwerpcyclus (gebaseerd op Oskam et al., 2012, p. 28)

Met het maken van de vaardighedenhiërarchie is het analyseren van de complexe vaardigheid afgerond. De student weet wat hij moet leren voor hij de gehele complexe vaardigheid onder de knie heeft. De volgende stap is het creëren van taakklassen, waarin de complexiteit van de leertaak wordt gereduceerd, maar met behoud van authenticiteit. Dit kan door een deel van de hele leertaak te geven en slechts een deel te laten oplossen.

## 5.3. Taakklassen creëren

In het vorige hoofdstuk zijn de complexe vaardigheden geanalyseerd en kunnen taakklassen worden gemaakt. In het 4C/ID-model wordt altijd de gehele complexe vaardigheid geoefend. Een dergelijke oefening wordt een leertaak genoemd. Leertaken zijn georganiseerd in taakklassen. Een taakklasse is een omschrijving van een situatie waarin de complexe vaardigheid wordt toegepast.

De taakklassen staan in volgorde van moeilijkheid. Voor de oefening '*automatiseren van productieproces*' zijn vijf taakklassen gecreëerd. De eerste is eenvoudig, de tweede en de derde wat lastiger en de laatste taakklasse is moeilijk. In de eerste taakklasse wordt de gehele complexe vaardigheid getraind en maakt de student in de eerste taakklasse kennis met een besturing. Een eenvoudige besturing weliswaar. In de laatste taakklasse analyseert en ontwerpt de student zelf een volledige besturing zoals je een besturing in de beroepspraktijk zou kunnen tegenkomen.

### 5.3.1. Taakklasse op macroniveau

Tabel 19 geeft de verschillende taakklassen weer. In alle vier taakklassen wordt de gehele complexe vaardigheid geoefend met een toenemende moeilijkheidsgraad. Deze moeilijkheidsgraad wordt in het 4C/ID model '*simplificerende assumpties*' genoemd. Er zijn verschillende factoren die de moeilijkheidsgraad van de complexe vaardigheid bepalen:

- De keuzemogelijkheden van de componenten.
- Het aantal componenten in de besturing.
- De volgorde van de besturing.
- De complexiteit van het schema.

Deze factoren bepalen of de besturing eenvoudig of complexer is. In eerste instantie zijn de taakklassen gemaakt op macroniveau.

**Tabel 19: Taakklassen op macroniveau**

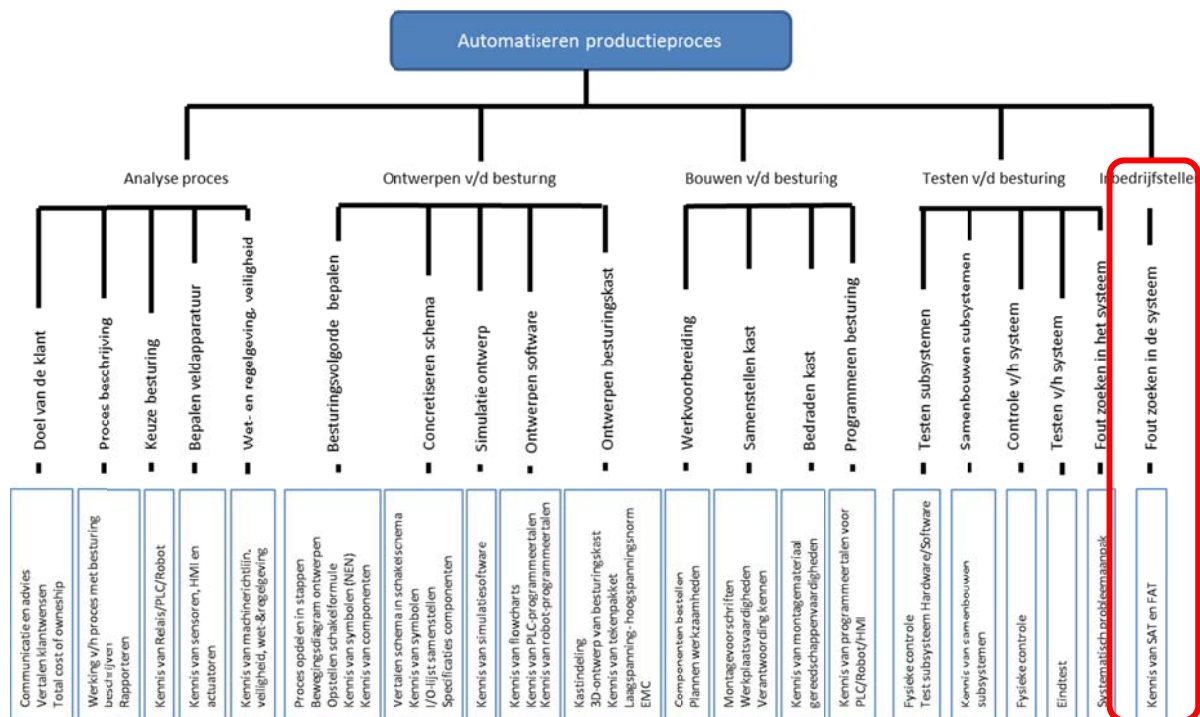
|                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Taakklasse 1 (eenvoudig)</b>                                                                                                                                                                                                                               |
| De student controleert de werking van een pneumatische besturing van één cilinder met sensoren voor de standen 'in' en 'uit' aan de hand van een WS-diagram.                                                                                                  |
| <b>Taakklasse 2 (gemiddeld 1)</b>                                                                                                                                                                                                                             |
| De student bouwt een relais besturing met twee cilinders en sensoren volgens een afgesproken bewegingspatroon (WS-diagram) en controleert de werking.                                                                                                         |
| <b>Taakklasse 3 (gemiddeld 2)</b>                                                                                                                                                                                                                             |
| De student ontwerpt een elektro-pneumatische besturing met drie cilinders en sensoren die met een start/stopknop een afgesproken bewegingspatroon uitvoert, bepaalt de schakelformules voor de besturing en simuleert de besturing met behulp van software.   |
| <b>Taakklasse 4 (moeilijk)</b>                                                                                                                                                                                                                                |
| De student ontwerpt een PLC-besturing aan de hand van een procesbeschrijving en bepaalt welke componenten nodig zijn voor de besturing, simuleert de ontworpen besturing, vertaalt het proces in een besturing voor de PLC, test en controleert de besturing. |

Bij een ingewikkelde complexe vaardigheid kunnen de vaardigheden worden ingedeeld in clusters. In dat geval worden taakklassen gemaakt op mesoniveau.

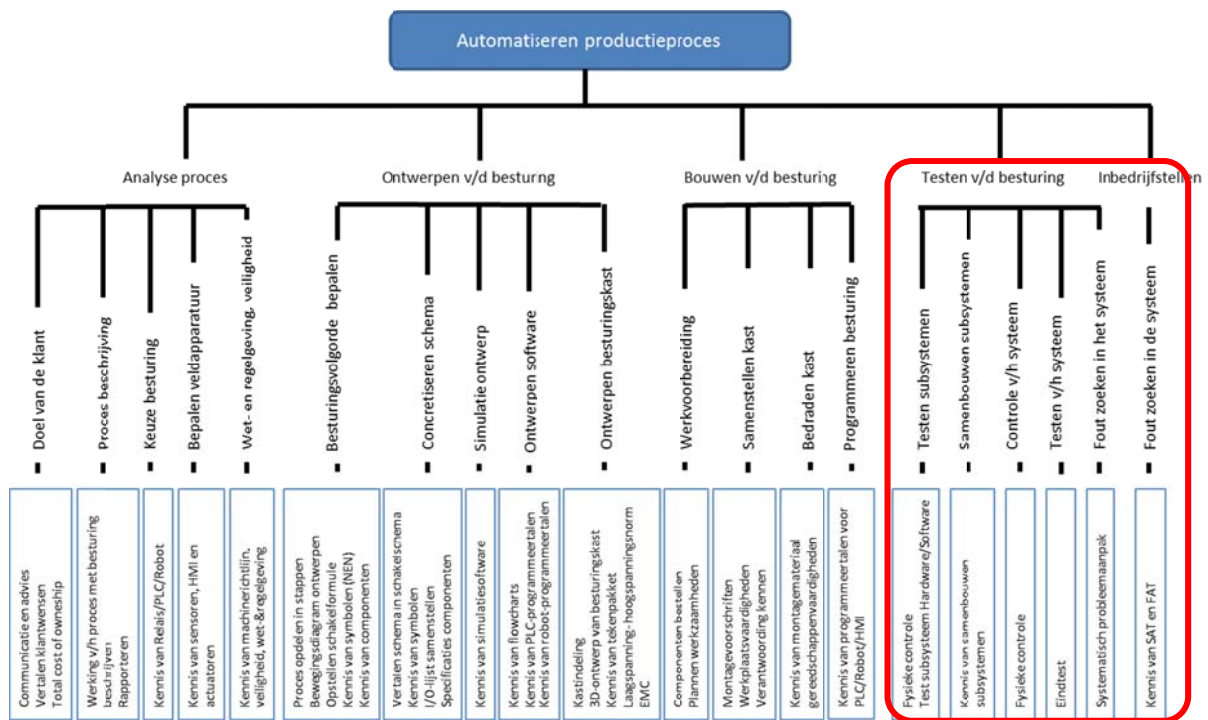
### 5.3.2. Taakklasse op mesoniveau

In een eerste vaardigheidscluster stelt de student bijvoorbeeld de opgebouwde besturing met één cilinder in bedrijf (zie figuur 21 situatie A). De besturing is door de docent op het bord voorbereid met de componenten die in deze besturing noodzakelijk zijn. De student controleert de werking van de besturing of deze werkt volgens de gemaakte afspraken. In een tweede vaardigheidscluster zijn verschillende delen van de besturing door de docent opgebouwd (zie figuur 22 situatie B). De besturing bestaat uit minimaal twee cilinders en signaalgevers. De student test de werking van de afzonderlijke delen van de besturing aan de hand van het programma van eisen. Als de afzonderlijke delen op de juiste manier werken worden de verschillende delen samengevoegd en gecontroleerd of de werking voldoet aan de opgestelde eisen. De complexiteit van de besturing neemt toe, maar er worden kleine stappen genomen. In dit geval worden twee cilinders gebruikt in plaats van één cilinder. In een derde vaardigheidscluster zijn de componenten door de docent verzameld en bouwt de student zelf de besturing op aan de hand van een uitgewerkt schema (zie figuur 23 situatie C). De student moet nu zelf de verschillende componenten herkennen

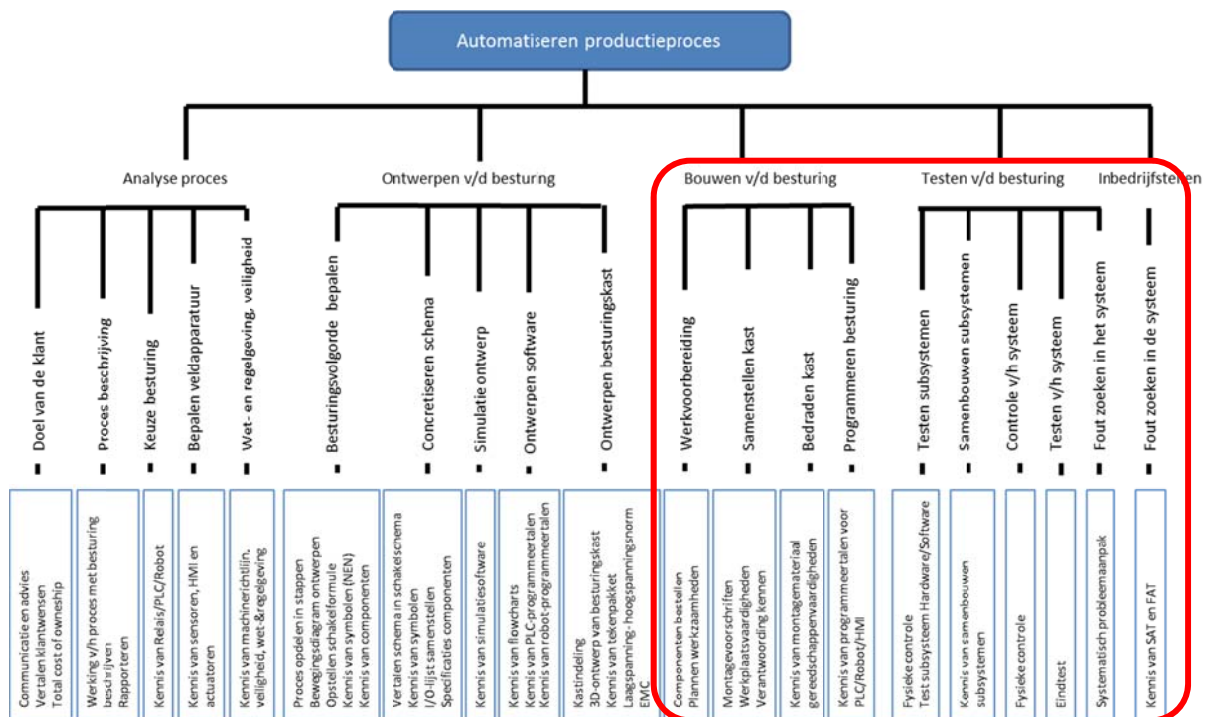
en toepassen. In een vierde vaardigheidscluster wordt een programma van eisen aan de student gegeven. De student ontwerpt en bouwt de besturing op (zie figuur 24 situatie D). In een vijfde vaardigheidscluster vormt een procesbeschrijving het uitgangspunt voor de analyse van de besturing, het ontwerpen, bouwen en testen van de besturing (zie figuur 25 situatie E). Deze aanpak van clusters maken heet '*Backward Chaining with Snowballing*' (Jonassen, Spector, Driscoll, Merrill, & Van Merriënboer, 2008, p. 443). De laatste deelvaardigheid (eerste cluster) wordt geoefend en daaraan wordt een voorafgaande deelvaardigheid toegevoegd (zie figuur 21 - figuur 25 situatie A-E).



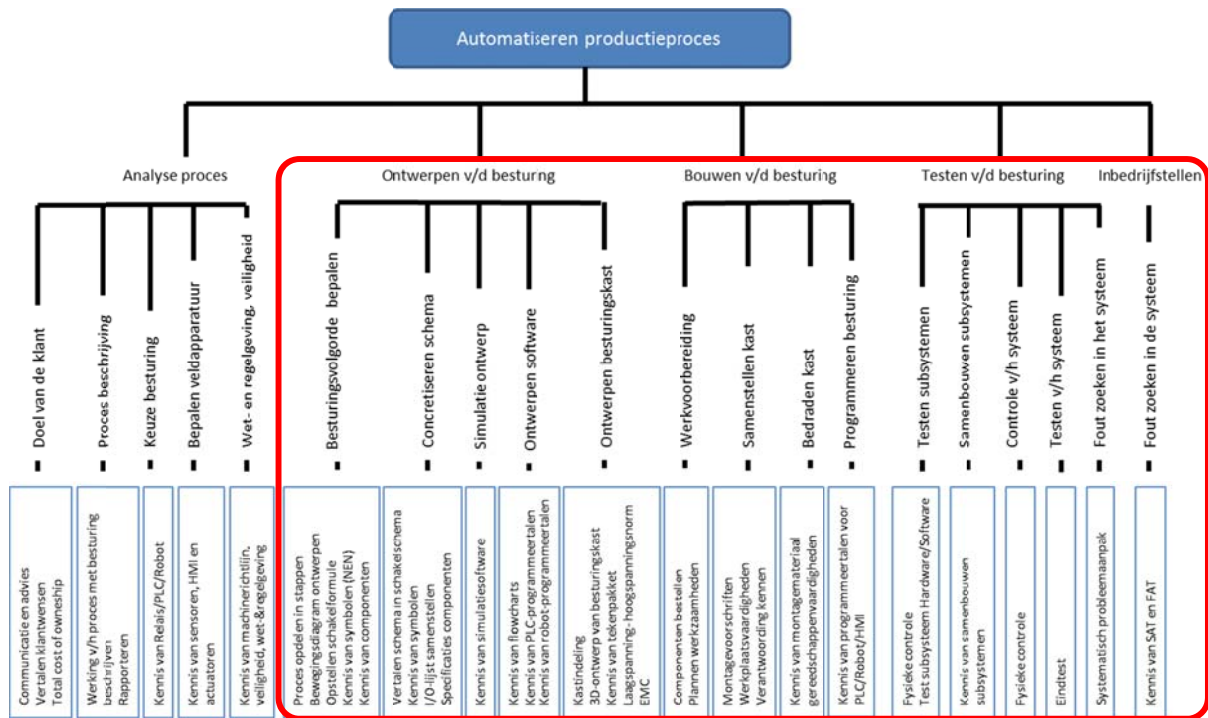
Figuur 21: Situatie A



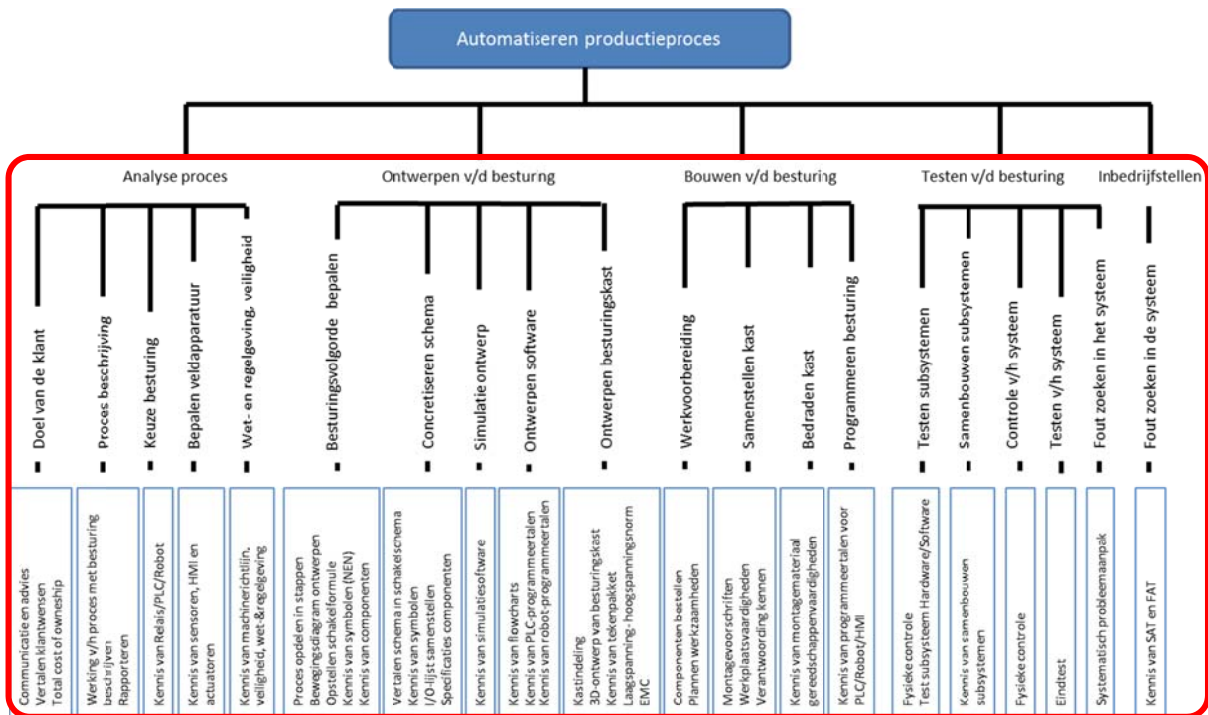
Figuur 22: Situatie B



Figuur 23: Situatie C



Figuur 24: Situatie D



Figuur 25: Situatie E

In figuren 21 - 25 worden situaties A - E schematisch weergegeven en wordt door de onderzoeker een voorstel gedaan voor het uitvoeren van een volgorde van taakklassen die bij het oefenen van de leertaak 'Automatiseren productieproces' de complexiteit in kleine stappen laat toenemen.

In figuur 21: situatie A bestaat de hele leertaak 'automatiseren productieproces' uit het 'in bedrijfstellen' van de besturing. In deze eenvoudige opdracht maakt de student kennis met

de verschillende componenten die in een besturing worden toegepast. Door een fout in de besturing aan te brengen neemt de complexiteit van deze opdracht toe. De student zoekt de fout in de besturing, verbetert de fout en stelt de besturing in bedrijf.

In figuur 22: situatie B wordt de leertaak '*automatiseren productieproces*' uitgebreid met '*testen van de besturing*' en '*in bedrijfstellen*'. De student test de werking van de subonderdelen van de besturing, door fysieke controle en controleert of deze voldoet aan de omschrijving. Daarna wordt de besturing in bedrijf gesteld.

In figuur 23, figuur 24 en figuur 25, respectievelijk situatie C - E neemt de complexiteit verder toe, totdat de student de leertaak '*automatiseren productieproces*' volledig heeft doorlopen.

Voor elk cluster wordt een aantal taakklassen gemaakt. Er zijn op dit niveau meer taakklassen en leertaken en is meer tijd en ruimte om de complexe vaardigheid te oefenen. Voor een zeer ingewikkelde complexe vaardigheid is het maken van taakklassen op mesoniveau een uitkomst, zodat de student bij het uitvoeren de verschillende leertaken herkent in de taakklasse. Voor een eenvoudige complexe vaardigheid als '*Het testen van een print*' volstaat het maken van taakklassen op macroniveau.

#### 5.4. Leertaken

De taakklassen zijn vastgesteld en aan elke taakklasse wordt een set leertaken toegevoegd. Deze leertaken zijn realistische leersituaties die ontleend zijn aan de beroepspraktijk. Leertaken zijn de opdrachten die een student moet uitvoeren in het leerproces. Belangrijk is dat de leertaken binnen een taakklasse niet verschillen in moeilijkheidsgraad. Zij worden alle uitgevoerd op basis van dezelfde kennis en vaardigheden. De leer- of oefentaken zijn gerangschikt op basis van de ondersteuning die de student krijgt bij het uitvoeren van de leertaak. In de eerste leertaak krijgt de student intensieve ondersteuning bij de uitvoering, in de laatste leertaak is geen of weinig ondersteuning. Er zijn verschillende typen leertaken die allen in verschillende mate ondersteuning bieden. De gevuldheid van de bolletjes staat voor de hoeveelheid ondersteuning: een wit bolletje betekent dat een student die taak zelfstandig moet uitvoeren. Aan het eind van een taakklasse zou een student en zijn coach moeten kunnen beoordelen of de student de taak beheerst. Enkele voorbeelden (in volgorde van ingebouwde ondersteuning, zie figuur 26):

- Uitgewerkt voorbeeld; deze vorm biedt de student de mogelijkheid om concrete oplossingen te bestuderen en te leren wat kenmerken zijn van een goede oplossing. De cognitieve belasting is laag, want de student hoeft zelf geen oplossing te zoeken.
- Omgekeerd probleem; deze vorm beschrijft één of meerdere oplossingen en geeft het doel dat met de oplossing kan worden bereikt. De student voorspelt voor welke probleemsituatie de oplossing gebruikt kan worden. Ook hier is de cognitieve belasting laag, terwijl de gelegenheid wordt geboden om te leren welke oplossingen geschikt zijn voor welke probleemsituatie.
- Imitatieprobleem; een uitgewerkt voorbeeld voorziet in een schema waarmee een gelijksoortig probleem kan worden opgelost. Door de analogie van het uitgewerkte voorbeeld en het nieuwe probleem te identificeren en kan het voorbeeld gebruikt worden voor een nieuwe oplossing. De student wordt de mogelijkheid geboden om niet-routinematige aspecten van een leertaak te oefenen.
- Doelvrij probleem; In deze vorm wordt verwezen naar een probleem zonder specifiek doel. Het voordeel is dat de student leert voorwaarts te redeneren vanuit de

gegevens en mogelijke oplossingen te verkennen vanuit de gegevens. Dit ondersteunt de verwerving van cognitieve schema's.

- Aanvulprobleem; deze vorm dwingt de student om een gedeeltelijk gegeven oplossing grondig te bestuderen, om vervolgens de oplossing op een zinvolle manier aan te vullen.
- Conventioneel probleem; de student wordt geconfronteerd met een probleemsituatie en een gewenst doel. Deze vorm wordt in het onderwijs veel toegepast, maar de cognitieve belasting is hoog, wat leidt tot het maken van fouten en vergissingen en dat de motivatie afneemt. Over het algemeen zijn conventionele problemen minder geschikt voor de beginnende student.

Voor de oefening 'automatiseren van productieproces' wordt gebruik gemaakt van een uitgewerkt voorbeeld, een omgekeerd probleem, het imitatieprobleem, het aanvul probleem en het conventionele probleem (Janssen-Noordman & Van Merriënboer, 2002). Voor de taakklasse 1 en 2 zijn vijf leertaken ontworpen, voor de taakklasse 3 en 4 zijn dat vier leertaken.



Figuur 26: Visualisering van leertaken (Van Merriënboer, Clark, & De Croock, 2002, p. 63)

#### 5.4.1. Leertaken in taakklasse 1

Leertaken oefenen in taakklasse 1. Het moeilijkheidsniveau is gelijk. Er wordt een besturing gemaakt met één cilinder en het aantal componenten is laag. Bij elke leertaak krijgt de student minder ondersteuning en moet hij steeds meer zelf doen. In de laatste leertaak maakt hij zelf een volledige besturing met één cilinder volgens een bewegingspatroon. Het uitvoeren van de verschillende taakklassen vindt plaats in groepjes van twee studenten, zodat een student bijvoorbeeld een besturing opbouwt en de andere student de besturing controleert.

| Taakklasse 1 (eenvoudig)                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Het automatisch openen en sluiten van ramen en deuren met één cilinder.                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Leertaak 1.1: Uitgewerkt voorbeeld</b><br>De student bestudeert een opgebouwde pneumatische besturing met 1 cilinder aan de hand van een bewegingspatroon (WS-diagram) en een uitgewerkt pneumatisch schema.                                                          |
| <b>Leertaak 1.2: imitatie probleem</b><br>De docent bouwt de schakeling stap voor stap op en de student bouwt de besturing na van een voorbeeld en controleert de werking volgens het WS-diagram. De student krijgt een cilinder met sensoren en een pneumatisch schema. |
| <b>Leertaak 1.3: aanvulprobleem</b><br>De student bouwt een pneumatisch schakeling volgens een gegeven schema en WS-diagram, verzamelt de componenten en bouwt de besturing en controleert de werking samen met docent.                                                  |
| <b>Leertaak 1.4:</b><br>De student ontwerpt een pneumatisch schakeling volgens een gegeven WS-diagram, verzamelt de componenten en bouwt de besturing en controleert zelf de werking.                                                                                    |
| <b>Leertaak 1.5: conventioneel probleem</b><br>De student krijgt een procesbeschrijving, ontwerpt een WS-diagram en pneumatisch schema, simuleert de besturing, bouwt de besturing en controleert de werking.                                                            |

De student kan aan het einde van de taak 1 een eenvoudige pneumatische besturing met één cilinder en twee sensoren voor de standen 'in' en 'uit' ontwerpen, opbouwen en controleren.

In bijlage I staat taakklasse 1 schematisch weergegeven, waarin de leertaak is omschreven en welke procedurele informatie aanwezig is. De afnemende ondersteuning is weergegeven in de bolletjes met een afnemende grijsvulling.

#### 5.4.2. Leertaken in taakklasse 2

Leertaken oefenen in taakklasse 2. Het moeilijkheidsniveau is gelijk. Er wordt een besturing gemaakt met 2 cilinders. Bij elke leertaak krijgt de student minder ondersteuning en moet hij steeds meer zelf doen. In de laatste leertaak maakt hij zelf een volledige besturing met twee cilinders volgens een bewegingspatroon.

| Taakklasse 2 (gemiddeld 1)                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Het selecteren van goed gekeurde en afgekeurde producten                                                                                                                                                                                    |
| <b>Leertaak 2.1: Uitgewerkt voorbeeld</b><br>De student bestudeert een opgebouwde elektro-pneumatische besturing met twee cilinders en vier sensoren aan de hand van een bewegingspatroon (WS-diagram) en een uitgewerkt elektrisch schema. |
| <b>Leertaak 2.2: imitatie probleem</b><br>De docent bouwt een relaisbesturing met één cilinder en de studenten bouwen de besturing met de docent stapsgewijs op.                                                                            |
| <b>Leertaak 2.3: aanvul probleem</b><br>De student bouwt een relaisbesturing met één cilinder aan de hand van een WS-diagram en een besturingsschema.                                                                                       |
| <b>Leertaak 2.4:</b><br>De student bouwt een relaisbesturing met twee cilinders aan de hand van een WS-diagram en besturingsschema.                                                                                                         |
| <b>Leertaak 2.5: conventioneel probleem</b><br>De student krijgt een procesbeschrijving, ontwerpt een WS-diagram en besturingsschema, bouwt de besturing, test en controleert de werking.                                                   |

De student kan aan het einde van taak 2 een relais besturing met twee cilinders en vier sensoren volgens een afgesproken bewegingspatroon (WS-diagram) ontwerpen, opbouwen, testen en controleren.

In bijlage I staat taakklasse 2 schematisch weergegeven, waarin de leertaak is omschreven en welke procedurele informatie aanwezig is. De afnemende ondersteuning is weergegeven in de bolletjes met een afnemende grijsvulling.

#### 5.4.3. Leertaken in taakklasse 3

Leertaken oefenen in taakklasse 3. Het moeilijkheidsniveau is gelijk. Er wordt een besturing gemaakt met drie cilinders. Bij elke leertaak krijgt de student minder ondersteuning en moet hij steeds meer zelf doen. In de laatste leertaak maakt hij zelf een volledige besturing met drie cilinders volgens een bewegingspatroon.

| Taakklasse 3 (gemiddeld 2)                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Het selecteren van drie verschillende producten                                                                                                                                        |
| <b>Leertaak 3.1: Uitgewerkt voorbeeld</b><br>De student bestudeert een opgebouwde elektro-pneumatische besturing met drie cilinder en zes sensoren aan de hand van een softwarepakket. |

**Leertaak 3.2: aanvulprobleem**

De docent ontwerpt een elektro-pneumatische besturing met twee cilinders in softwarepakket

**Leertaak 3.3: omgekeerd probleem**

Student ontwerpt een elektro-pneumatische besturing met twee cilinders in softwarepakket.

**Leertaak 3.4: conventioneel probleem**

De student krijgt een procesbeschrijving, ontwerpt een WS-diagram en besturingsschema, bouwt de besturing in software en hardware op, test en controleert de werking.

De student kan aan het einde van taak 3 een elektro-pneumatische besturing met drie cilinders en zes sensoren die met een start/stopknop een afgesproken bewegingspatroon uitvoert ontwerpen in een softwarepakket, opbouwen, testen, controleren en simuleren.

In bijlage I staat taakklasse 3 schematisch weergegeven, waarin de leertaak is omschreven en welke procedurele informatie aanwezig is. De afnemende ondersteuning is weergegeven in de bolletjes met een afnemende grijsvulling.

**5.4.4. Leertaken in taakklasse 4**

Leertaken oefenen in taakklasse 4. Het moeilijkheidsniveau is gelijk. Er wordt een besturing gemaakt met twee cilinders. Bij elke leertaak krijgt de student minder ondersteuning en moet hij steeds meer zelf doen. In de laatste leertaak maakt hij zelf een volledige besturing met twee cilinders volgens een bewegingspatroon.

**Taakklasse 4 (moeilijk)**

Het selecteren van drie verschillende producten met een PLC

**Leertaak 4.1: imitatie probleem**

De docent ontwerpt een PLC-besturing met startfunctie voor een besturing met twee cilinders. De studenten geven het PLC-programma regel voor regel in en controleren het PLC-programma op de werking.

**Leertaak 4.2: aanvul probleem**

De student ontwerpt een PLC-besturing met twee cilinders aan de hand van een gewenste volgorde, bouwen de besturingsschakeling op en sluiten de PLC aan, geven het PLC-programma in en controleren/testen op een juiste werking.

**Leertaak 4.3: omgekeerd probleem**

De student krijgt een foutieve PLC-besturing met twee cilinders en een start/stopfunctie en controleert en verbeterd het PLC-programma aan de hand van een gegeven volgorde.

**Leertaak 4.4: conventioneel probleem**

De student krijgt een procesbeschrijving, de student bepaalt welke componenten nodig zijn, ontwerpt een PLC-programma en besturingsschema, bouwt de besturingsschakeling en sluit sensoren en actuatoren aan op de PLC, programmeert de PLC, test en controleert de werking.

De student kan aan het einde van taak 4 een PLC programmeren aan de hand van een procesbeschrijving en hij kan bepalen welke componenten nodig zijn voor de besturing, vertaalt het proces in een besturing voor de PLC, bouwt, test, controleert en simuleert de besturing.

In bijlage I staat taakklasse 4 schematisch weergegeven, waarin de leertaak is omschreven en welke procedurele informatie aanwezig is. De afnemende ondersteuning is weergegeven in de bolletjes met een afnemende grijsvulling.

## 5.5. Ondersteunende informatie

Met ondersteunende informatie wordt de kennis bedoeld die nodig is bij het werken aan leertaken. Hier wordt in traditioneel onderwijs de 'theorie' bedoeld. Deze informatie is nodig om niet-routine aspecten van de vaardigheid uit te voeren. In de praktijk gaat het hier om dingen die een student moet begrijpen, zodat hij bij het toepassen van de complexe vaardigheid de juiste keuzes weet te maken. Deze informatie wordt in het hoofd van de student opgeslagen als complexe cognitieve schema's. In complexe cognitieve schema's spelen verschillende soorten informatie een rol (Janssen-Noordman & Van Merriënboer, 2002).

- Mentale modellen: begrijpen wat iets is, of hoe het in elkaar zit.
- Cognitieve strategieën: weten hoe het moet.

Voor de oefening '*Automatiseren van productieproces*' wordt bepaald welke mentale modellen en cognitieve strategieën een student moet hebben voor het uitvoeren van een complexe vaardigheid.

### 5.5.1. Aanbieden ondersteunende informatie

Er zijn drie verschillende strategieën waarmee informatie aangeboden kan worden aan de student, namelijk de inductief-presenterende strategie, de inductief-vragende strategie en de deductief-presenterende strategie. Hieronder volgt van alle drie een korte uitleg, inclusief een voorbeeld voor het mentale model '*kennis van lezen van pneumatische schema's*':

- Inductief-presenterende strategie: De docent laat eerst enkele voorbeelden van pneumatische schema's zien en werkt vervolgens naar algemeenheden van componenten toe. De docent laat een cilinder zien, tekent het symbool en legt de werking van de cilinder uit.
- Inductief-vragende strategie: Hierbij geeft de docent enkele voorbeelden. De docent deelt verschillende cilinders uit en laat de student zelf de werking ontdekken. Na afloop geeft de docent de verschillen aan tussen de verschillende cilinders.
- Deductief-presenterende strategie: In deze strategie geeft de docent eerst de algemene informatie en daarna voorbeelden. In het voorbeeld van de cilinder legt de docent de werking van de cilinder uit en laat daarna de student verschillende cilinders zelf ontdekken.

De inductief-vragende strategie creëert in theorie het beste een diepgaand begrip bij studenten. Het kost echter veel tijd en voorbereiding. De deductief-presenterende strategie is het makkelijkst en snelst, maar creëert het minst een diepgaand begrip. De inductief-presenterende strategie neemt hierin een middenweg in.

Bij IA is begrip van de ene theoretische kennis belangrijker dan andere (tabel 20). Kennis van digitale techniek, opstellen van schakelformules, kennis van cilinders vraagt om een inductief-vragende strategie, maar dit kost veel tijd.

**Tabel 20: Ondersteunende informatie**

| Taakklasse 1 (eenvoudig)                                                            | Taakklasse 2 (gemiddeld 1)                                                  | Taakklasse 3 (gemiddeld 2)                                                              | Taakklasse 4 (moeilijk)                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kennis van lezen van pneumatische schema's</b><br>inductief-vragende strategie   | <b>Kennis van elektrische relaischema's</b><br>inductief-vragende strategie | <b>Kennis van elektro-pneumatische componenten</b><br>Deductief-presenterende strategie | <b>Kennis van de PLC</b><br>inductief-vragende strategie                      |
| <b>Kennis van opstellen van volgorde diagrammen</b><br>inductief-vragende strategie | <b>Kennis van relaisbesturingen</b><br>inductief-vragende strategie         | <b>Kennis van digitale techniek</b><br>inductief-vragende strategie                     | <b>Kennis van PLC-besturingen</b><br>Deductief-presenterende strategie        |
| <b>Kennis van instrumentatie</b><br>Deductief-presenterende strategie               | <b>Kennis van actuatoren</b><br>Deductief-presenterende strategie           | <b>Kennis van simulatiesoftware</b><br>inductief-vragende strategie                     | <b>Kennis van programmeertalen van de PLC</b><br>inductief-vragende strategie |
| <b>Kennis van actuatoren</b><br>Deductief-presenterende strategie                   | <b>Kennis van sensoren</b><br>Deductief-presenterende strategie             |                                                                                         |                                                                               |

## 5.5.2. Mentale modellen

### Taakklasse 1

Dit zijn de onderwerpen die de student moeten leren in de eerste taakklasse. Om de leertaken goed uit te kunnen voeren moet de student herkennen welke componenten bij een besturing worden toegepast.

| Taakklasse 1 (eenvoudig)                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De student controleert de werking van een pneumatische besturing van één cilinder met sensoren voor de standen 'in' en 'uit'.                 |
| <b>Kennis van lezen van pneumatische schema's</b><br>De student kent de standaard tekensymbolen die in pneumatische schema's worden gebruikt. |
| <b>Kennis van opstellen van volgorde diagrammen</b><br>De student kan in een proces de verschillende stappen herkennen.                       |
| <b>Kennis van instrumentatie</b><br>De student herkent verschillende sensoren.                                                                |
| <b>Kennis van actuatoren</b><br>De student herkent verschillende uitvoeringen van cilinders en relais.                                        |

### Taakklasse 2

Dit zijn de onderwerpen die de student moeten leren in de tweede taakklasse. Om de leertaken goed uit te kunnen voeren moet de student componenten uit een schema herkennen, verzamelen en toepassen in een besturing.

| Taakklasse 2 (gemiddeld 1)                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De student bouwt een relais besturing met twee cilinders en sensoren volgens een afgesproken bewegingspatroon (WS-diagram), test en controleert de werking. |
| <b>Kennis van elektrische relaischema's</b><br>De student kent de standaard tekensymbolen die in relais schema's worden gebruikt.                           |
| <b>Kennis van relaisbesturingen</b>                                                                                                                         |

|                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De student weet hoe de besturingen met relais, hulprelais en overneemcontacten worden opgebouwd. |
| <b>Kennis van actuatoren</b><br>De student kent de werkingsprincipes van cilinders en relais.    |
| <b>Kennis van sensoren</b><br>De student kent de werkingsprincipes van verschillende sensoren.   |

### Taakklasse 3

De student kan voor een besturing zelf de componenten bij elkaar zoeken, deze componenten in simulatiesoftware invoeren en vanuit een schema deze op de juiste manier toepassen.

|                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Taakklasse 3 (gemiddeld 2)</b>                                                                                                                                                                               |
| De student ontwerpt een elektro-pneumatische besturing met drie cilinders en sensoren die met een start/stopknop een afgesproken bewegingspatroon uitvoert en bepaalt de schakelformules voor de besturing.     |
| <b>Kennis van elektro-pneumatische componenten</b><br>De student kan van een algemene beschrijving van een besturing met meerdere knoppen en actuatoren de besturingsvoorwaarden ontwerpen, opbouwen en testen. |
| <b>Kennis van digitale techniek</b><br>De student kan uit een waarheidstabel of WS-diagram een besturingsvoorwaarde afleiden.                                                                                   |
| <b>Kennis van simulatiesoftware</b><br>De student kan van het ontwerp van een besturing simuleren in een softwarepakket.                                                                                        |

### Taakklasse 4

De student kan voor een besturing zelf de componenten bij elkaar zoeken, aansluiten op de PLC en vanuit een procesbeschrijving een PLC-programma ontwerpen.

|                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Taakklasse 4 (moeilijk)</b>                                                                                                                                                                                                  |
| De student ontwerpt een PLC-besturing aan de hand van een procesbeschrijving en hij bepaalt welke componenten nodig zijn voor de besturing, vertaalt het proces in een besturing voor de PLC, test en controleert de besturing. |
| <b>Kennis van de PLC</b><br>De student kent de hardware van een PLC met in- en uitgangen en gebruikersinterface (HMI).                                                                                                          |
| <b>Kennis van PLC-besturingen</b><br>De student kent de mogelijkheden die een PLC-besturing heeft (counters, timers).                                                                                                           |
| <b>Kennis van programmeertalen van de PLC</b><br>De student kent verschillende programmeertalen voor een PLC volgens de standaard programmeerafspraken (IEC-61131-3).                                                           |

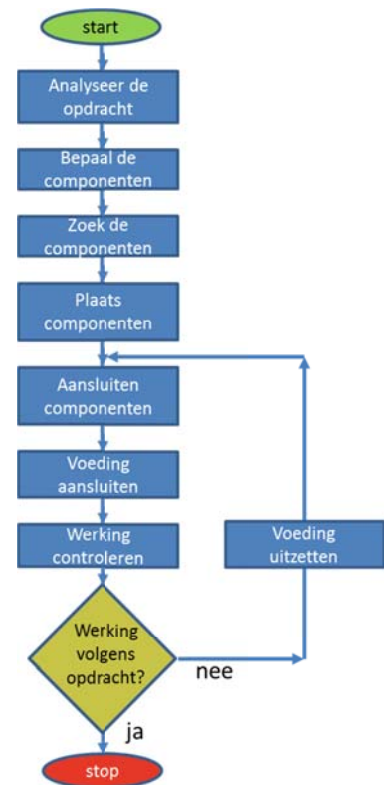
De ondersteunende informatie wordt met opeenvolgende taakklassen steeds verder uitgebreid. Zo worden de cognitieve schema's constructief uitgebreid en opgebouwd. Dit proces van elaboratie leidt tot complexe schemaconstructies die diep begrip toelaten. De cognitieve schema's kunnen onderverdeeld worden in twee vormen. Ten eerste zijn er de mentale modellen. Deze modellen representeren hoe de wereld is georganiseerd. Drie organisatievormen zijn mogelijk, namelijk de conceptuele modellen (wat is dit?), de structurele modellen (hoe is dit georganiseerd?) en de causale modellen (hoe werkt dit?).

Mentale modellen kunnen deze drie verschillende perspectieven combineren waardoor kwalitatief redeneren in een bepaald domein mogelijk wordt.

Ten tweede zijn er de cognitieve strategieën. Cognitieve strategieën helpen problemen te benaderen en op te lossen in een bepaald domein door middel van heuristieken en probleemoplossingsstrategieën. Omwille van het abstracte karakter van cognitieve strategieën stelt het model voor om deze inductief aan te brengen door middel van concrete illustrerende voorbeelden (Van Merriënboer, Clark, & De Croock, 2002).

### 5.5.3. Cognitieve strategieën

Cognitieve strategieën zijn moeilijker te beschrijven dan mentale modellen. Een manier om dit te doen is het maken van Systematische Probleemaanpakken (SPA). Een SPA (figuur 27) geeft in een schemavorm van begin tot eind aan welke fasen langskomen in het toepassen van de complexe vaardigheid. Informatie die in een schema is georganiseerd is beter toegankelijk voor gebruik dan informatie die in delen is opgeslagen (Boshuizen & Schmidt, 1995). Een SPA geeft echter geen garantie voor het juist uitvoeren van een handeling. Het is een beschrijving van doelen en vuistregels die een student helpen een proces onder de knie te krijgen. De complexe vaardigheid 'een besturing opbouwen met twee cilinders en een startknop' wordt aan de hand van het schema in figuur 27 stap voor stap schematisch uitgelegd.



Figuur 27: SPA

### 5.6. JIT-informatie

Just-in-time informatie (JIT) is de kennis die een student nodig heeft om routinematige aspecten van de complexe vaardigheid te kunnen uitvoeren. Deze informatie wordt aangeboden op het moment dat de student de bijbehorende leertaak uitvoert. Een voorbeeld is het aansluiten van de pneumatische componenten die op het bord zijn geplaatst op perslucht of het instellen van de parameters op een frequentieregelaar voor het aansturen van de driefasen motor. Het aanbieden van de kennis gebeurt op het moment dat de student met de leertaak bezig is. De JIT-informatie is tijdens de gehele leertaak aanwezig (figuur 28).

JIT-informatie bestaat uit procedures en regels die een juiste uitvoering van een routine beschrijft en uit feiten en concepten die nodig zijn om die uit te voeren. Correctieve feedback op kwaliteit van de uitvoering is een onderdeel van JIT-informatie.



Figuur 28: JIT-informatie (Van Merriënboer, Clark, & De Croock, 2002, p. 63)

### 5.7. Deeltaakoefeningen

Deeltaakoefeningen zijn oefeningen om routinematige aspecten van een complexe vaardigheid te oefenen (automatiseren van handelingen). Het doel is om de student vertrouwd te maken met de handelingen zodat dit van de student weinig cognitieve belasting vraagt. Tijdens de leertaak kan de student zijn aandacht richten op de niet-routinematige handelingen omdat deze vaardigheid een voorwaarde is om de vaardigheden hoger in de hiërarchie te kunnen uitvoeren of dat meerdere vaardigheden in de routine moeten worden gecoördineerd.

De procedures bij de deeltaakoefeningen zijn niet moeilijk maar de student moet de handelingswijze enkele malen uitvoeren.

Enkele deelvaardigheden zijn:

- Opstellen WS-diagram.
- Uitlezen van karnaugh diagrammen.
- Opstellen besturingsvoorwaarden.
- Besturing simuleren.
- Opbouwen (elektro)pneumatische besturingen.

De student krijgt meerdere opdrachten om de bovenstaande deelvaardigheden te oefenen en om hun vaardigheid te perfectioneren. Het veranderen van de uitvoeringscriteria (nauwkeurigheid en snelheid) en/of door het toenemen van de complexiteit van de oefeningen en de tijd voor het uitvoeren dezelfde blijft wordt '*overlearning*' genoemd.

Voor het uitvoeren van de leertaken wordt een start gemaakt in het tweede leerjaar in één periode van tien weken. De intentie is om in het derde leerjaar ook een periode van tien weken te gebruiken.

In het tweede jaar ligt de nadruk van de complexe vaardigheden vooral om de theoretische kennis van de digitale techniek toe te passen in (elektro)pneumatische- en PLC-besturing. In het derde jaar wordt een robotbesturing in combinatie met een PLC-besturing gecombineerd. In bijlage K is een voorbeeld van verschillende opdrachten in dezelfde taakklasse.

## 6. Evaluatie

In een formatieve evaluatie kan de kwaliteit van het ontwerp met specificaties (Van Aken, 2011) worden vastgesteld. Op het moment dat het ontwerpmodel in een definitieve fase komt, kan dit in de praktijk worden uitgetest. In de ontwikkelcyclus volgens het ADDIE-model (Valcke, 2010) vindt na elke overgang van een kernactiviteit, analyseren, ontwerpen, ontwikkelen, implementeren en evalueren, een formatieve evaluatie plaats. Elk tussenproduct stelt daarbij zijn eigen kwaliteitscriteria (SLO, 2014; Plomp & Nieveen, 2009; Nieveen, 1999).

Op basis van deze algemene beschrijving wordt de evaluatie van dit ontwerpmodel ingestoken. De evaluatie van het ontwerpmodel heeft al op twee momenten plaatsgevonden. Een eerste evaluatie is uitgevoerd in oriënterende gesprekken met collega's tijdens het onderzoek. Een tweede evaluatie heeft plaatsgevonden tijdens de focusgroep bijeenkomst. In deze bijeenkomst is het ontwerp ingeleid, is het in een historisch kader geplaatst, hebben de collega's hun vakken gepositioneerd in de zogenaamde automatiseringspiramide, en is uiteindelijk ingestemd met het voorliggende ontwerpmodel.

Het uitgewerkte eerste prototype van het ontwerpmodel is in een focusgroep bijeenkomst voorgelegd en bevraagd op relevantie, consistentie, verwachte bruikbaarheid en verwachte effectiviteit (SLO, 2014; Nieveen, 1999). Het resultaat van de focusgroep bijeenkomst is in tabel 21 samengevat.

Ten aanzien van consistentie wordt opgemerkt dat het eerste prototype consistent in zichzelf, omdat het gebaseerd is op de ontwerpcyclus die bestaat uit een structuur van logisch bij elkaar passende onderdelen. Deze onderdelen zijn analyseren van het proces, ontwerpen van de besturing, bouwen van de besturing, testen van de besturing en inbedrijfstellen. In het eerste prototype komen deze onderdelen terug als de competenties analyseren, ontwerpen, realiseren, enz. Deze analogie tussen de gedetailleerde ontwerpcyclus (figuur 20) die gebruikt wordt bij het automatiseren van een productieproces en het eerste ontwerpmodel (figuur 19) is consequent doorgezet. Daarnaast is het eerste prototype inhoudelijk consistent omdat het logisch aansluit op andere vakken in curriculaire spinnenweb. Tenslotte is het prototype ook consistent ten aanzien van het docenten team, omdat de collega docenten direct zijn betrokken bij de totstandkoming van het ontwerp van het model.

Voor wat betreft verwachte bruikbaarheid heeft het onderzoek kennis opgeleverd over de inhoud van industriële automatisering voor elektrotechnici. Wat de studenten aan kennis bij dit prototype zullen opdoen sluit aan bij de inzichten van het beroepenveld, en zal dus de beroepsgerichtheid van studenten vergroten. Het werkveld heeft in interviews kerntaken van de elektrotechnicus aangegeven. Deze kerntaken zijn vertaald in leertaken voor het onderwijs. Studenten worden in een authentieke leeromgeving geconfronteerd met leertaken die zij in de praktijk tegen kunnen komen. In het ontwerpmodel wordt een rijke leeromgeving voor studenten gecreëerd waarin de samenhang van theorie en praktijk wordt verhelderd.

**Tabel 21: Kwaliteitscriteria**

| Globaal ontwerp             |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kwaliteitscriteria          | Mogelijke aandachtspunten                                                                                                                                                                                   | focusgroep                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| relevantie                  | Beantwoordt het ontwerpvoorstel aan de aanbevelingen uit de uitgevoerde onderwijsanalyse?                                                                                                                   | Ja, uit de analyse worden kerntaken en onderwerpen uit de beroepspraktijk gebruikt als basis voor het CGO en het prototype van het onderwijsmodel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| (inhoudelijke) consistentie | Is het curriculaire spinnenweb in logische samenhang in het voorstel verwerkt?                                                                                                                              | Ja, volgend op vakken (digitale techniek en $\mu$ C) uit het eerste jaar vormt IA in het tweede jaar een praktische uitbreiding met een vervolg naar de ingenieursfase.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| (relationele) consistentie  | Zijn de beoogde belanghebbenden betrokken bij de totstandkoming van het ontwerpvoorstel?<br><br>Stemmen zij ermee in?                                                                                       | Ja, een eerste voorstel van vaardigheden hiërarchie is samen ontwikkeld met collega's. De onderzoeker heeft een koppeling van de ontwerpcyclus en de vaardigheden hiërarchie verder uitgewerkt en voorgelegd aan de focusgroep waarop positief is gereageerd.                                                                                                                                                                                                                             |
| verwachte bruikbaarheid     | Kan het ontwerpvoorstel worden uitgevoerd met de middelen en mogelijkheden die de school daarvoor biedt? Lijken de betrokken ontwikkelaars en beoogde uitvoerenden toereikend bevoegd en voldoende bekwaam? | Ja, binnen de opleiding WTB zijn faciliteiten aanwezig om IA binnen het onderwijsprogramma van de opleiding E te integreren zonder extra kosten. Een kanttekening is de hoge bezettingsgraad van de lokaliteit door WTB in perioden 1, 2 en 4. De bezetting van de lokaliteit is periode 3 laag en kan voor E worden gebruikt. De onderzoeker heeft ervaring in het vakgebied en wordt regelmatig bijgeschoold met zijn collega WTB.                                                      |
| verwachte effectiviteit     | Lijkt het voorstel bij te dragen aan de gewenste situatie? Welke aanwijzingen of bewijzen zijn daarvoor te geven?                                                                                           | Ja, omdat op dit moment geen aandacht wordt besteed aan IA binnen de opleiding E terwijl deze ontwikkeling voor IA een antwoord is op de vraag van de beroepspraktijk. Daarnaast bestaat de vraag vanuit de landelijke conferentie van elektrotechniek om nieuwe uitstroombrofielen toe te voegen aan de 'nieuwe BoKS'. Het huidige voorstel is op de landelijke conferentie gepresenteerd aan collega's van andere hogescholen en deze hebben belangstelling getoond voor het resultaat. |

Collega docenten kunnen het onderwijsontwerp bestuderen en zij kunnen ervaren of deze leeromgeving een positieve invloed heeft op de resultaten van de studenten. Dat wil zeggen of de studenten de theorie kunnen toepassen in de praktijk. Ook de kennis over het proces dat heeft geleid tot dit prototype kan als voorbeeld gebruikt worden in hun eigen praktijk. De bruikbaarheid van het eindproduct is groot, omdat dit past in een competentiegericht curriculum.

Een derde evaluatie zal moeten plaatsvinden als het onderwijsontwerp in de nabije toekomst wordt geïmplementeerd, nadat de eerste ervaringen in de praktijk met het ontwerp zijn opgedaan. Ook zou aan de beroepspraktijk kunnen worden gevraagd om het onderwijsontwerp te evalueren.

## 7. Conclusie en aanbevelingen

Dit onderzoek is uitgevoerd om de beroepspraktijk te betrekken bij het ontwerpen van een onderwijsontwerp voor industriële automatisering. De opleiding elektrotechniek in Alkmaar biedt studenten competentiegericht onderwijs aan en de opleiding wil met het curriculum aansluiting vinden bij de beroepspraktijk, zodat studenten in het onderwijs ervaring opdoen met beroepsgerichte kerntaken die zij later in de beroepspraktijk kunnen toepassen. Als aanpak werd gekozen voor ontwerponderzoek (zie hoofdstuk 2). Centraal in dit onderzoek is het 4C/ID onderwijsmodel (zie hoofdstuk 5), waarbij voor een eerste prototype gebruik is gemaakt van de ontwerpspecificaties uit het vooronderzoek en de beroepspraktijk. In deze paragraaf wordt op basis van het uitgevoerde onderzoek, per deelvraag de belangrijkste conclusies beschreven en hoe deze conclusies hebben bijgedragen aan het beantwoorden van de hoofdvraag.

### 7.1. Conclusie

In dit hoofdstuk wordt de conclusie op de deelvragen van dit onderzoek beschreven en op welke manier dit heeft geleid tot het beantwoorden van de hoofdvraag.

#### **Deelvraag 1: 'Wat zijn competenties en welke definitie is in de opleiding bruikbaar?'**

Er bestaat voor het begrip competentie geen eenduidige definitie. Onstenk geeft de volgende omschrijving van het begrip competentie: *'Competentie is het gestructureerd en geïntegreerd vermogen tot het adequaat verrichten van arbeidshandelingen en het oplossen van arbeidsproblemen'*. De hbo-opleiding elektrotechniek in Alkmaar gebruikt een definitie van het begrip competentie als een cluster van kennis, vaardigheden en houdingen dat nodig is voor het uitvoeren van een beroep/functie in een bepaalde context wat verbeterd kan worden door middel van training en ontwikkeling.

Competenties zijn een directe vertaling van geactualiseerde beroepskwalificaties, waarbij onderscheid wordt gemaakt in beroeps specifieke competenties en algemene gedragscompetenties. Deze competenties zouden regelmatig aan de beroepspraktijk moeten worden getoetst om te kijken of deze moeten worden bijgesteld of veranderd. Competenties van hbo-opleidingen elektrotechniek zijn in een landelijk overleg bepaald en worden verdeeld in vier technische competenties en vier algemene competenties op drie verschillende niveaus. Afgesproken in het landelijk overleg is dat een student elektrotechniek startbekwaam is als de som van de competenties (spinnenweb) minimaal 18 is. De opleiding elektrotechniek heeft zijn competenties beschreven op competentiekaarten met drie competentieniveaus, beroepsgeschikt (1), professioneel bekwaam (2) en startbekwaam (3). Uit de analyse van het literatuur- en het praktijkonderzoek (vacaturescan en interviews) kan worden vastgesteld dat *'professionaliseren'* als een belangrijke competentie wordt gezien. In het landelijk overleg is het eindniveau van de competentie *'Professionaliseren'* van een startbekwame ingenieur op twee (spinnenweb) gezet. Op dit moment wordt in het onderwijs minder aandacht gegeven aan algemene competenties (managen, adviseren en professionaliseren) dan aan technische competenties (analyseren, ontwerpen en realiseren). Integratie van kennis, vaardigheden en attitudes en het vermogen tot verantwoordelijke zelfsturing om nieuwe kennis te kunnen vergaren is belangrijk voor een technicus door de snelle veranderingen in de beroepspraktijk.

**Deelvraag 2:** *‘Wat is het belang van competentiegericht onderwijs (CGO) voor de beroepspraktijk?’*

Uit literatuuronderzoek blijkt dat het ontbreken van een eenduidige definitie van het begrip competentie geen belemmering vormt voor het inrichten van CGO. In alle vormen van CGO staat de relatie met de beroepspraktijk centraal. Het onderwijs en beroepspraktijk stellen samen de beroepscompetentieprofielen op, welke een afgeleide set zijn van kerntaken, kernopgaven en beroepscompetenties waarmee de student in zijn beroepsleven mee wordt geconfronteerd. In het curriculum worden samenhangende delen uit de beroepspraktijk geïntegreerd, zodanig dat de student vaktechnische kennis en vaardigheden kan toepassen, maar ook sociaal-communicatieve, organisatorische en leervaardigheden aanleert en hij wordt voorbereid op een leven lang leren in de beroepspraktijk. Kernopgaven en kernproblemen worden in een realistische en authentieke leeromgeving uit de beroepspraktijk aangeboden en confronteert de student in een realistische context zodat hij andere criteria ervaart bij het oplossen van kernopgaven.

**Deelvraag 3:** *‘Wat is industriële automatisering (IA) en welke onderwerpen zijn bruikbaar in CGO?’*

ISA omschrijft industriële (technische) automatisering als volgt: *‘The creation and application of technology to monitor and control the production and delivery of products and services’*. Vrij vertaald betekent dit het ontwerpen en toepassen van technologie om productie en levering van producten en diensten te monitoren en te controleren. Industriële automatisering is een ver doorgevoerde mechanisering, waarbij een controlerende- en corrigerende functie van de mens is overgenomen door een besturingscomputer. De automatiseringspiramide laat in vier lagen (Field level, Proces control level, Manufacturing control level en Enterprise level) een scheiding zien van industriële automatisering en welk onderwerp in iedere laag een belangrijke rol speelt. Verder wordt voor een efficiënte uitwisseling van product/productiegegevens en machines communicatie via gestandaardiseerde protocollen steeds belangrijker. Daarom wordt veiligheid en beveiliging van deze geautomatiseerde systemen steeds belangrijker.

De kennis en vaardigheden van een elektrotechnische student richt zich vooral op de onderste lagen van de automatiseringspiramide (Field level en Proces control level). Verder is het verstrekken van informatie over het proces aan de procesoperator en informatie over de productie aan het management belangrijk. De student moet leren communiceren en doorvragen met gebruikers en zal hiervoor zijn persoonlijke kwaliteiten moeten inzetten.

Het resultaat van het praktijkonderzoek (vacaturescan en interviews) levert diverse onderwerpen op uit het vakgebied industriële automatisering wat in de beroepspraktijk wordt gevraagd. Naast technische kennis zal een student zijn persoonlijke kwaliteiten verder moeten ontwikkelen. Bij de interviews dient een kanttekening worden gemaakt, want afhankelijk van de expertise van het bedrijf is de focus gelegd op specifieke onderwerpen in industriële automatisering.

**Deelvraag 4:** *‘Welk onderwijsmodel is bruikbaar binnen de gegeven context?’*

De opleiding elektrotechniek heeft in het verleden gekozen voor CGO, waarin kerntaken uit de beroepspraktijk door een student worden uitgevoerd in een realistische en authentieke omgeving. In de literatuurstudie zijn diversen onderwijsmodellen onderzocht en is gekozen

voor het 4C/ID-model van Van Merriënboer. Ten eerste is dit model geschikt voor opleidingen met goed identificeerbare en representatieve beroepstaken. Ten tweede kan dit model gebruikt worden voor het vernieuwen van een geheel curriculum, maar is het ook geschikt om onderdelen van het curriculum te (her)ontwerpen. Ten derde bestaat het model uit vier samenhangende componenten met elk een eigen vorm van leren, zodat rekening gehouden wordt met verschillende leerstijlen van studenten. Ten vijfde zijn leertaken samengesteld waarbij de complexiteit van de leertaak toeneemt en de ondersteuning gedurende het uitvoeren van de leertaak juist afneemt bij een toenemende zelfstandigheid. Een voordeel van het model is dat complexe kerntaken worden opgedeeld in deeltaken, zodat bij elke deeltaak uitzicht blijft bestaan op het eindresultaat.

Verder dragen positieve resultaten van 'best practice' bij aan de keuze voor het gebruik van het 4C/ID-model, waarbij het model de overstap naar een competentiegericht curriculum heeft ondersteund. Voor het ontwikkelen van kerntaken uit de beroepspraktijk (technische competenties) is een nauwe samenwerking met de beroepspraktijk essentieel en is een voorwaardelijk kenmerk bij een dit onderwijsontwerp. De kernkwaliteiten en de persoonlijke competenties kunnen in het onderwijs verder gestimuleerd worden door de docent.

Een eerste prototype van het onderwijsontwerp is besproken in een focusgroep bijeenkomst en voldoet aan de vier kwaliteitskenmerken van Nieveen:

- Relevantie: er wordt voorzien in de behoeften van de respondenten en er wordt rekening gehouden met de literatuur en met de laatste ontwikkelingen in IA.
- Consistentie: het onderzoek sluit aan op bestaande vakken uit het huidige curriculum en is een logische invulling voor de praktijk in het tweede jaar met een uitloop naar de ingenieursfase. Collega's en de beroepspraktijk hebben meegewerkt met de totstandkoming van een eerste prototype van de vaardigheden hiërarchie.
- Verwachte bruikbaarheid: de beschikbare faciliteiten voor het uitvoeren van het onderwijsontwerp zijn aanwezig, expertise van docenten zal moeten worden uitgebreid door het volgen van bijscholing.
- Verwachte effectiviteit: aandacht vanuit de opleiding elektrotechniek voor industriële automatisering is een antwoord op de vraag van de beroepspraktijk en draagt bij aan de vraag om nieuwe uitstroombrofielen voor opleidingen elektrotechniek toe te voegen aan de bestaande BoKS.

De verwachting is dat de beroepsgerichtheid van studenten wordt vergroot en dat zij kennis zullen opdoen bij het uitvoeren van kerntaken die zijn verwerkt in dit prototype die aansluit bij de inzichten van de beroepspraktijk. Docenten zullen zich meer moeten bekwamen in het begeleiden van studenten.

### **Hoofdvraag:**

*'Welke kenmerken heeft een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor industriële automatisering in een competentiegerichte omgeving voor de opleiding elektrotechniek in Alkmaar?'*

Het literatuur- en praktijkonderzoek hebben verschillende kenmerken voor een onderwijsontwerp industriële automatisering opgeleverd, die voldoen aan de wensen en behoeften van de respondenten en past in de context van de opleiding elektrotechniek. Het onderwijs bij de opleiding elektrotechniek integreert op dit moment het onderwijs en de

beroepspraktijk te weinig, maar door het toepassen van het 4C/ID model kunnen studenten in de conceptuele leerlijn theoretische kennis opdoen van IA, in de vaardigheden leerlijn complexe vaardigheden oefenen en schemastructuren ontwikkelen voor het oplossen van praktijkproblemen en deze opgedane kennis en vaardigheden samen met persoonlijke kwaliteiten verder ontwikkelen en toepassen in de integrale leerlijn in realistische en authentieke beroepssituaties die de opleiding samen met de beroepspraktijk ontwikkelt. Eventuele leemtes in de theoretische kennis van de student worden in een ondersteuning op het meest geschikte moment door de beroepspraktijk aangeboden in de integrale leerlijn. De student ontwikkelt een actieve leerhouding, bestudeert bronnen en overlegt met andere studenten in teamverband. Van de docenten vraagt deze aanpak een begeleidende rol en zal de docent de student meer moeten stimuleren om zijn persoonlijke kwaliteiten te ontwikkelen en zal de student moeten leren te reflecteren op het ontwikkelproces en een kritische houding te ontwikkelen ten aanzien van het eindproduct.

Als de andere docenten van elektrotechniek de voordelen van een samenwerking van de opleiding met de beroepspraktijk voor IA zien en de beroepsgerichtheid en motivatie van studenten toeneemt, zouden zij dit onderzoek ook voor hun eigen onderwijspraktijk kunnen inzetten. Door meer met collega's samen te werken is de verandering naar een competentiegericht curriculum een kleine stap, maar een grote stap voor de ontwikkeling van het curriculum van de opleiding.

Het resultaat van dit onderzoek kan ook door andere hogescholen worden gebruikt. Hogescholen kunnen IA in een context plaatsen al naar gelang de behoefte van de bedrijven in de lokale omgeving door het houden van interviews met deze bedrijven en een aanvullende vacaturescan met betrekking tot de invulling van de behoefte.

## 7.2. Aanbevelingen

Naar aanleiding van de conclusies van dit onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan voor een eventueel vervolgonderzoek.

### **Aanbeveling 1:**

In de vacaturescan is alleen gekeken naar vacatures op hbo niveau. Deze scan kan ook waardevol zijn als deze wordt uitgevoerd naar vacatures op mbo niveau. In dit aanvullende onderzoek kan dan worden gekeken wat de beroepspraktijk van een mbo-er verwacht. Het hbo kan in voorlichtingen met de resultaten van het onderzoek beter aansluiten op de voorkennis van de mbo-er als deze kiest voor een vervolgstudie op het hbo. Verder biedt de scan mogelijkheden om mbo-ers die al werkzaam zijn in de beroepspraktijk bij te scholen en/of mogelijkheden bieden om als deeltijdstudent in te schrijven voor een vervolgstudie.

### **Aanbeveling 2:**

De vertegenwoordigers van bedrijven die in dit onderzoek zijn geïnterviewd vertegenwoordigen bedrijven met specifieke kennis binnen het vakgebied industriële automatisering. Door in een vervolgonderzoek bedrijven te benaderen met dezelfde achtergrond kan een betere vergelijking gemaakt worden van de onderwerpen die naar voren worden gebracht. Op deze manier kan het onderwijs meer richting geven in de industriële automatisering zoals het beroep van system integrator, aandrijftechnicus of

medewerker bij een ingenieurbureau. Door het contact met de beroepspraktijk zal nu regelmatig overleg moeten plaatsvinden of het onderwijs nog steeds aansluit bij de behoefte van de beroepspraktijk.

### **Aanbeveling 3:**

Niet alle onderwerpen van de industriële automatisering in dit onderzoek zijn in dit prototype verwerkt. Een vervolg onderzoek richt zich op IA als leerlijn door de gehele studie. Deze leerlijn start in de propedeuse, kernfase en eindigt in de ingenieursfase. Op deze manier kunnen studenten een afstudeeronderzoek in IA doen. Door de ingenieursfase in te vullen met een nieuw onderwerp: robotica, kan een volledig beeld van IA worden aangeboden. Voor de ingenieursfase kan worden onderzocht op welke wijze robotica geïntegreerd kan worden met de huidige kennis van IA. In het huidige curriculum wordt nu theorie gegeven over bijvoorbeeld datacommunicatie en in het vervolgonderzoek kunnen aansluitmogelijkheden van verschillende besturingsapparaten (robot, PLC, vision en remote I/O) worden onderzocht, waardoor een leeromgeving in IA de beroepspraktijk nog meer benaderd.

## **8. Kritische reflectie.**

Dit is het eerste kwalitatieve onderzoek dat de onderzoeker in de praktijk heeft uitgevoerd. Bij de start wist hij niet precies wat het begrip inhield. De uiteindelijke keuze is gevallen op onderzoek naar het invoeren van het vak 'industriële automatisering', wat later is veranderd in het ontwerpen van een onderwijsmodel voor industriële automatisering voor de opleiding elektrotechniek. Vervolgens heeft de onderzoeker op een navolgbare manier het verband gelegd tussen de beroepspraktijk en het onderwijsontwerp.

Het doel van het onderzoek was een prototype voor een onderwijsmodel van het vak industriële automatisering te ontwikkelen voor de conceptuele-, vaardigheden-, en integrale leerlijn van de opleiding elektrotechniek dat voor onderlinge samenhang van de leerlijnen zorgt binnen het onderwijs en het beroepsbeeld elektrotechnisch ingenieur naar de studenten verbeterd. De vraag is of het doel is bereikt. Er zijn onderweg beslissingen genomen en of die altijd de juiste zijn geweest zal in de praktijk moeten blijken. Verder blijft het de vraag of bij het onderzoek de juiste mensen uit het onderwijs en uit de beroepspraktijk zijn benaderd. Is het aantal respondenten voldoende geweest om het onderwijsmodel te ontwerpen zoals dat is gebeurd? In dit hoofdstuk wordt teruggekeken naar dit proces, waarbij verder wordt ingegaan op de betrouwbaarheid en validiteit.

### **8.1. Betrouwbaarheid van het onderzoek**

Betrouwbaarheid zegt iets over zorgvuldigheid waarmee het onderzoek is uitgevoerd en of het herhalen van het onderzoek dezelfde resultaten worden verkregen (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2012; Harinck, 2013).

De vacaturescan die op internet is uitgevoerd is in absolute zin een momentopname. Een nieuwe set vacatures zal nieuwe data opleveren maar of de analyse van de gegevens essentieel andere resultaten zal opleveren is de vraag. Dat zal zeker afhangen van de specifieke functie die op dat moment voor een bedrijf nodig is. Vier collega's hebben in de vacaturescan zelfstandige naamwoorden en werkwoorden gekoppeld aan de competenties die de opleiding hanteert. Over het algemeen kwamen de resultaten overeen met de eerder

gevonden resultaten van de onderzoeker, waarbij een aantekening gemaakt moet worden dat de onderzoeker het begrip 'kernkwaliteiten' wat voortkwam uit het literatuuronderzoek koppelde aan sommige werkwoorden uit de vacaturescan. De collega's koppelden deze werkwoorden onder de competentie 'professionaliseren', wat een begrijpelijke keuze is.

Zijn de interviews op een juiste manier afgenomen? De respondenten hebben bij het interview antwoord gegeven op de vragen die aan hen zijn voorgelegd en hebben als dat nodig was het antwoord verder toegelicht. Toch verliep het eerste interview anders dan het laatste interview, want de onderzoeker had bij het houden van het eerste interview weinig ervaring in interviewtechnieken. De onderzoeker heeft gedurende dit proces van interviewen meer ervaring opgedaan, waardoor hij in de later gehouden interviews de structuur van het gesprek beter in de gaten hield. Door meer bekendheid met interviewtechnieken kon hij het gesprek meer in de juiste richting sturen als de respondent afdwaalde van de vraag.

Een belangrijke vraag is of de vier respondenten uit de beroepspraktijk die hebben meegedaan aan het onderzoek representatief zijn voor de beroepspraktijk. Bij de selectie van deze respondenten heeft de onderzoeker gebruik gemaakt van zijn netwerk. Het aantal respondenten (N=5) in dit onderzoek is niet noodzakelijkerwijs representatief voor de beroepspraktijk, maar geeft een indruk wat bedrijven met verschillend specialisme onder IA verstaan en wat zij van belang vinden. In het oriënterende onderzoek van Verheul zijn vier bedrijven (N=4) benaderd. In totaal hebben tien respondenten (N=10) hun input gegeven aan de ontwikkeling van IA. De onderzoeker had graag meer succesvol willen zijn in het achterhalen van de mening van de niet-respondenten. De onderzoeker had docenten IA van een andere hogeschool kunnen interviewen om inzichten in het onderwijs met betrekking tot IA te kunnen verkennen. Bij een vertegenwoordiging van twee of drie bedrijven die gespecialiseerd zijn als systeem integrator, ingenieursbureau, aandrijftechniek of componentenleverancier hadden de antwoorden van overeenkomstige bedrijven met elkaar kunnen worden vergeleken om een meer eenduidig verband in de antwoorden te kunnen vaststellen. Bovendien zou het betrekken van meer bedrijven in het onderzoek betekenen dat gehoor is gegeven aan de vraag van de beroepspraktijk om meer aandacht te geven aan IA in de regio Noord Holland Noord, waardoor meer draagvlak voor IA ontstaat. Immers, om tot betrouwbare onderzoeksresultaten te komen dient de mening van de niet-respondenten te worden achterhaald. Door tijdgebrek is dit niet gelukt. Door echter bij de keuze van de bedrijven voor zoveel mogelijk spreiding in specialisme te kiezen (aandrijftechniek, ingenieursbureau, componentenleverancier en systeem integrator) is enigszins geborgd dat de gehele beroepspraktijk toch zoveel mogelijk is gerepresenteerd. De antwoorden uit de interviews kwamen voor een groot gedeelte overeen met wat in de literatuur is gevonden. Verder geeft de vacaturescan (N=91) een algemeen beeld van IA over competenties, kerntaken en onderwerpen wat overeenkomt met de uitkomst van de interviews.

Is het uitgangspunt om de ontwerpcyclus te gebruiken voor de opzet van het onderwijsontwerp een goede keuze geweest? Is de volgorde van de leerinhouden goed gekozen? Vanuit de stappen die horen bij de ontwerpcyclus is het onderwijsontwerp (vaardigheden hiërarchie) ontstaan en voorgelegd aan twee collega's. Na een discussie over de vaardigheden hiërarchie, een algemene benaming voor de leertaak, het benoemen van de taakklassen die bij de leertaak horen, de volgorde van de taakklassen, welke theoretische kennis moet worden aangeboden, is het onderwijsontwerp aangepast/uitgebreid. Het is de vraag of alleen deze keuze mogelijk was. Bij de landelijke conferentie elektrotechniek in Utrecht heeft de onderzoeker dit onderwijsontwerp gepresenteerd aan collega vakdocenten

van andere hogescholen en is er positief op de presentatie gereageerd. De onderzoeker zou samen met experts uit de beroepspraktijk naar de complexiteit van taken en de gekozen volgorde van de opeenvolgende taken in de vaardigheden hiërarchie moeten kijken en dan eventueel deze volgorde kunnen aanpassen.

In een focusgroep bijeenkomst met vier kerndocenten elektrotechniek is het aangepaste onderwijsontwerp besproken met betrekking tot bruikbaarheid en effectiviteit. Een '*critical friend*' heeft op verschillende momenten tijdens het onderzoek vragen gesteld en om opheldering gevraagd.

## 8.2. Validiteit van het onderzoek

Validiteit zegt iets over de geldigheid van de resultaten en conclusies (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2012; Harinck, 2013). Er zijn verschillende soorten validiteit. Begripsvaliditeit of constructvaliditeit (Verhoeven, 2011) heeft betrekking op de meetinstrumenten die in het onderzoek zijn gebruikt. Het meten van begrippen is lastig. De onderzoeker moet de begrippen duidelijk omschrijven en vervolgens omzetten in vragen, die deze begrippen dan ook echt meten. De instrumenten in het onderzoek gebruikt zijn: deskresearch, literatuurstudie, interviews en een focusgroep bijeenkomst. Achtereenvolgens wordt de validiteit van de verschillende instrumenten besproken.

In deskresearch is vooral naar bestaande informatie over eerder valide onderzoek gezocht. Deze informatie is in de vorm van bestaande rapporten terug te vinden bij de onderzoeker. Uit deze rapporten is informatie gebruikt die van belang zijn voor dit onderzoek. Deze informatie geeft antwoord op de vraag: wat is in het verleden op het gebied van IA al uitgezocht. Het feit dat deze informatie teruggaat op valide rapporten maakt dit instrument valide.

In de literatuurstudie is gezocht naar bestaande relevante informatie over de onderwerpen in het onderzoek waar andere onderzoekers over hebben nagedacht en over hebben gepubliceerd in wetenschappelijke artikelen. Er is veel informatie beschikbaar over enkele onderwerpen. De onderzoeker heeft zich uitgebreid georiënteerd in de literatuur en heeft alle relevante informatie in beeld gebracht vooraleer in het onderzoek een keuze is gemaakt uit de beschikbare informatie in het belang van het onderzoek. Het bestuderen van de literatuur heeft houvast gegeven voor het begrijpen en het scherp formuleren van interpretaties en hebben geholpen bij het onderbouwen van de conclusies vanuit de literatuur. In enkele gevallen is de literatuurstudie gebruikt om een conclusie te toetsen. Door in het onderzoek naar de gebruikte bronnen te verwijzen wordt de lezer van dit onderzoek de mogelijkheid geboden om de juistheid van de gemaakte beweringen na te gaan.

De verschillende interviews met de beroepspraktijk bestonden uit drie vragen waarop een antwoord werd gegeven. Vanaf het begin van het praktijkonderzoek heeft de onderzoeker het aantal vragen beperkt in de interviews om de maximale tijdsduur van het interview te beperken. De respondenten hebben vaak maar een beperkte tijd voor het deelnemen aan een interview. De vragen waren kort geformuleerd zodat de respondent de vraag zonder toelichting kon begrijpen en antwoord kon geven op de vragen. Vanuit de literatuur en de vacaturescan is als resultaat een verzameling van onderwerpen te voorschijn gekomen. De spreiding van expertise in de geselecteerde bedrijven geeft een ruime keuze aan onderwerpen over IA vanuit de beroepspraktijk. Een opsomming van alle onderwerpen van de geselecteerde bedrijven is een antwoord op de vraag '*Welke onderwerpen zijn voor een*

*student van belang?*'. In de benadering van IA is gebruik gemaakt van de automatiseringspiramide. Afhankelijk waar het bedrijf zijn expertise heeft levert dit bedrijf zijn diensten in één of meer lagen van de piramide. Het specialisme van een bedrijf kan dus goed de focus op bijvoorbeeld de aandrijftechniek hebben en geeft dan veel informatie van onderwerpen in de aandrijftechniek. De onderzoeker kan dan zelf bepalen of dit thuis hoort als nieuw onderwerp in IA of dat dit onderwerp binnen het bestaande curriculum bij een ander vak thuishoort. De samenhang van IA en andere vakken wordt hiermee bevestigd en maakt deze vraag valide voor het onderzoek.

In de focusgroep bijeenkomst waren alle vier kerndocenten van de opleiding elektrotechniek aanwezig, waarvan de onderzoeker er één is. De onderzoeker heeft gezorgd voor een rustige omgeving. In het gepresenteerde overzicht van onderwerpen konden alle deelnemers hun zegje doen en kon er overeenstemming worden bereikt om de verschillende onderwerpen in verschillende vakken in het huidige curriculum te plaatsen. Er was sprake van convergente validiteit. Bij de implementatie van het onderwijsmodel ontstond een discussie wat leidde tot verschillende meningen. Dit is een vorm van discriminerende validiteit. Na afloop van de focusgroep bijeenkomst gingen alle deelnemers met een tevreden gevoel weg. De onderzoeker heeft een verslag van de bijeenkomst gemaakt en voorgelegd aan zijn *'critical friend'* om het verslag na te lezen op compleetheid. Daarna is het aan de deelnemers van de focusgroep toegestuurd voor membercheck. In de verschillende interviews die zijn gehouden onder de beroepspraktijk zijn ook overeenkomsten en verschillen in de antwoorden te vinden. Dit komt voornamelijk door de spreiding in de expertise van de bedrijven. Hier geldt het spreekwoord *'schoenmaker blijf bij uw leest'*.

## Bibliografie

- Aken, J. Van (2011). *Domeinafhankelijke ontwerptheorie*. In J. Van Aken, & D. Andriessen, *Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek: wetenschap met effect*. (pp. 41-60). Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Aken, J. Van, & Andriessen, D. (2011). *Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek : wetenschap met effect*. Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Akker, J. Van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). Educational Design Research. Amsterdam.
- Andriessen, D., Onstenk, J., Delnooz, P., Smeijsters, H., & Peij, S. (2010). *Gedragscode praktijkgericht onderzoek voor het hbo*. HBO raad vereniging van hogescholen.
- Baarda, B., Bakker, E., Fischer, T., Julsing, M., Peters, V., Velden, T. Van der, & Goede, M. De (2012). *Basisboek Kwalitatief Onderzoek*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Berg, E. Van den, & Kouwenhoven, W. (2008). *Ontwerponderzoek in vogelvlucht*. Tijdschrift voor lerarenopleiders 29, 20-26.
- Bie, D. De, & Kleijn, J. De (2001). *Wat gaan we doen?* Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Biemans, H., Nieuwenhuis, L., Poell, R., Mulder, M., & Wesselink, R. (2004). *Competencebased VET in the Netherlands: backgrounds and pitfalls*. Journal for vocational education and training. 56, 4, 523-538.
- Biggs, J. (1996). *Enhancing teaching through constructive alignment*. Higher Education 32, 347-364.
- Boeije, H. (2014). *Analyseren in kwalitatief onderzoek: denken en doen*. Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Boshuizen, H. & Schmidt, H. (1995). *De ontwikkeling van medische expertise; implicaties voor het praktisch en theoretisch onderwijs*. In: J. Metz, A.J.J.A. Scherpbier & C.P.M. van der Vleuten, Medisch onderwijs in de praktijk (25-39). Assen: Van Gorcum.
- Bronneman-Holmers, R. (2006). *Duaal als ideaal? Leren en werken in het beroeps- en hoger onderwijs*. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Bustechnologie. (2015, 1 10). <http://www.bustechnologie.nl>. Opgehaald van Automatisering en bussystemen: <http://www.bustechnologie.nl/Leermiddelen/lbasboek/bussyst1.html>
- Collins, A., Brown, J., & Newman, S. (1989). *Cognitive Apprenticeship; Teaching the craft of reading, writing and mathematics*. In L. Resnick, *Knowing, Learning and Instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Dick, W., & Carey, L. (2001). *The Systematic Design of Instruction*. Addison-Wesley Educational Publishers Inc.

- Dolmans, D., & Schmidt, H. (1996, nr15). *Inzichten over leren en implicaties voor het onderwijs*. Bulletin Medisch Onderwijs, 114-119.
- Donker, G. (2013). *Van gelijkstroom naar wisselspanning! Herijking van een competentieprofiel met behulp van kernproblemen uit het beroep*. Alkmaar: Hogeschool Inholland.
- Dorst, A., Beekun, C. Van, & Sa, A. (2014). *Industriële automatiseringstechnieken*. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.
- Esch, W. Van (2002). *Beroepsonderwijs en scholing in de kennissamenleving*. 's Hertogenbosch: CINOP.
- Everwijn, S. (2001). *Het hoe, wat en waarom van competentiegericht onderwijs*. In K. Schlusmans, R. Slotman, C. Nagtegaal, & G. Kinkhorst, *Competentiegericht leeromgevingen* (pp. 63-78). Utrecht: Lemma.
- Fanchamps, J., Van Balkom, J., Bruijn, E., Geurts, J., Klarus, R., Meijers, F., . . . Onstenk, J. (2006). *Ergens goed in worden; Johan van der Sanden en zijn Beroepsonderwijs*. Antwerpen/Apeldoorn: Garant-uitgevers.
- FHI industriële automatisering. (2014, 11 17). *Nederlandse Brancheorganisatie voor industriële automatisering*. Opgehaald van Platform ISI: <http://industriëleautomatisering.fhi.nl/content/view/24/53/>
- Fransen, J. (2007). *Je groeit in het (competentiegericht) onderwijs*. Velon tijdschrift voor lerarenopleiders, 31-38.
- Harinck, F. (2013). *Praktijkonderzoek; basisprincipes praktijkonderzoek*. Antwerpen/Apeldoorn: Garant.
- Harrington, J. (1973). *Computer Integrated Manufacturing*. New York: Industrial Press Inc.
- HBO-engineering Elektrotechniek. (2014). *Body of Knowledge and Skills*. Elektrotechniek.
- Hbo-opleidingen. (2014). *Landelijk Competentieprofiel Elektrotechniek*. Hbo-opleidingen.
- Hogeschool Inholland. (2011). *Domeinplan TOI*. Alkmaar: Domein HBO Engineering.
- Hoogveld, B., & Steinen, H. (2008). *Eerstejaars zicht geven op hun latere beroep: herontwerp van propedeuse Facility management met behulp van het 4C-ID model*. <http://dspace.ou.nl/handle/1820/2512>: Lemma.
- Hooyer, B., & Nedermeijer, J. (2001). *Het ontwerpen van een competentiegericht curriculum voor de HEO-opleiding Asian Trade Managment*. In K. Schlusmans, R. Slotman, C. Nagtegaal, & G. Kinkhorst, *Competentiegericht leeromgevingen* (pp. 117-136). Utrecht: Lemma.
- Huisman, J. (2001). *Leren van competenties in het beroepsonderwijs; programmeren, begeleiden en beoordelen*. 's Hertogenbosch: CINOP.
- ISA; International Society of Automation. (2015, april 9). *ISA-Books; Unbiased Technical Information from Industry Experts*. Opgehaald van <https://www.isa.org>

<https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-publications/isa-books/about-isa-books/reselling-books/>

Janssen-Noordman, A. (2006). *Hoe praktisch is het 4 componenten instructiemodel*. Onderzoek van onderwijs, 24-27.

Janssen-Noordman, A., & Merriënboer, J. Van (2002). *Innovatief Onderwijs Ontwerpen; via leertaken naar complexe vaardigheden*. Heerlen: Wolters Noordhoff.

Jonassen, D., Spector, M., Driscoll, M., Merrill, D., & Van Merriënboer, J. (2008). *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York: Routledge.

Kessels, J. (1999). *Het verwerven van competenties: kennis als bekwaamheid*. Opleiding & Ontwikkeling 12, 7-11.

Kester, L., & Merriënboer, J. Van (2013). *Effectief leren van multimediale leerbronnen*. 4W, 14-52.

Klarus, R. (1998). *Competenties erkennen*. 's Hertogenbosch: CINOP.

Klink, M. Van der, Boon, J., & Schlusmans, K. (2007). *Competenties en beroepsgericht hoger onderwijs: Stand van zaken en toekomstperspectief*. European Journal of Vocational Training 30, 67-82.

Kolb, D. (1984). *Experimental learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice Hall.

Korthagen, F. (1998). *Leraren leren leren*. Rede bij aanvaarding leerstoel. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.

Korthagen, F. (2004). *Zin en onzin van competentiegericht opleiden*. VELON Tijdschrift voor lerarenopleiders, 25, 13-23.

Korthagen, F., & Lagerwerf, B. (2008). *Leren van binnenuit*. Soest: Nelissen.

Lintelo, L. Te (2001). *Kenmerken van competentiegerichte opleidingen*. In K. Schlusmans, R. Slotman, C. Nagtegal, & G. Kinkhorst, *Competentiegerichte leeromgevingen* (pp. 95-102). Utrecht: Uitgeverij Lemma BV.

Merriënboer, J. Van (1997). *Training Complex Cognitive Skills; A Four-Component Instructional Design Model for Technical Training*. New Jersey: Educational Technology Publications. Inc.

Merriënboer, J. Van, & Kirschner, P. (2007). *Ten Steps to Complex Learning. A Systematic Approach to Four-Component Instructional Design*. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Merriënboer, J. Van, & Kirschner, P. (2013). *Ten steps to complex learning*. New York: Routledge.

Merriënboer, J. Van, Clark, R., & Croock, M. De (2002). *Blueprints for Complex Learning: the 4C/ID model*. ETR&D, Vol. 50, No. 2, 39-64.

- Merriënboer, J. Van, Klink, M. Van der, & Hendriks, M. (2002). *Competenties: van complicaties tot compromis. Over schuifjes en begrenzers*. Den Haag: Onderwijsraad.
- Merrill, D. (2002). First principles of instruction. *ETR&D*, 43-59.
- Miller, G. (1990). *The assesment of clinical skills/competence/performance*. *Academic Medicine*, 563-567.
- Modelec. (2015, 1 10). *INDUSTRIËLE AUTOMATISERING*. Opgehaald van Modelec Data-industrie: [http://www.modelec.nl/markten/industriele\\_automatisering](http://www.modelec.nl/markten/industriele_automatisering)
- Morris, S., & McCarthy, B. (1999). *4MAT in Action*. About Learning Inc.
- Mulder, M. (2004). *Educatie, competentie en prestatie. Over opleiding en ontwikkeling in het agrofoodcomplex*. Wageningen.
- Nieveen, N. (1999). *Prototyping to reach product quality*. In J. van den Akker, R. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp, *Design approaches and tools in education and training* (pp. 125-136). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Nof, S. (2009). *Handbook of Automation*. West Lafayette: Springer.
- Onderwijsraad. (1998). *Een levenlang leren in het bijzonder in de bve-sector*. Den Haag: Onderwijsraad.
- Onstenk, J. (1997). *Lerend leren werken. Brede vakbekwaamheid en integratie van leren, werken en innoveren*. Delft: Eburon.
- Onstenk, J. (2001). *Competentie tussen innovaties en universiteit*. Den Haag: InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster.
- Onstenk, J. (2001). *Het duale leertraject als krachtige leeromgeving*. In K. Schlusmans, R. Slotman, C. Nagtegaal, & G. Kinkhorst, *Competentiegerichte leeromgevingen* (pp. 225-237). Utrecht: Lemma.
- Onstenk, J., Bruijn, E. De, & Berg, J. Van den (2004). *Een integraal concept van competentiegericht leren en opleiden: achtergronden en theoretische verantwoording*. 's Hertogenbosch: CINOP.
- Oskam, I., Cowan, K., Hoiting, L., & Souren, P. (2012). *Ontwerpen van technische innovaties; door onderzoek, creatief denken en samenwerken*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- OTIB. (2015, 3 28). *OTIB*. Opgehaald van <https://onderwijs.otib.nl/>: [https://onderwijs.otib.nl/onderwijs/algemene\\_uitleg/](https://onderwijs.otib.nl/onderwijs/algemene_uitleg/)
- Ploegman, M., & Bie, D. De (2008). *Aan de slag, inspirerende opdrachten voor beroepsopleidingen*. Houten: Bohn, Stafleu en Van Loghum.
- Plomp, T. (2009). *Educational design research: An introduction*. In J. van den Akker, B. Bannan, E. Kelly, N. Nieveen, & T. Plomp, *An introduction to educational design research. Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University* (pp. 9-35). Enschede: SLO.

- Pol, J. Van de, Volman, M., Oort, F., & Beishuizen, J. (2013). *Teacher scaffolding in small-group work: An Intervention Study*. Journal of the Learning Sciences.
- Prince, K., Wiel, M. Van de, Scherpbier, A., Vleuten, C. Van der, & Boshuizen, H. (2000). *A Qualitative Analysis of the Transition from Theory to practice in Undergraduate Training in a PBL-Medical School*. Advances in Health Sciences Education, 5, 105-116.
- Robson, C. (2000). *Small-Scale Evaluation*. Londen: Sage Publications Ltd.
- Robson, C. (2011). *Real World Research 3rd edition*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Ruijters, M. (2006). *Liefde voor leren; over diversiteit van leren en ontwikkelen in en van organisaties*. Deventer: kluwer.
- Schlusmans, K., Slotman, R., Nagtegaal, C., & Kinkhorst, G. (2001). *Competentiegerichte leeromgevingen*. Utrecht: Lemma.
- Schnabel, P. (1999). *Een sociale en culturele verkenning voor de langere termijn*. In Sociaal en Cultureel Planbureau/Centraal Planbureau. Trends, dilemma's en beleid. Essays over ontwikkelingen op langere termijn. Den Haag: CPB/SCP.
- Siers, F. (2004). *Methodisch ontwerpen volgens H.H. van den Kroonenberg*. Groningen, Houten: Noordhoff Uitgevers B.V.
- Simons, R. (1990). *Transfervermogen*. Opgehaald van Utrecht Univerty Repository: <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/6998>
- Simons, R. (1999). *Competentiegericht leeromgevingen in organisaties en hoger beroepsonderwijs*. Competentiegerichte leeromgeving, 31-45.
- Simons, R. (2000). *Towards a constructivistic theory of self-directed learning*. Nijmegen.
- Simons, R. (2003). *Competenties verwerven met en zonder instructie*. In R. Simons, Competentiegericht beroepsonderwijs: Gediplomeerd, maar ook bekwaam? (pp. 177-190). Utrecht: Wolters-Noordhoff.
- SLO. (2014, mei 1). [www.slo.nl](http://www.slo.nl). Opgehaald van Handboek projectonderwijs: <http://www.slo.nl/voortgezet/onderbouw/themas/project/Boek/>
- Strijker, A. (2010, januari 25). *Leerlijnen en vocabulaires in de praktijk*. Opgehaald van [www.slo.nl](http://www.slo.nl): <http://www.slo.nl/downloads/2010/leerlijnen-en-vocabulaires-in-de-praktijk.pdf>
- Tanner, D., & Tanner, L. (1995). *Curriculum Development. Theory into Practice*. Englewood Cliffs: Merrill.
- Timmerman, H. (1983). *Toekomstbeeld der techniek; automatisering in de fabriek*. Delft: Delftse Universitaire Pers.
- Valcke, M. (2010). *Onderwijskunde als ontwerpwetenschap*. Gent: Academia Press.
- Verheul, E. (2013). *Voorstel integratie leerlijn industriële automatisering*. Alkmaar.

Verhoeven, N. (2011). *Wat is onderzoek? Praktijkboek methoden en technieken voor het hoger onderwijs*. Den Haag: Boom Lemma uitgevers.

Vermunt, J. (2007). Docent van deze tijd: Leren en laten leren. *Centrum voor onderwijs en leren*, 141-162.

Vision & Robotics. (2015, 3 5). *Internet of Things eist degelijke beveiliging*. Opgehaald van <http://visionandrobotics.nl/>: <http://visionandrobotics.nl/2014/04/09/internet-of-things-eist-degelijke-beveiliging/>

Wesselink, R., Biemans, H., & Mulder, M. (2006). *Competentiegericht beroepsonderwijs; wat is het en wat zijn de eventuele consequenties?*

Westenberg, M. (2008). *De jeugd van tegenwoordig!* De Psycholoog, 10, 546-552.

Wordle. (2015, mei). <http://www.wordle.net>. Opgehaald van Wordle: <http://www.wordle.net/create>

Zühlke, D., & Ollinger, L. (2011). *Agile Automation Systems Based on Cyber-Physical Systems and Service-Oriented Architectures*. In G. Lee, *Lecture notes in Electrical Engineering; Advances in Automation and Robotics, Vol.1* (pp. 567-574). Newark: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

## Bijlage A: Competenties domein Engineering

Het landelijke competentieprofiel van het domein Engineering bestaat uit vier vaktechnische en vier algemene domeincompetenties:

| Competenties  |                       |
|---------------|-----------------------|
| Vaktechnisch  | Algemeen              |
| 1. Analyseren | 5. Managen            |
| 2. Ontwerpen  | 6. Adviseren          |
| 3. Realiseren | 7. Onderzoeken        |
| 4. Beheren    | 8. Professionaliseren |

Het landelijke competentieprofiel van het domein Engineering definieert de volgende niveaus, die gekoppeld kunnen worden aan iedere domeincompetentie:

| Niveau |                                            |                                                                                        |
|--------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 0      | Instroomniveau (havo-5 / mbo-4 eindniveau) |                                                                                        |
| 1      | Aard van de taak                           | Eenvoudig, gestructureerd, past bekende methoden direct toe volgens vaststaande normen |
|        | Aard van de context                        | Bekend; eenvoudig, monodisciplinair, in schoolsituatie                                 |
|        | Mate van zelfstandigheid                   | Sturende begeleiding                                                                   |
| 2      | Aard van de taak                           | Complex, gestructureerd, past bekende methoden aan wisselende situaties aan            |
|        | Aard van de context                        | Bekend; complex, monodisciplinair, in de praktijk onder begeleiding                    |
|        | Mate van zelfstandigheid                   | Begeleiding indien nodig                                                               |
| 3      | Aard van de taak                           | Complex, ongestructureerd, verbetert methoden en past normen aan de situaties aan      |
|        | Aard van de context                        | Onbekend; complex, multidisciplinair in de praktijk                                    |
|        | Mate van zelfstandigheid                   | Zelfstandig                                                                            |

## **Bijlage B: Competentiekaarten elektrotechniek**

Bij de genoemde acht competenties wordt elke competentie omschreven in een context met beheersingsindicatoren op drie verschillende niveaus.

1. Analyseren
2. Ontwerpen
3. Realiseren
4. Beheren
5. Managen
6. Adviseren
7. Onderzoeken
8. Professionaliseren

| Competentie 1 Analyseren – Opleiding Elektrotechniek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschrijving competentie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Beheersingsindicatoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Het analyseren van een engineeringvraagstuk omvat de identificatie van het probleem of klantbehoefte, de afweging van mogelijke ontwerpstrategieën / oplossingsrichtingen en het eenduidig in kaart brengen van de eisen / doelstellingen / randvoorwaarden. Hierbij wordt een scala aan methoden gebruikt, waaronder wiskundige analyses, computermodellen, simulaties en experimenten. Randvoorwaarden op het gebied van mens &amp; maatschappij, gezondheid, veiligheid, milieu &amp; duurzaamheid worden hierbij meegenomen.</p> | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i><br/> 1.1.1 Selecteren van relevante aspecten met betrekking tot de vraagstelling.<br/> 1.1.2 Aangeven wat de mogelijke invloed is van vakgebiedgerelateerde aspecten.<br/> 1.1.3 Formuleren van een heldere doelstelling aan de hand van de wensen van de klant.<br/> 1.1.4 Opstellen van een programma van (technische) eisen en dit vast kunnen leggen.<br/> 1.1.5 Modelleren van een bestaand product.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i><br/> 1.2.1 Selecteren van relevante aspecten met betrekking tot de vraagstelling.<br/> 1.2.2 Aangeven wat de mogelijke invloed is van bedrijfseconomische en vakgebiedgerelateerde aspecten.<br/> 1.2.3 Formuleren van een heldere probleemstelling, doelstelling en opdracht aan de hand van de wensen van de klant.<br/> 1.2.4 Opstellen van een programma van (technische &amp; niet-technische) eisen en dit vast kunnen leggen.<br/> 1.2.5 Modelleren van een bestaand product, proces of dienst.</p> |
| Context                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum:</p> <p>Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.</p> <p>Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen.</p>                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, ongestructureerde taken, met verbetering van methoden en aan wisselende situaties aangepaste normen, in een onbekende, complexe, multidisciplinaire context, en zelfstandig:</i><br/> 1.3.1 Selecteren van relevante aspecten met betrekking tot de vraagstelling.<br/> 1.3.2 Aangeven wat de mogelijke invloed is van bedrijfseconomische, maatschappelijke en vakgebiedgerelateerde aspecten.<br/> 1.3.3 Formuleren van een heldere probleemstelling, doelstelling en opdracht aan de hand van de wensen van de klant.<br/> 1.3.4 Opstellen van een programma van (technische &amp; niet-technische) eisen en dit vast kunnen leggen.<br/> 1.3.5 Modelleren van een bestaand product, proces of dienst.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Competentie 2 Ontwerpen – Opleiding Elektrotechniek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschrijving competentie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Beheersingsindicatoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Het realiseren van een engineeringontwerp en hierbij kunnen samenwerken met ingenieurs en niet-ingenieurs. Het te realiseren ontwerp kan voor een apparaat, een proces of een methode zijn en kan meer omvatten dan alleen het technisch ontwerp, waarbij de engineer een gevoel heeft voor de impact van zijn ontwerp op de maatschappelijke omgeving, gezondheid, veiligheid, milieu, duurzaamheid (bijv. cradle-to-cradle) en commerciële afwegingen. De engineer maakt bij het opstellen van zijn ontwerp gebruik van zijn kennis van ontwerpmethodieken en weet deze toe te passen. Het te realiseren ontwerp is gebaseerd op het programma van eisen en vormt een volledige en correcte implementatie van alle opgestelde producteisen.</p> | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>2.1.1 Vanuit de opgestelde eisen een conceptoplossing (architectuur) bedenken en kiezen.<br/> 2.1.2 Maken van gedetailleerde ontwerpen aan de hand van de gekozen conceptoplossing (architectuur).<br/> 2.1.3 Rekening houden met de maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp.<br/> 2.1.4 Verifiëren van het ontwerp aan de hand van het programma van eisen.<br/> 2.1.5 Selecteren van de juiste ontwerphulpmiddelen.<br/> 2.1.6 Opstellen van de documentatie ten behoeve van het product.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i></p> <p>2.2.1 Vanuit de opgestelde eisen een conceptoplossing (architectuur) bedenken en kiezen.<br/> 2.2.2 Maken van gedetailleerde ontwerpen aan de hand van de gekozen conceptoplossing (architectuur).<br/> 2.2.3 Rekening kunnen houden met de maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp.<br/> 2.2.4 Het verifiëren van het ontwerp aan de hand van het programma van eisen.<br/> 2.2.5 Selecteren van de juiste ontwerphulpmiddelen.<br/> 2.2.6 Opstellen van de documentatie ten behoeve van het product, dienst of proces.</p> |
| <p><b>Context</b></p> <p>Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum: Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.<br/> Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, ongestructureerde taken, met verbetering van methoden en aan wisselende situaties aangepaste normen, in een onbekende, complexe, multidisciplinaire context, en zelfstandig:</i></p> <p>2.3.1 Vanuit de opgestelde eisen een conceptoplossing (architectuur) bedenken en kiezen.<br/> 2.3.2 Maken van gedetailleerde ontwerpen aan de hand van de gekozen conceptoplossing (architectuur).<br/> 2.3.3 Rekening kunnen houden met de maakbaarheid en testbaarheid van het ontwerp.<br/> 2.3.4 Het verifiëren van het ontwerp aan de hand van het programma van eisen.<br/> 2.3.5 Selecteren van de juiste ontwerphulpmiddelen.<br/> 2.3.6 Opstellen van de documentatie ten behoeve van het product, dienst of proces.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Competentie 3 Realiseren – Opleiding Elektrotechniek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschrijving competentie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Beheersingsindicatoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>Het realiseren en opleveren van een product of dienst of de implementatie van een proces dat aan de gestelde eisen voldoet. De engineer ontwikkelt hiervoor praktische vaardigheden om engineeringproblemen op te lossen en voert hiervoor onderzoeken en testen uit. Deze vaardigheden omvatten kennis van het gebruik en de beperkingen van materialen, computersimulatiemodellen, engineeringprocessen, apparatuur, praktische vaardigheden, technische literatuur en informatiebronnen. De bachelor is ook in staat om de bredere (veelal niet-technische) gevolgen te overzien van zijn werkzaamheden, bijv. op het gebied van ethiek, maatschappelijke omgeving, duurzaamheid, commercie en industrie.</p> | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i><br/> 3.1.1 Passend gebruikmaken van materialen, processen en methoden.<br/> 3.1.2 Assembleren van componenten tot een integraal product.<br/> 3.1.3 Verifiëren en valideren van het product ten opzichte van de gestelde eisen.<br/> 3.1.4 Documenteren van het realisatieproces.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i><br/> 3.2.1 Passend gebruikmaken van materialen, processen en methoden.<br/> 3.2.2 Assembleren van componenten tot een integraal product, dienst of proces.<br/> 3.2.3 Verifiëren en valideren van het product, dienst of proces ten opzichte van de gestelde eisen.<br/> 3.2.4 Documenteren van het realisatieproces.</p> <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, ongestructureerde taken, met verbetering van methoden en aan wisselende situaties aangepaste normen, in een onbekende, complexe, multidisciplinaire context, en zelfstandig:</i><br/> 3.3.1 Passend gebruikmaken van materialen, processen en methoden.<br/> 3.3.2 Assembleren van componenten tot een integraal product, dienst of proces.<br/> 3.3.3 Verifiëren en valideren van het product, dienst of proces ten opzichte van de gestelde eisen.<br/> 3.3.4 Documenteren van het realisatieproces.</p> |
| <b>Context</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum: Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.</p> <p>Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| Competentie 4 Beheren – Opleiding Elektrotechniek                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschrijving competentie                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Beheersingsindicatoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Het optimaal laten functioneren van een product, dienst of proces in zijn toepassingscontext of werkomgeving, rekening houdend met aspecten op het gebied van veiligheid, milieu, technische en economische levensduur.</p>                                                                                         | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>4.1.1 Invoeren, testen, integreren en inbedrijfstellen van een nieuw product.<br/> 4.1.2 Een bijdrage leveren aan beheersystemen en/of onderhoudsplannen.<br/> 4.1.3 De performance van een product toetsen aan kwaliteitscriteria.<br/> 4.1.4 Terugkoppeling verzorgen n.a.v. gewijzigde omstandigheden en/of performance van een product.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>4.2.1 Invoeren, testen, integreren en inbedrijfstellen van een nieuw product, dienst of proces.<br/> 4.2.2 Een bijdrage leveren aan beheersystemen en/of onderhoudsplannen, zowel correctief (monitoren en signaleren) als preventief (anticiperen).<br/> 4.2.3 De performance van een product, dienst of proces toetsen aan kwaliteitscriteria.<br/> 4.2.4 Terugkoppeling verzorgen n.a.v. gewijzigde omstandigheden en/of performance van een product, dienst of proces.</p> <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i></p> <p>4.3.1 Invoeren, testen, integreren en inbedrijfstellen van een nieuw product, dienst of proces.<br/> 4.3.2 Een bijdrage leveren aan beheersystemen en/of onderhoudsplannen, zowel correctief (monitoren en signaleren) als preventief (anticiperen).<br/> 4.3.3 De performance van een product, dienst of proces toetsen aan kwaliteitscriteria.<br/> 4.3.4 Terugkoppeling verzorgen n.a.v. gewijzigde omstandigheden en/of performance van een product, dienst of proces.</p> |
| Context                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum: Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.<br/> Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Competentie 5 Managen – Opleiding Elektrotechniek                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschrijving competentie                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Beheersingsindicatoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| De engineer geeft richting en sturing aan organisatieprocessen en de daarbij betrokken medewerkers teneinde de doelen te realiseren van het organisatieonderdeel of het project waar hij leiding aan geeft.                                                                                                              | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>5.1.1 Opzetten van een deelproject: kwantificeren van tijd en geld en het opzetten van projectdocumentatie.<br/> 5.1.2 Monitoren en bijsturen van activiteiten in termen van tijd en organisatie.<br/> 5.1.3 Taak- en procesgericht communiceren.<br/> 5.1.4 T.a.v. collega's: overtuigen, respect tonen en samenwerking stimuleren.<br/> 5.1.5 Communiceren en samenwerken met anderen.<br/> 5.1.6 Voldoen aan de eisen die het participeren in een arbeidsorganisatie stelt.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>5.2.1 Opzetten van een deelproject: kwantificeren van tijd/geld, afwegen van risico's, en opzetten van projectdocumentatie.<br/> 5.2.2 Monitoren en bijsturen van activiteiten in termen van tijd, geld, kwaliteit, informatie en organisatie.<br/> 5.2.3 Taak- en procesgericht communiceren.<br/> 5.2.4 Coachen van medewerkers door te overtuigen, te motiveren, respect te tonen en samenwerking te stimuleren.<br/> 5.2.5 Communiceren en samenwerken met anderen in een multiculturele omgeving.<br/> 5.2.6 Voldoen aan de eisen die het participeren in een arbeidsorganisatie stelt.</p> <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i></p> <p>5.3.1 Opzetten van een deelproject: kwantificeren van tijd en geld, afwegen en kwantificeren van risico's, opzetten van projectdocumentatie en het organiseren van resources (mensen &amp; middelen).<br/> 5.3.2 Monitoren en bijsturen van activiteiten in termen van tijd, geld, kwaliteit, informatie en organisatie.<br/> 5.3.3 Taak- en procesgericht communiceren.<br/> 5.3.4 Coachen van medewerkers door inspireren, overtuigen, motiveren, respect tonen, samenwerking stimuleren en delegeren.<br/> 5.3.5 Communiceren en samenwerken met anderen in een multiculturele, internationale en/of multidisciplinaire omgeving.<br/> 5.3.6 Voldoen aan de eisen die het participeren in een arbeidsorganisatie stelt.</p> |
| Context                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum: Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.</p> <p>Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| Competentie 6 Adviseren – Opleiding Elektrotechniek                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beschrijving competentie                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Beheersingsindicatoren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| De engineer geeft goed onderbouwde adviezen over het ontwerpen, verbeteren of toepassen van producten, processen en methoden en brengt renderende transacties tot stand met goederen of diensten binnen het domein Engineering.                                                                               | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>6.1.1 De klantbehoefte vertalen naar haalbare oplossingen.<br/> 6.1.2 Onderbouwen van een advies.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>6.2.1 Zich inleven in de positie van de (interne) klant.<br/> 6.2.2 Verhelderen van de behoefte van de opdrachtgever.<br/> 6.2.3 In overleg met relevante partijen de klantbehoefte vertalen naar haalbare oplossingen.<br/> 6.2.4 Onderbouwen van een advies en de klant hiervan overtuigen.</p> |
| Context                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>6.3.1 Zich inleven in de positie van de (interne of externe) klant.<br/> 6.3.2 Verhelderen van de behoefte van de opdrachtgever.<br/> 6.3.3 In overleg met relevante partijen de klantbehoefte vertalen naar haalbare oplossingen.<br/> 6.3.4 Onderbouwen van een advies en de klant hiervan overtuigen.<br/> 6.3.5 Relaties met klanten op een adequate wijze onderhouden.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum: Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.<br>Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| <b>Competentie 7: Onderzoeken – Opleiding Elektrotechniek</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Beschrijving competentie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>7.1.1 De doelstelling van een onderzoek opstellen.<br/> 7.1.2 (Wetenschappelijke) literatuur en andere informatiebronnen selecteren om zich verder in de vraagstelling te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen correct inschattend.<br/> 7.1.3 Een literatuurlijst en een morfologisch overzicht maken.<br/> 7.1.4 Resultaten rapporteren.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>7.2.1 De onderzoeksvraag en doelstelling van een onderzoek opstellen.<br/> 7.2.2 (Wetenschappelijke) literatuur en eigen / andere informatiebronnen zoeken en selecteren om zich verder in de vraagstelling te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen correct inschattend.<br/> 7.2.3 Resultaten samenvatten en conclusies trekken in relatie tot de onderzoeksvraag.<br/> 7.2.4 Resultaten rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard.</p> <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i></p> <p>7.3.1 De onderzoeksvraag, deelvragen en doelstelling van een onderzoek opstellen.<br/> 7.3.2 Zelfstandig (wetenschappelijke) literatuur en eigen / andere informatiebronnen selecteren en verkrijgen om zich verder in de vraagstelling te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen correct inschattend.<br/> 7.3.3 De resultaten samenvatten, structureren en interpreteren en conclusies trekken in relatie tot de onderzoeksvraag.<br/> 7.3.4 Resultaten rapporteren volgens de in het werkveld geldende standaard.<br/> 7.3.5 Op basis van de verkregen resultaten aanbevelingen doen voor vervolgonderzoek.</p> |
| Het gebruik van geschikte methoden en technieken m.b.t. het vergaren van informatie, om toegepast onderzoek uit te kunnen voeren. Deze methoden kunnen zijn: literatuuronderzoek, het ontwerp en de uitvoering van experimenten, de interpretatie van data en computersimulaties. Hiervoor kunnen databases, normen, standaarden en veiligheidsnormen geraadpleegd worden. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Context</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Alle beroepssituaties waarbij toepassingsgericht onderzoek uitgevoerd wordt, zoals het onderzoeken van verschillende oplossingsmogelijkheden van een gepland productontwerp, maar ook het onderzoeken van meetresultaten i.v.m. de validatie van het ontwerp of het onderzoeken van mogelijkheden voor optimalisatie of verbetering van een ontwerp.                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| <b>Competentie 8 Professionaliseren – Opleiding Elektrotechniek</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Beschrijving competentie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p><b>Niveau 1 Beroepsgeschied</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, in een schoolse situatie en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>8.1.1 Een leerstrategie bepalen en het resultaat van het leren terugkoppelen naar de leerdoelen.<br/> 8.1.2 Zich flexibel opstellen.<br/> 8.1.3 Bij beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging maken, rekening houdend met geldende normen en waarden.<br/> 8.1.4 Feedback geven op gedrag en inhoud.<br/> 8.1.5 Reflecteren op eigen handelen en denken.<br/> 8.1.6 Gebruiken van diverse communicatievormen en –middelen om effectief te kunnen communiceren.</p> <p><b>Niveau 2 Professionaliseringsbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van eenvoudige, gestructureerde taken, met toepassing van bekende methoden, volgens vaststaande normen, in een bekende, eenvoudige, monodisciplinaire context, en onder sturende begeleiding:</i></p> <p>8.2.1 Leerdoelen en een leerstrategie bepalen en het resultaat van het leren terugkoppelen naar de leerdoelen.<br/> 8.2.2 Zich flexibel opstellen in uiteenlopende beroepssituaties.<br/> 8.2.3 Bij beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging maken en een besluit nemen, rekening houdend met geldende normen en waarden.<br/> 8.2.4 Op constructieve wijze feedback geven op gedrag en inhoud.<br/> 8.2.5 Methodisch reflecteren op eigen handelen en denken.<br/> 8.2.6 Gebruiken van diverse communicatievormen en –middelen om effectief te kunnen communiceren in het Nederlands en Engels.</p> <p><b>Niveau 3 Startbekwaam</b><br/> <i>Ten aanzien van complexe, gestructureerde taken, methoden die worden aangepast aan wisselende situaties, in een complexe, monodisciplinaire context, en in de praktijk indien nodig onder begeleiding:</i></p> <p>8.3.1 Op zelfstandige wijze een leerdoel en een leerstrategie bepalen en uitvoeren en het resultaat terugkoppelen naar het leerdoel.<br/> 8.3.2 Zich flexibel opstellen in uiteenlopende beroepssituaties.<br/> 8.3.3 Bij beroepsmatige en ethische dilemma's een afweging maken en een besluit nemen, rekening houdend met geldende normen en waarden.<br/> 8.3.4 Op constructieve wijze feedback geven op gedrag en inhoud.<br/> 8.3.5 Methodisch reflecteren op eigen handelen en denken.<br/> 8.3.6 Gebruiken van diverse communicatievormen en –middelen om effectief te kunnen communiceren in het Nederlands en Engels.</p> |
| Het zich eigen maken en bijhouden van vaardigheden die benodigd zijn om de overige engineeringcompetenties effectief uit te kunnen voeren. Deze vaardigheden kunnen ook in breder verband van toepassing zijn en omvatten tevens het op de hoogte zijn van de nieuwste ontwikkelingen, ook in relatie tot ethische dilemma's en maatschappelijk geaccepteerde normen en waarden. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Context</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Domeinen waarbinnen de competentie verworven wordt zijn voor het binnenschools curriculum:<br>Embedded systems, technische automatisering, besturingstechniek, telematica en embedded software design.<br>Voor het buitenschools curriculum kan dit ook het domein van de elektrische energietechniek betreffen.                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## Bijlage C: Semigestructureerd interview

Het interview geeft antwoord op de deelvraag:

*'Wat is industriële automatisering (IA) en welke onderwerpen zijn bruikbaar in CGO?'*

### Protocol:

#### **Doel:**

Het doel is om inzicht te krijgen wat industriële automatisering inhoudt bij verschillende bedrijven en wat vanuit deze bedrijven belangrijk wordt gevonden binnen industriële automatisering. Dit inzicht kan leiden tot een opsomming van onderwerpen, die vervolgens met de uitkomsten van het vooronderzoek worden vergeleken. Verder wordt door het interview de betrokkenheid van de bedrijven bij het ontwikkelen van IA meer zichtbaar en wordt het draagvlak voor IA vanuit de beroepspraktijk groter.

#### **Introductie:**

Algemene introductie van het onderzoek over industriële automatisering (Doel, hoofdonderwerpen, verwachte tijdsduur, verwerking van verkregen informatie, waardering en belang van deelname, wat gebeurt met de informatie)

- Toestemming vragen om het interview op te nemen met een data-recorder. Er wordt op een later tijdstip een transcript van het opgenomen interview gemaakt. Van dit transcript wordt een verslag gemaakt dat ter controle op de juistheid en volledigheid aan de respondent wordt aangeboden. De respondent kan dit verslag verbeteren of aanvullen.
- Het interview duurt ongeveer dertig minuten.
- Het doel van het interview wordt uitgelegd.

#### **Interview:**

Het afnemen van het interview met de vragenlijst uit tabel 22.

Enkele aandachtspunten voor de gespreksleider:

- Letten op de tijd.
- Doorvragen als een antwoord niet duidelijk is.
- Actief luisteren, aantekeningen maken tijdens het interview.
- Met de aantekeningen tussentijds en aan het einde van het gesprek samenvatten.

#### **De afronding:**

- Controleren of de respondent alles heeft gezegd over industriële automatisering en dat er geen onderwerpen onbesproken zijn.
- Bedanken voor de deelname aan het interview.

Tabel 22: Vragenlijst semigestructureerd interview

| <b>Structuur van het semigestructureerde interview</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Introductie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>In het tweede jaar van Elektrotechniek wordt een project met een bedrijf uitgevoerd. Om een beeld te vormen over het vakgebied doe ik onderzoek naar wat het vakgebied IA inhoudt, wat er bij andere technische opleidingen aanwezig is aan apparatuur en welke onderwerpen in de conceptuele leerlijn wordt gegeven.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Kun je jezelf voorstellen?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wat is jouw functie in het bedrijf?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wat is jouw ervaring op het gebied van industriële automatisering?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
| <b>Definitie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wat versta je onder industriële automatisering?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
| <b>Onderwerpen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Welke onderwerpen zijn van belang op het gebied van industriële automatisering om studenten elektrotechniek te leren?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <b>Topiclijst uit de vacaturescan</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>o PLC, I/O-lijsten, programmeren (IEC61131-3)</li> <li>o Robotica</li> <li>o Sensoren (instrumentatie)</li> <li>o HMI, SCADA</li> <li>o ERP, DCS</li> <li>o Batchcontrol (ISA88)</li> <li>o Schakelkasten, besturingskasten (EMC)</li> <li>o Veldbussen (Profibus, Profinet, Ethernet)</li> <li>o Aandrijvingen (Elektrisch, pneumatisch, hydrauliek)</li> <li>o Normen/voorschriften/regelgeving</li> <li>o Risicoanalyse (FMEA)</li> <li>o Veiligheid (SIL, PL)</li> <li>o Kosten (TCO)</li> <li>o SAT/FAT test (Site Acceptance Test/Factory Acceptance Test)</li> </ul> |  |

## Analysedocument semigestructureerde interviews

| Inductieve labels (interview) |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                  |                                                                                                                                                     |                                                                            |                                                                                                                            |                                                                                           |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |  |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Expert 1                      |                            | Expert 2                                               |                                                                                                                                                        | Expert 3                                                                                                                               |                                                                                     | Expert 4                                                                         |                                                                                                                                                     | Expert 5                                                                   |                                                                                                                            | Expert 6                                                                                  |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |  |
| Inductive labels (interview)  |                            | Inductive labels (interview)                           |                                                                                                                                                        | Inductive labels (interview)                                                                                                           |                                                                                     | Inductive labels (interview)                                                     |                                                                                                                                                     | Inductive labels (interview)                                               |                                                                                                                            | Inductive labels (interview)                                                              |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |  |
| Thema                         |                            | Interviewvraag                                         |                                                                                                                                                        | Deductieve labels (literatuur)                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                  |                                                                                                                                                     |                                                                            |                                                                                                                            |                                                                                           |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |  |
| nr.                           |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     |                                                                                  |                                                                                                                                                     |                                                                            |                                                                                                                            |                                                                                           |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |  |
| 1                             | Functie                    | Zou je kunnen vertellen wat je ervaring is in IA?      | 27 jaar ervaring als project engineer in de aandrijftechniek, het begeleiden van klanten bij de implementatie van de technologie, geven van trainingen |                                                                                                                                        | werkzaam als Technical Trainer, Geven van trainingen op het gebied van PLC en SCADA |                                                                                  | werkzaam in de functie afdelingshoofd Industrial bij ingenieursbureau, 10 jaar ervaring als procestechnicus, Ontwerpen voor continu batch processor |                                                                            | 16 jaar werkzaam als project engineer, klantvragen uitwerken, ontwerpen van installaties, programmeren, in bedrijf stellen |                                                                                           | 20 jaar werkzaam als directeur, ervaring met PLC, branchevereniging (Uneto/Vni) |                                                                                                                                  | werkzaam geweest bij een systeem integrator (robotbranche), waar automatiseringsprojecten worden vormgegeven, ontworpen en geïnstalleerd, nu 5 jaar werkzaam bij WTB, IA |                                                                                                                                      |  |
| 2                             | Industriële automatisering | Wat verst je onder IA?                                 |                                                                                                                                                        | het hart is de processor (PLC) met ingangen/uitgangen en actuator (aandrijvingen) die communiceren over bussystemen in een hiërarchie. |                                                                                     | IA is alles waar intelligente in zit, intelligentie in de vorm van een programma |                                                                                                                                                     | Denken in oplossingen, klantvraag begrijpen in besturing en instrumentatie |                                                                                                                            | processen, automatiseren dat alles vanzelf gaat en de menselijke hand eruit wordt gehaald |                                                                                 | het verzamelen van gegevens, het ontwerpen van installaties, met alles wat erbij komt (normen, vermogens), kwaliteitsverbetering |                                                                                                                                                                          | Industriële automatisering is het automatiseren van productieprocessen door middel van het bouwen van hard- en software applicaties. |  |
| 3                             | Onderwerpen in IA          | Welke onderwerpen zijn van belang voor de opleiding E? |                                                                                                                                                        | zie tabel 1                                                                                                                            |                                                                                     | Basiskennis PLC hard-/software                                                   |                                                                                                                                                     | Inzicht in processen (abakenen)                                            |                                                                                                                            | structuur van de piramide                                                                 |                                                                                 | omgeving (Apex)                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          | basis digitale techniek (pneumatische cilinders)                                                                                     |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | HMI/SCADA/DCS                                                                    |                                                                                                                                                     | Inzicht in hardware                                                        |                                                                                                                            | V-modellen (klantvraag)                                                                   |                                                                                 | Instrumentatie (sensoren en actuatoren)                                                                                          |                                                                                                                                                                          | PLC (hard-/software: stop-, noodstopprocedure, reset)                                                                                |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Oplossen van storingen (analyse)                                                 |                                                                                                                                                     | regeltechniek (PID-regeling)                                               |                                                                                                                            | klantvraag vertalen naar iets functioneels                                                |                                                                                 | bussystemen                                                                                                                      |                                                                                                                                                                          | HMI                                                                                                                                  |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Bussystemen                                                                      |                                                                                                                                                     | PLC                                                                        |                                                                                                                            | bouwen                                                                                    |                                                                                 | programmeertools (codesys)                                                                                                       |                                                                                                                                                                          | aandrijftechniek (motor, servo, frequentieregelaars)                                                                                 |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | PLC (hardware/software)                                                          |                                                                                                                                                     | instrumentatie (veldbussen)                                                |                                                                                                                            | testen                                                                                    |                                                                                 | automatiseringspiramide (besturingslaag met PLC, sensoren, motor)                                                                |                                                                                                                                                                          | robots (software)                                                                                                                    |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Sensoren (encoders)                                                              |                                                                                                                                                     | veldinstrumentatie (sensoren, actuatoren)                                  |                                                                                                                            | bestaande technieken                                                                      |                                                                                 | PLC, SCADA, DCS, remote I/O                                                                                                      |                                                                                                                                                                          | netwerken (bustechnologie)                                                                                                           |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Aandrijvingen (actuator)                                                         |                                                                                                                                                     | vaardigheden (skills) om gegevens uit datasheets te distilleren            |                                                                                                                            | gebruiken                                                                                 |                                                                                 | Netwerken (IoT)                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          | communicatie (profibus, ethernet)                                                                                                    |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Regeltechniek (open-/closed loop)                                                |                                                                                                                                                     | Doorvragen                                                                 |                                                                                                                            | advies                                                                                    |                                                                                 | Vision                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          | Total Cost of Ownership                                                                                                              |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Pneumatische cilinders (actuator)                                                |                                                                                                                                                     | EMC                                                                        |                                                                                                                            | frequentieregelaar (motor)                                                                |                                                                                 | veiligheid (PL, SIL), machinerichtlijn                                                                                           |                                                                                                                                                                          | besturingskasten                                                                                                                     |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | GAMP)                                                                            |                                                                                                                                                     | Ontwikkeling van software (standaard norm)                                 |                                                                                                                            | aandrijftechniek (wat is mogelijk)                                                        |                                                                                 | S88, GAMP, V-model                                                                                                               |                                                                                                                                                                          | machineveiligheid (PL/SIL)                                                                                                           |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | HMI/SCADA                                                                        |                                                                                                                                                     | Veiligheid (SIL/PL)                                                        |                                                                                                                            | PLC (hard-/software)                                                                      |                                                                                 | user requirement                                                                                                                 |                                                                                                                                                                          | sensoren en actuatoren (veiligheidscomponenten)                                                                                      |  |
|                               |                            |                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                     | Risico-analyse en safety (PL/SIL)                                                |                                                                                                                                                     | HMI/SCADA                                                                  |                                                                                                                            | robots/pick&place units                                                                   |                                                                                 | Total Cost of Ownership                                                                                                          |                                                                                                                                                                          | EMC                                                                                                                                  |  |

Bewust leeg

## **Bijlage D: Focusgroep bijeenkomst team elektrotechniek**

Het focusgesprek geeft antwoord op bruikbaarheid en effectiviteit van de hoofdvraag: 'Welke kenmerken heeft een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor industriële automatisering in een competentiegerichte omgeving voor de opleiding Elektrotechniek in Alkmaar?'.

### **Protocol:**

#### ***Doel:***

Het doel is te inventariseren welke vakken in het huidige curriculum als basis voor IA gebruikt kunnen worden en om de kwaliteit van het eerste prototype vast te stellen aan de hand van vier criteria (relevantie, consistentie, bruikbaarheid en effectiviteit).

#### ***Introductie:***

- Welkom (met koffie en gebak)
- Toestemming om het gesprek op te nemen met een data-recorder.
- Met Power Point voortgang van de bijeenkomst structureren (zie sheets).
- Doel van de bijeenkomst uitleggen.
- Hoe ziet de bijeenkomst eruit
- Uitleggen van de regels
- Nagaan om er vooraf vragen zijn.

#### ***Focusgesprek:***

- Belang van uitgevoerde projecten op IA (tabel 23).
- Historisch overzicht.
- Zelfwerkzaamheid (vakken uit huidig curriculum).
- Discussie met resultaat uit onderzoek.
- Discussie kwaliteit onderwijsontwerp.
- Discussie over gepresenteerd voorbeeld.

Enkele aandachtspunten voor de gespreksleider:

- Letten op de tijd.
- Doorvragen als een antwoord niet duidelijk is.
- Actief luisteren, aantekeningen maken tijdens het interview.
- Met de aantekeningen tussentijds en aan het einde van het gesprek samenvatten.

#### ***De afronding:***

- Controleren of alle deelnemers alles heeft gezegd over industriële automatisering en dat er geen onderwerpen onbesproken zijn.
- Bedanken voor de deelname aan de focusgroep bijeenkomst.

Tabel 23: Vragenlijst tijdens het focusgroep bijeenkomst

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Structuur van het focusgesprek</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Relevantie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <i>Wat is de reden voor het uitvoeren van dit onderzoek naar IA?</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Oriënterend onderzoek door Verheul (2012)</li> <li>– Vraag vanuit de beroepspraktijk</li> <li>– Onderzoek uitgevoerd door Donker (2013)</li> <li>– Integratie van opleidingen E en WTB</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Consistentie</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <i>Is er een logische samenhang in de aanpak naar de ontwikkeling van IA?</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wat vind je van de volgorde van de aanpak in het onderzoek? Is die logisch gekozen?</li> <li>– Wat vind je van de bijdrage van de literatuurstudie?</li> <li>– Wat vind je van het praktijkonderzoek? Zijn interviews nuttig? Is vacaturescan nuttig? Is de focusgroep bijeenkomst nuttig?</li> <li>– Wat vind je van het gebruik van de ontwerpcyclus als uitgangspunt voor de vaardigheden hiërarchie? Is die logisch opgezet?</li> </ul>                                  |
| <b>(verwachte) Bruikbaarheid</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Wat is de (verwachte) bruikbaarheid van het onderwijsontwerp voor IA?</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zijn de stappen in de vaardigheden hiërarchie logisch?</li> <li>– Zijn er vakken in het huidige curriculum bruikbaar voor IA?</li> <li>– Is de samenwerking met en de ondersteuning van de beroepspraktijk voldoende?</li> <li>– Geeft de gekozen aanpak voldoende informatie over CGO?</li> <li>– Kan het ontwerpvoorstel worden uitgevoerd met de beschikbare middelen op school?</li> <li>– Welke aanpassingen/verbeteringen zijn nodig voor de bruikbaarheid?</li> </ul> |
| <b>(verwachte) Effectiviteit</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Wat is de (verwachte) effectiviteit van het onderwijsontwerp voor IA?</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lijkt het voorstel bij te dragen aan de gewenste situatie?</li> <li>– Welke aanpassingen zijn er nodig voor de effectiviteit?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Het resultaat van de respondenten:

**Tabel 24: Vakken gekoppeld aan de automatiseringspiramide**

| Respondent | Vakken (huidige curriculum)                                                                                                                                                          | Piramide                                                                                                                                  |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Data communicatie).</li> <li>Aandrijftechniek,</li> <li>Installatietechniek</li> <li>Bedrijfseconomie</li> <li>Projectmatig werken</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Beveiliging</li> <li>Actuatoren</li> <li>Eplan, wetgeving</li> <li>TCO</li> <li>V-model</li> </ul> |
| 2          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Digitale techniek</li> <li>Microcontroller techniek</li> </ul>                                                                                |                                                                                                                                           |
| 3          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Meet en regeltechniek</li> </ul>                                                                                                              | Op elk niveau, behalve ERP<br>P, I, PID                                                                                                   |
| 4          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Project 2.3</li> <li>Project 2.4</li> </ul>                                                                                                   |                                                                                                                                           |

*Algemene basisvakken binnen de elektrotechniek worden in dit overzicht niet meegenomen, omdat deze voorwaardelijk zijn bij de opleiding.*

**Tabel 25: Huidige curriculum en onderwerpen uit de focusgroep**

| Bedrijfsleven                                                                                                    | Huidige curriculum                                                                                                           | Opmerkingen uit focusgroep                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Overzicht van het vakgebied (automatiseringspiramide)                                                            |                                                                                                                              | Bij verschillende vakken aangeven (S95?)                                                                                                                             |
| Projectaanpak (V-model, GAMP, FAT, SAT)                                                                          | Projecten 2.3 en 2.4                                                                                                         | Begeleiding door Tebodin Scrum (Informatica)                                                                                                                         |
| Kennis van processen (omgeving: ATEX, vocht, stof, Food, Off Shore, Chemie)                                      | Lezingen verzorgd door bedrijfsleven (4)                                                                                     | Belang van context in lezingen en binnen projecten                                                                                                                   |
| Kennis van de toepassing (Machine, Proces, Gebouw)                                                               | Vooraf proces mbv PLC Voertuigen als proces beschouwen                                                                       | Gebouw -> domotica en gebouwbeheerssystemen (duurzame energie)<br>Machine -> motion control vooral met microcontrollers                                              |
| Sensoren ((flow, druk, niveau, temp, encoders)                                                                   | Digitale techniek (1)=> overzicht IA<br>Microcontrollers<br>Natuurkunde<br>Project 1.1 (koelkast)<br>Project 2.1 (robotauto) | Geen consumenten sensoren, maar industriële sensoren<br>Breder beeld geven door pneumatiek/hydrauliek                                                                |
| Actuatoren (relais, cilinders, kleppen, afsluiters, schuiven, motoren (met frequentieregelaars), motion control) |                                                                                                                              | Hijsinstallatie (grotere vermogens motoren)<br>E-student heeft geen besef van tijd/traagheid<br>Regeling in de motor (M&R)<br>Datacommunicatie geschikt voor sturing |
| (Safety) PLC, HMI (SCADA) - instrumentatie, hardware en programmering                                            |                                                                                                                              | IPC ipv PLC (lokaal)                                                                                                                                                 |
| Schakelkasten, besturingskasten                                                                                  | Installatietechniek (1) => overzicht IA<br>Project 2 <sup>de</sup> jaar, 3 <sup>de</sup> jaar en 4 <sup>de</sup> jaar        | Tekenen met Eplan<br>Ontwerpen kast in 3D<br>Start in 2 <sup>de</sup> jaars projecten werkt door in hogere jaren.                                                    |
| Robotica (Vision, R.O.S.)                                                                                        | Project 3 <sup>de</sup> jaar CT-scanner (vision)                                                                             | Optische sensor<br>Toepassingen met vision                                                                                                                           |
| Veiligheid (SIL/PL/RIE) en beveiliging van netwerken                                                             | Projecten 2 <sup>de</sup> jaar<br>Datacommunicatie (herkenning)                                                              | Lezingen verzorgd door bedrijf in project<br>Liftproject (ism bedrijf)                                                                                               |
| Milieu, energie, kwaliteit, TCO                                                                                  |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                      |
| Normen en richtlijnen, wet- en regelgeving                                                                       | Projecten (kennismaking)<br>Lezingen (4)                                                                                     | Energielabel                                                                                                                                                         |

## Power Point tijdens de focusgroep bijeenkomst

### Agenda focusgroep

1. Welkom en Inleiding
2. Doelstelling
3. Vragen en stellingen
4. Advies
5. Afsluiting

### Vragen

Inventariserend/verkenkend

### Huisregels

Geen!  
Zeg wat je denkt!

### Inleiding

- Industriële automatisering in projecten sinds 2012
- Erik Verheul in 2012
- Onderzoek in beroepspraktijk
- Onderzoek hoe IA (beter) in huidige curriculum past

### Doelstelling:

1. Onderwerpen binnen IA

- Overzicht van het vakgebied (automatiseringspiramide)
- Projectaanpak (V-model, GAMP, FAT, SAT)
- Kennis van processen (omgeving: AT&T, vocht, stof, Food, Off Shore, Chemie)
- Kennis van de toepassing (Machine, Proces, Gebouw)
- Sensoren (Flow, druk, niveau, temp, encoders)
- Actuatoren (cilinders, kleppen, afsluiters, schuiven, motoren met frequentieregelaars, motion control)
- (Safety) PLC, HMI (SCADA) - instrumentatie, hardware en programmering
- Schakelkasten, besturingskasten
- Robotica (Vision, R.O.S.)
- Veiligheid (SIL/PL/RIE) en beveiliging van netwerken
- Milieu, energie, kwaliteit, TCO
- Normen en richtlijnen, wet- en regelgeving

### Onderzoeksvraag:

Welke kenmerken heeft een valide, bruikbaar en effectief onderwijsontwerp voor industriële automatisering in een competentiegerichte omgeving voor de opleiding E in Alkmaar?

**'Valide'** gebaseerd is op wetenschappelijke methoden en op basis van de kennis en ervaring van experts in het vakgebied

**'Bruikbaar'** ontwerpplaatjes uitvoerbaar en zinvol zijn voor studenten en docenten

**'Effectief'** zicht op het beroep door studenten studenten de samenhang tussen van theorie, praktijk en integrale leerlijn behouden van de competenties voor tweede jaar

### Taakklasse

1. Maak een automatisch heen en weer gaande beweging met een bi-stabiele cilinder A.
2. Voeg een bi-stabiele drukknop toe waarmee de cilinder B start en stopt, na stoppen moet de cilinder B in de in-stand staan. Zorg dat de cilinder C 5 seconden in de uit-stand blijft staan.
3. Maak een pneumatisch schema van het bewegingsdiagram in FluidSim, en bouw het pneumatische schema op het bord. Laat alle cilinders langzaam uit bewegen en snel in.

Gevega:

- Bouw de pneumatische schakeling A, B en C op het bord (schema - voorbereiding)
- Ontwerp de besturingsformule (voorbereiding)
- Ontwerp het volledige WS diagram (voorbereiding)
- Taken van opdracht 3 het pneumatisch schema van de besturing in FluidSim.
- Bouw de besturing op het bord

### Ontwerpgerichte fase

#### Werken aan de toekomst

Essentiële activiteiten

1. ....
2. ....
3. ....
1. ....
2. ....
3. ....
1. ....
2. ....
3. ....

## Bijlage E: Vacaturescan

Een fragment van de 91 advertenties uit het werkdocument welke is gebruikt voor de vacaturescan.

(jr) electrical engineer

### **Functieomschrijving**

Als (jr.) Electrical Engineer werk je zelfstandig en in teamverband. Je geeft advies over werkmethoden en je levert technische ondersteuning. De voortgang van projecten bespreek je met de Projectleider.

### **Functie inhoud**

- het ontwerpen van schakelkasten (hoofdschakelborden, distributieborden);
- het ontwerpen van bruglessenaars;
- het opstellen van relevante projectdocumentatie;
- het maken van materiaalspecificaties;
- het opzetten van het tekeningenpakket met Eplan P8 en Autocad.

(Jr.) Automation Engineer

### **Functieomschrijving**

In de functie van (Jr.) Automation Engineer ben je verantwoordelijk voor:

- schrijven en programmeren van diverse PLC programma's;
- opstellen van input/output lijsten;
- op locatie bij klanten systemen in bedrijf stellen;
- overdragen van systemen en training geven m.b.t. gebruik.

### **Functie eisen**

Wij stellen de volgende eisen aan de functie (Jr.) Automation Engineer:

- HBO opleiding Industriële Automatisering, Mechatronica of Elektrotechniek;
- ervaring met het programmeren van PLC systemen met voorkeur Siemens S7;
- communicatief vaardig;
- flexibel ingesteld en openstaan om te reizen;
- in bezit van rijbewijs.

Hardware engineer infratechniek

Het technisch voorbereiden, begeleiden en afronden van renovatieprojecten binnen het marktsegment. Een Hardware Engineer is een technicus met sterke organisatorische en communicatieve vaardigheden en wil meebouwen aan een groeiende organisatie. Het geheel zelfstandig (vaak projectmatig) ontwerpen van alle mogelijke besturingsinstallaties inclusief hoofdstroom en stroomstroom gedeelte, keuze van componenten, PLC systemen en randapparatuur, netwerk en bus systemen, ontwerp van paneelindelingen en dergelijke.

- Het omzetten van het ontwerp in een elektrotechnisch schema in E-plan P8 (2.2), overige in Autocad
- Het toepassen van de meest gangbare (systeem)ontwikkelingen.
- Het maken en opstellen van ontwerpberoeeningen (selectiviteits- en kortsluitberoeeningen)
- Het analyseren van (soms complexe) meet- en testgegevens.
- Het maken en opstellen van risico analyses t.b.v. veiligheid en besturing.
- Het maken en opstellen van veiligheidsfunctieberoeeningen (SIL/PL)

### **Functie eisen**

- HTS E of vergelijkbare technische achtergrond
- Gedreven teamspeler met hands-on mentaliteit
- Ervaring in ontwerpen van E/I installaties
- Ervaring met Software bijv. PLC/HMI/SCADA
- Sterke communicatieve en commerciële vaardigheden

Hardware engineer infratechniek

### **Functieomschrijving**

Voor onze opdrachtgever zijn we op zoek naar een Hardware Engineer. Als Hardware Engineer zul je de volgende werkzaamheden uitvoeren: Je ziet er op toe dat industriële installaties verwezenlijkt worden. Dit doe je aan de hand van beschrijvingen van de klant en/of vooraf gemaakte ontwerpen en berekeningen. Je zorgt zelf voor het bijbehorende voorbereidende- en intern begeleidingswerk. Je voert werkzaamheden uit betreffende de werkvoorbereiding van de panelenbouw. Je bent raadgever voor de panelenbouw en monteurs op locatie aangaande jouw projecten. Je helpt waar nodig bij de inbedrijfstelling op locatie. Je bent verantwoordelijk voor het op een rij zetten van meer/minderwerk op de projecten en het toegewezen projectbudget. Hiernaast houd je contact met de opdrachtgevers.

### **Functie eisen**

Aan de functie Hardware Engineer worden de volgende eisen gesteld:

- Je beschikt over een HBO werk- en denkniveau van de richting(en) industriële automatisering en/of elektrotechniek. Hiernaast heb je weet van essentiële normen en voorschriften binnen deze branche.
- Je bent in staat zelfstandig en nauwgezet te werken en beschikt over goede communicatieve vaardigheden.
- Je hebt goede kennis van het programma E-plan. Kennis van het programma Autocad is een must.
- Je bent in staat PI&D's zowel te lezen als expliceren.
- Je bent bekend en hebt ervaring met de relevante ERP systemen.

#### (jr.) PLC / Scada Engineer

##### **Functieomschrijving**

Als (jr.) PLC / Scada Engineer ga je regelmatig in teamverband werken. Je bent onderdeel van een team die gezamenlijk aan projecten werkt. De projecten kunnen variëren van een kleine aanpassing in de software tot het compleet vervangen van systemen. De programmeertaal is voornamelijk Siemens.

##### **Functie inhoud**

- implementeren je PLC/Scada besturingsoplossingen;
- verantwoordelijk voor het ontwerpen, coderen en testen van PLC en Scada;
- beheren van de software van klanten;
- adviseren van collega's.

##### **Functie eisen**

Om in aanmerking te komen voor de functie:

- HBO Elektrotechniek / Industriële automatisering;
- kennis van bijv. Siemens S7, Allen Bradley of Omron;
- Nederlandse als Engelse taal in woord en geschrift;
- gedreven, enthousiast en een doorzetter.

#### (jr.) PLC / Scada Engineer

##### **Functieomschrijving**

Als PLC/SCADA Engineer ontwerp en implementeer je PLC/SCADA besturingsoplossingen voor industriële processen in o.a. de (petro-)chemie en olie- en gas sector. Je vertaalt de wensen van de klant in een concrete besturingsoplossing. Je kunt zelfstandig uit de voeten, maar bent ook een goede teamplayer. In multidisciplinaire projectteams ben je als engineer verantwoordelijk voor het opstellen van de gebruikerseisen tot en met de inbedrijfstelling. Gedurende het proces onderhoud je intensief contact met de klant en zorg je ervoor dat deze voorzien wordt van de beste oplossing.

##### **Functie-eisen**

- Je hebt minimaal 3 jaar relevante werkervaring als engineer in de industriële automatisering. Ervaring binnen de oil en gas sector is een pré.
- Je hebt relevante werkervaring met één of meerdere PLC/SCADA systemen, zoals Siemens S7, Honeywell, ABB of Yokogawa
- Je bent bereid om incidenteel internationaal te reizen

#### (jr.) PLC / Scada Engineer

##### **Functieomschrijving**

Ben jij die enthousiaste kandidaat die het een uitdaging vindt om aan technisch complexe projecten te werken? Lees dan verder voor deze uitdagende functie. In deze functie ben je verantwoordelijk voor het bepalen en maken van het ontwerp tot en met het in bedrijf stellen van verschillende projecten; je ontwerpt testprotocollen en voert functionaliteitstesten uit; je stelt FAT en SAT documentatie op; je begeleidt in bedrijf stellingen en je verzorgt de instructies richting de eindgebruikers.

##### **Functie-eisen**

- Je beschikt over een afgeronde opleiding op minimaal HBO niveau, bvk richting Elektrotechniek, Technische Natuurkunde, IT / Automatisering of soortgelijk;
- Je beschikt over enkele jaren relevante werkervaring met PLC / Scada systemen, zoals Siemens S7 en Allen Bradley;
- Je beschikt over uitstekende communicatieve vaardigheden in woord en geschrift;
- Je bent bereid om voor kortstondige periodes in het buitenland te verblijven.

#### PLC Programmeur

Voor één van onze opdrachtgevers zijn wij op zoek naar een PLC-programmeur. Onze opdrachtgever is leverancier van oplossingen op het gebied van procesbesturing, machinebesturing en productie-informatisering.

##### **Werkzaamheden**

In deze functie ontwerp en bouw je besturingoplossingen voor de klanten van onze opdrachtgever. Dit gebeurt op locatie of bij de opdrachtgever zelf. Je werkzaamheden zullen bestaan uit:

- Het opstellen, bestuderen en reviseren van documentatie;
- Het ontwerpen, programmeren, testen en inbedrijfstellen van besturingstoepassingen;
- Het bijwonen van besprekingen omtrent het ontwerp, de voortgang en de veiligheid;
- Ondersteuning bieden bij de selectie van toeleveranciers;
- Assisteren ten aanzien van standaardisatie.

##### **Wij vragen**

Om voor deze functie in aanmerking te komen, vragen wij het volgende:

- Een afgeronde HTS/TU-opleiding in de richting van elektrotechniek, operationele technologie, technische computerkunde, chemische technologie of vergelijkbaar;
- Minimaal 5 jaar ervaring in een soortgelijke functie;
- Ervaring met Siemens S7, ervaring met andere PLC-systemen is een pré;
- Kennis van veldbus technologieën;
- Affiniteit met veiligheidsconcepten;
- Ervaring met MS Office en database engineering;
- Goede communicatieve vaardigheden in woord en geschrift in de Nederlandse en Engelse taal;
- Teamplayer.

#### PLC Engineer

##### Werkzaamheden

Ben jij een PLC Programmeur met ervaring in de Industriële Automatisering? Reageer dan direct!! Je takenpakket bestaat onder andere uit:

- Het zelfstandig en in teamverband uitvoeren van industriële automatiseringsprojecten
- Het programmeren en inbedrijfstellen van de projecten

##### Eisen

- Je bent in het bezit van een MTS/HTS diploma Industriële Automatisering of Elektrotechniek
- Je hebt interesse in Industriële Automatisering
- Je beschikt over goede communicatieve eigenschappen
- Je bent in bezit van een rijbewijs B.

#### PLC Engineer

##### Functieomschrijving

In de functie van PLC Engineer ben je verantwoordelijk voor de volgende werkzaamheden:

- ontwerpen en programmeren van besturingssystemen;
- werken vanuit gebruikerseisen en functioneel ontwerp;
- testen van de systemen;
- inbedrijfstellen van de systemen;
- verhelpen van storingen waar nodig;
- werken vanuit kantoor en op locatie bij klanten.

##### Functie eisen

Aan de functie PLC Engineer stellen wij de volgende eisen: HBO/WO opleiding richting Industriële automatisering, mechatronica of elektrotechniek;

- minimaal 2 jaar werkervaring in een soortgelijke functie;
- ervaring met Siemens S7 en/of Beckhoff;
- kennis van bustechnieken;
- communicatief vaardig met een flexibele instelling.

#### PLC Engineer

##### Functieomschrijving

Een ambitieuze, middelgrote industrieel automatiseerder die zich richt op een zeer gevarieerd klantenbestand. Men heeft totaal geen last van de crisis en kan het werk bijna niet aan. Klanten waaraan gedacht kan worden zitten in o.a. de machinebouw en de procesindustrie. Functieomschrijving Binnen de functie van Software engineer ben je zowel zelfstandig als in een team verantwoordelijk (bij een klant of intern) voor de realisatie van uitdagende industriële automatiseringsprojecten; Dit gaat van analyse, programmering tot inbedrijfname en oplevering; Je taak zal in eerste instantie vooral bestaan uit het programmeren en inbedrijfname van PLC, SCADA en DCS systemen; Daarnaast kan ook op termijn de integratie met IT applicaties, data bases en industriële netwerken deel gaan uitmaken van je takenpakket; Je werkt zelfstandig of in teamverband en vervult een groot deel van deze taken bij de klant zelf;

##### Functie-eisen

Voor de functie van Software engineer zijn we op zoek naar kandidaten met een MBO/HBO opleiding, Elektrotechniek, Industriële Automatisering of Besturingstechniek of gelijkwaardig door ervaring;

- Ervaring in een functie als programmeur, PLC engineer of besturingstechnicus is een pré;
- Interesse in Industriële sector en IT;
- Over het algemeen zullen de werkzaamheden plaatsvinden in Nederland;
- Indien nodig ben je wel bereid om een inbedrijfstelling te doen in het buitenland;
- Voor deze functie zijn we op zoek naar junior, medior en senior kandidaten;
- Je bent een teamplayer en je hebt een leergierige instelling.

Bewust leeg

123

Bewust leeg

## Bijlage F: Code boom van de vacaturescan

De functieomschrijvingen en functie-eisen in de advertenties zijn in een Excel-sheet ingevoerd. De dataverzameling is geclusterd op basis van de 8 competenties van de opleiding. Elke competentie krijgt een eigen kleur en de woorden die onder een competentie zijn in te delen, worden van de overeenkomstige competentiekleur voorzien, zodat in een later stadium woorden van dezelfde kleur kunnen worden geclusterd.

| Vaktechnisch competenties |  |
|---------------------------|--|
| 1. Analyseren             |  |
| 2. Ontwerpen              |  |
| 3. Realiseren             |  |
| 4. Beheren                |  |
| Algemene competenties     |  |
| 5. Managen                |  |
| 6. Adviseren              |  |
| 7. Onderzoeken            |  |
| 8. Professionaliseren     |  |

Verder is door de bedrijven in de advertenties gedetailleerd aangegeven welke onderwerpen voor het uitvoeren van de vacature van belang zijn. Deze onderwerpen zijn naast de hoofdcode in de subcode van tabel 25 opgesomd.

Tabel 25: Codeboom vacaturescan

| Hoofdcode              | Subcode                                                                                                                                                      | Voorbeeld                                                                                                |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ontwerpen              | Schakelkasten, PLC-programma, berekeningen, risicoanalyse, besturingen<br>PCB, functioneel ontwerp                                                           | kortsluitvermogens, beveiligingen/draaddoorsnede                                                         |
| Implementeren          |                                                                                                                                                              |                                                                                                          |
| Analyseren             | metingen                                                                                                                                                     |                                                                                                          |
| Vertalen               | Klantwensen                                                                                                                                                  |                                                                                                          |
| Adviseren              | Standaardisatie                                                                                                                                              |                                                                                                          |
| Opstellen              | Documentatie, techn.specs, Tekeningpakket, IO-lijsten, veiligheidsfunctie, Kosten, Normen/voorschriften                                                      | FAT/SAT, techn.constructie dossier, (eplan/acad/3D-pakket), ATEX, milieu. Arbo, NEN-EN IEC 60204-1/61439 |
| Programmeren           | PLC, HMI, Scada, ERP, DCS, Batchcontrol, (ISA88), MES (ISA95)                                                                                                | Codesys, TIAportal, IEC 61131-3, Cimplicity                                                              |
| Testen                 | installatie<br>SAT/FAT tests                                                                                                                                 | Site Acceptance Test/Factory Acceptance Test                                                             |
| Beheren                | software<br>onderhoud                                                                                                                                        | storing                                                                                                  |
| In bedrijf stellen     | Installatie                                                                                                                                                  |                                                                                                          |
| Technische onderwerpen | Veldbussen, aandrijftechnieken<br>Sensoren, Hydrauliek/Pneumatiek<br>Robotica, EMC, Motion control (servo), Eplan, ProcesManagementSysteem                   | CANopen, Ethercat, profibus/Profinet, vision, optische, beeldverwerking, scanners                        |
| Communicatief          | overdragen<br>training geven<br>adviseren                                                                                                                    | Collega/klant                                                                                            |
| Taal                   |                                                                                                                                                              | NL,Eng, D                                                                                                |
| Persoonsgebonden       | Leidinggeven, flexibel, rijbewijs<br>Zelfstandig, teamspeler, verantwoordelijk, enthousiast<br>Doorzetter, innovatief, creatief<br>Ondernemend, Klantgericht |                                                                                                          |
| PLC                    | Siemens S7, Allen Bradley, Omron, Honeywell, ABB, Yokogawa, Beckhoff, Rockwell (AB), WinCC                                                                   |                                                                                                          |

Om de clustering van woorden uit de vacaturescan betrouwbaarder te maken is aan vier collega's gevraagd om zelfstandige naamwoorden of werkwoorden uit de advertenties te

koppelen aan de competenties van de opleiding. Het resultaat van de clustering van woorden die door deze collega's zijn uitgevoerd is komt over het algemeen overeen met wat de onderzoeker zelf heeft uitgevoerd, maar er zijn verschillen aan te wijzen in de toekenning van competenties aan woorden, zoals blijkt uit de volgende voorbeelden.

| Woord           | onderzoeker | Collega 1 | Collega 2 |
|-----------------|-------------|-----------|-----------|
| organisatorisch | Comp. 9     | Comp.5    | Comp.8    |
| expliciteren    | Comp.1      | Comp.1    | Comp.2(3) |
| teamverband     | Comp.9      | Comp.5    | Comp.5    |
| Contact klant   | Comp.9      | Comp.8    | Comp.5    |

De verschillen die zijn ontstaan worden veroorzaakt door de interpretatie van de persoon. De competenties zijn ruim gedefinieerd waardoor sommige woorden onder meerdere competenties ondergebracht kunnen worden.

## Bijlage G: Wordle

Na de tweede bewerking met Wordle is een clustering gemaakt van de woorden uit de data verzameling op basis van de acht competenties. De onderstaande tabel toont een voorbeeld resultaat van deze bewerking.

|    |             |                        | 3 realiseren | programmeren/configureren | 55 |
|----|-------------|------------------------|--------------|---------------------------|----|
|    |             |                        | 3 realiseren | produceren                | 51 |
|    |             |                        | 3 realiseren | uitvoeren                 | 27 |
|    |             |                        | 3 realiseren | installaties              | 24 |
|    |             |                        | 3 realiseren | implementeren             | 21 |
|    |             |                        | 3 realiseren | vaardigheden              | 20 |
|    |             |                        | 3 realiseren | realiseren                | 20 |
|    |             |                        | 3 realiseren | verbeteringen             | 10 |
|    |             |                        | 3 realiseren | maakt                     | 10 |
|    |             |                        | 3 realiseren | modificaties              | 7  |
|    |             |                        | 3 realiseren | optimaliseren             | 6  |
|    |             |                        | 3 realiseren | fabriceren                | 6  |
|    |             |                        | 3 realiseren | coderen                   | 5  |
|    |             |                        | 3 realiseren | praktisch                 | 4  |
|    |             |                        | 3 realiseren | installeren               | 4  |
|    |             |                        | 3 realiseren | uitwerken                 | 2  |
|    |             |                        | 3 realiseren | totaaloplossingen         | 2  |
|    |             |                        | 3 realiseren | proefinstallatie          | 2  |
|    |             |                        | 3 realiseren | prioriteiten              | 2  |
|    |             |                        | 3 realiseren | Gedegen                   | 2  |
|    |             |                        | 3 realiseren | Assemblage                | 2  |
|    |             |                        | 3 realiseren | verwezenlijkt             | 1  |
|    |             |                        | 3 realiseren | opbouwen                  | 1  |
|    |             |                        | 3 realiseren | geprogrammeerde           | 1  |
|    |             |                        | 3 realiseren | deadlines                 | 1  |
|    |             |                        | 3 realiseren | Concreet                  | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | testprotocollen           | 47 |
|    |             |                        | 4 beheren    | inbedrijfstellen          | 44 |
|    |             |                        | 4 beheren    | onderhoud                 | 25 |
|    |             |                        | 4 beheren    | documentatie              | 16 |
|    |             |                        | 4 beheren    | FAT/SAT                   | 14 |
|    |             |                        | 4 beheren    | bewaken                   | 9  |
|    |             |                        | 4 beheren    | opleveren                 | 8  |
|    |             |                        | 4 beheren    | acceptatietesten          | 8  |
|    |             |                        | 4 beheren    | SAT/FAT                   | 7  |
|    |             |                        | 4 beheren    | risicoanalyses            | 5  |
|    |             |                        | 4 beheren    | calculeren                | 5  |
|    |             |                        | 4 beheren    | configureren              | 4  |
|    |             |                        | 4 beheren    | reviseren                 | 3  |
|    |             |                        | 4 beheren    | operationeel              | 3  |
|    |             |                        | 4 beheren    | nazorgfase                | 3  |
|    |             |                        | 4 beheren    | afronden                  | 3  |
|    |             |                        | 4 beheren    | overdragen                | 2  |
|    |             |                        | 4 beheren    | getest                    | 2  |
|    |             |                        | 4 beheren    | afname                    | 2  |
|    |             |                        | 4 beheren    | valideren                 | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | turnkey                   | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | renovatie                 | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | preventieve               | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | Maintenance               | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | keuringseisen             | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | inregelen                 | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | borgen                    | 1  |
|    |             |                        | 4 beheren    | behartigen                | 1  |
| nr | Competentie | omschrijving           | Totaal       |                           |    |
| 1  | analyseren  | ontwikkelen            | 49           |                           |    |
| 1  | analyseren  | functionaliteit        | 43           |                           |    |
| 1  | analyseren  | Analyseren             | 36           |                           |    |
| 1  | analyseren  | opstellen              | 33           |                           |    |
| 1  | analyseren  | specificeren           | 22           |                           |    |
| 1  | analyseren  | Vertalen               | 21           |                           |    |
| 1  | analyseren  | gebruikerseisen        | 8            |                           |    |
| 1  | analyseren  | beschrijvingen         | 4            |                           |    |
| 1  | analyseren  | selecteren             | 3            |                           |    |
| 1  | analyseren  | Omschrijving           | 3            |                           |    |
| 1  | analyseren  | opstarten              | 2            |                           |    |
| 1  | analyseren  | structuur              | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | procedures             | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | modellen               | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | machinespecificaties   | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | machinebeschikbaarheid | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | interpreteren          | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | Herken                 | 1            |                           |    |
| 1  | analyseren  | behoeften              | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | engineeren             | 205          |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | systeemconfiguratie    | 86           |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | Ontwerpen              | 74           |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | ontwerp                | 49           |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | kwaliteit              | 15           |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | bedenken               | 9            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | normen                 | 7            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | design                 | 6            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | opzetten               | 5            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | materiaalspecificaties | 5            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | machinerichtlijn       | 5            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | detailniveau           | 5            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | bestek                 | 5            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | schema                 | 4            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | concept                | 3            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | wijzigingen            | 2            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | ontwerpberekeningen    | 2            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | onderdeel              | 2            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | ideeën                 | 2            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | berekeningen           | 2            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | beoordelen             | 2            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | uittekenen             | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | methoden               | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | gespecificeerde        | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | dimensioneren          | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | definieert             | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | alternatief            | 1            |                           |    |
| 2  | ontwerpen   | fundiberekeningen      | 1            |                           |    |

Een volledig overzicht kan bij de onderzoeker worden opgevraagd.

Bewust leeg

## Bijlage H: Resultaten interviews door Verheul

Erik Verheul heeft in 2012-2013 een voorstel gedaan voor integratie van leerlijn IA bij de opleidingen E en WTB. Hij heeft vier vertegenwoordigers van bedrijven geïnterviewd over verschillende onderwerpen op twee verschillende momenten. Het eerste interview is gehouden met vertegenwoordigers van de firma Digit. Het tweede interview is gehouden met de vertegenwoordigers van de firma's Cofely, Festo en ECN. De resultaten van de interviews staan in de onderstaande tabel vermeld.

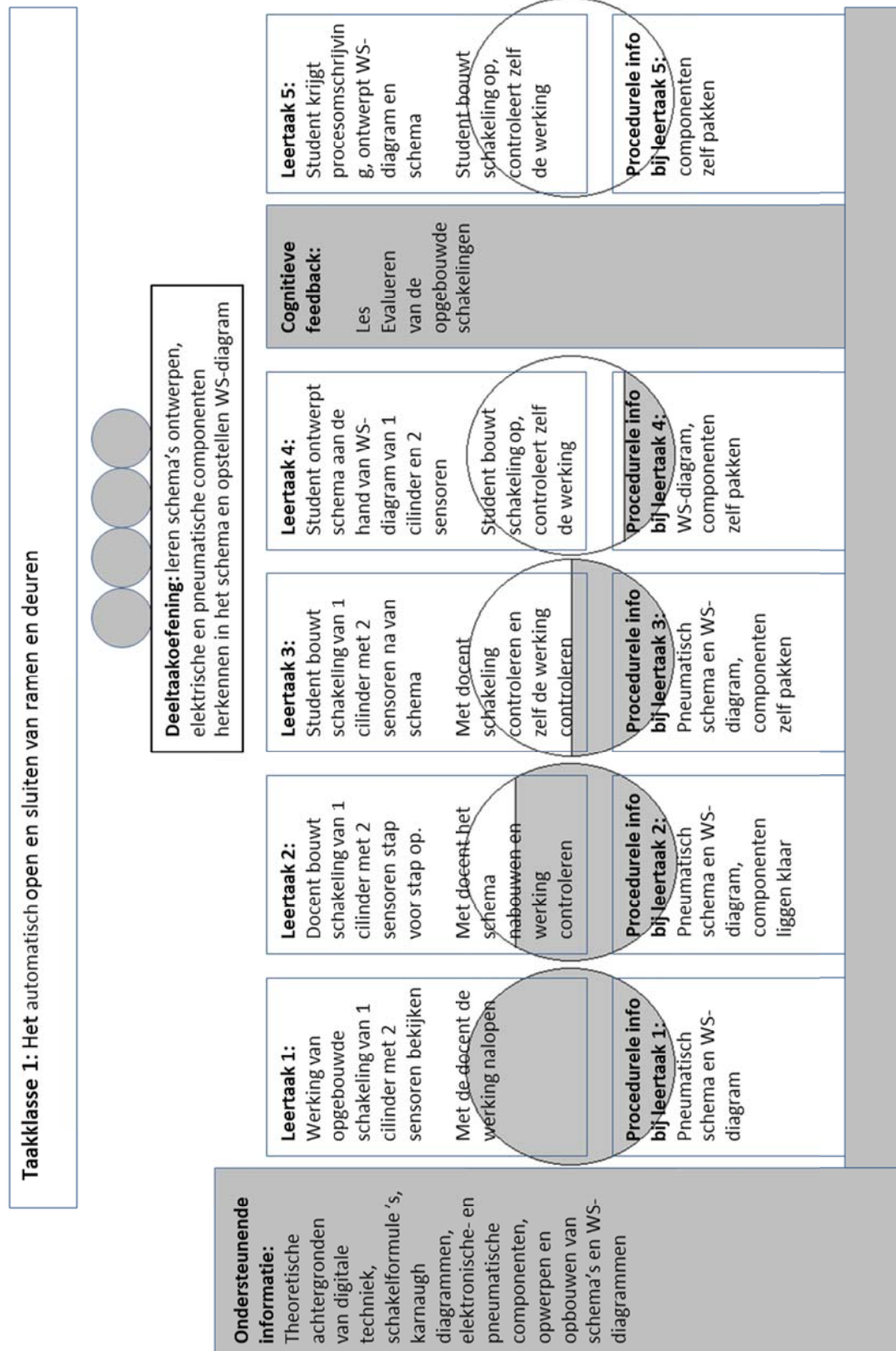
| Interview | Bedrijf | Onderwerp                                                                                                                                                                                                                                                                              | Opmerking                                                                                                                     |
|-----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Digit   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• OTIB,</li> <li>• Codesys,</li> <li>• marktaandeel Siemens,</li> <li>• SCADA, HMI,</li> <li>• Calculeren,</li> <li>• Documentatie schrijven,</li> <li>• Basis van pneumatiek,</li> <li>• Bedieningsvoorschrift.</li> </ul>                     | Werkzaam in de industriële elektrotechniek en automatisering                                                                  |
| 2         | Cofely  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Overzicht en aanbrengen van structuur in complexe vraagstukken,</li> <li>• Ontwerpmethodieken (ISA88),</li> <li>• SCADA,</li> <li>• OPC,</li> <li>• Programmeren PLC,</li> <li>• Veiligheid,</li> <li>• Onderhoud,</li> <li>• RFID</li> </ul> | systeemintegrator                                                                                                             |
|           | Festo   |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | gespecialiseerd in pneumatische en elektrische aandrijftechniek, ontwikkelt didactisch materiaal voor het technisch onderwijs |
|           | ECN     |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Energieonderzoek Centrum Nederland ontwikkelt kennis en technologie gericht op duurzame energiehuishouding                    |

Bewust leeg

## Bijlage I: Prototype onderwijsontwerp

Een schematische voorstellingen van taakklasse 1 tot en met taakklasse 4.

### Bijeenkomst 1



## Bijeenkomst 2

### Taakklasse 2: Het selecteren van goed gekeurde en afgekeurde producten



**Deeltaakoefening:** leren ontwerpen en bouwen met elektro-pneumatische schema's, componenten herkennen in het schema en opstellen WS-diagram

**Ondersteunende informatie:**  
Theoretische achtergronden van sensoren en actuatoren, opbouwen van elektro-pneumatische schema's en opstellen WS-diagrammen en softwarepakket

**Leertaak 1:**  
Werking van opgebouwde schakeling van 2 cilinder met 4 sensoren bekijken  
Met de docent de werking nalopen en simulatie van de schakeling laten zien

**Procedurele info bij leertaak 1:**  
Elektro-pneumatisch schema en WS-diagram

**Leertaak 2:**  
De docent bouwt een relais besturing met 1 cilinder  
Met docent het schema nabouwen en werking controleren

**Procedurele info bij leertaak 2:**  
Elektro-pneumatisch schema en WS-diagram, componenten liggen klaar

**Leertaak 3:**  
Student bouwt schakeling van 1 cilinder met 2 sensoren na van elektrisch schema  
Met docent schakeling controleren en zelf de werking controleren

**Procedurele info bij leertaak 3:**  
Elektro-pneumatisch schema en WS-diagram, componenten zelf pakken

**Leertaak 4:**  
Student bouwt een relaisbesturing met 2 cilinders aan de hand van een WS-diagram en besturingssschema  
Student bouwt schakeling op, controleert zelf de werking

**Procedurele info bij leertaak 4:**  
WS-diagram, componenten zelf pakken

**Cognitieve feedback:**  
Les Evalueren van de opgebouwde schakelingen en verschillende toepassingen bespreken

**Leertaak 5:**  
Student krijgt procesomschrijving, ontwerpt WS-diagram en besturingssschema  
Student bouwt schakeling op, test en controleert zelf de werking

**Procedurele info bij leertaak 5:**  
componenten zelf pakken

## Bijeenkomst 3

### Taakklasse 3: Het selecteren van drie verschillende producten



**Deeltaakcoëfening:** elektronische- en pneumatische schema's invoeren in softwarepakket en simuleren van de schakeling

|                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                              |                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ondersteunende informatie:</b><br>Theoretische achtergronden van sensoren en actuatoren, ontwerptechnieken schema's in softwarepakket | <b>Leertaak 1:</b><br>Werking van opgebouwde schakeling van 3 cilinder met 6 sensoren bekijken<br>Met de docent de werking naloopen en simulatie van de schakeling laten zien | <b>Leertaak 2:</b><br>De docent ontwerpt een elektro-pneumatische besturing met 2 cilinders in softwarepakket<br>Met de docent het schema nabouwen en simuleren | <b>Leertaak 3:</b><br>Student ontwerpt een elektro-pneumatische besturing met 2 cilinders in softwarepakket<br>Met docent schakeling controleren en zelf simulatie controleren | <b>Cognitieve feedback:</b><br>Les<br>Evalueren van de opgebouwde schakelingen, voordelen software pakket bespreken en schakelingen bespreken | <b>Leertaak 4:</b><br>Student krijgt procesomschrijving, ontwerpt WS-diagram en besturingsschema<br>Student bouwt schakeling in software en hardware op, test en controleert zelf de werking | <b>Procedurele info bij leertaak 5:</b><br>Softwarepakket, componenten zelf pakken |
| <b>Procedurele info bij leertaak 2:</b><br>Elektro-pneumatisch schema en WS-diagram, softwarepakket                                      | <b>Procedurele info bij leertaak 3:</b><br>Elektro-pneumatisch schema en WS-diagram, componenten zelf pakken                                                                  |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                              |                                                                                    |

## Bijeenkomst 4

### Taakklasse 4: Het selecteren van drie verschillende producten met een PLC



**Deeltaakcoëfening:** programmeren van PLC in verschillende programmeertalen (LD, IL, ST, SFC, FBD)

#### Ondersteunende informatie:

Theoretische achtergronden van PLC (hard- en software), sequentiële schakelingen, besturingen, programmeren van PLC in softwarepakket

#### Leertaak 1:

De docent ontwerpt een PLC-besturing met startfunctie voor 2 cilinders en bouwt de schakeling op

Met docent het PLC-programma schrijven en controleren

#### Procedurele info bij leertaak 1:

WS-diagram, PLC, Softwarepakket

#### Leertaak 2:

De student ontwerpt een PLC-besturing voor 2 cilinders die voldoet aan WS-diagram en bouwt de schakeling op

Met docent componenten op de PLC aansluiten en controleren

#### Procedurele info bij leertaak 2:

Elektro-pneumatisch schema en WS-diagram, PLC, softwarepakket

#### Leertaak 3:

Student controleert een PLC-programma aan de hand van WS-diagram.

Student bouwt besturing controleert het PLC-programma met docent

#### Procedurele info bij leertaak 3:

Schema elektro-pneumatisch besturing met 2 cilinders en WS-diagram, fout PLC-programma

#### Cognitieve feedback:

Les  
Evalueren van de programmeerbare besturingen, schakelingen, bespreken van verschillende programmeren methoden

#### Leertaak 4:

Student krijgt procesomschrijving en ontwerpt PLC-besturing

Student programmeert de PLC en bouwt de besturing in hardware op, test en controleert zelf de werking

#### Procedurele info bij leertaak 5:

Softwarepakket, componenten zelf pakken

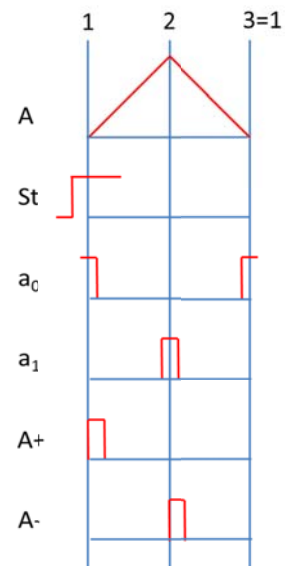
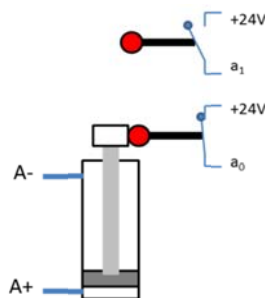
## Bijlage J: Praktische uitvoering van vergelijkbare taakklassen

Een beschrijving van een expert uit de beroepspraktijk: Om de temperatuur in een kas te kunnen reguleren kunnen de ramen van deze kas worden bestuurd. Voor het openzetten/sluiten van de ramen worden cilinders gebruikt die commando's krijgen van een logische schakeling of een besturingseenheid (PLC).



Figuur 29: Kassen in de glastuinbouw

- A. Controleer met het WS-diagram de opgebouwde pneumatische schakeling van één cilinder en twee sensoren.

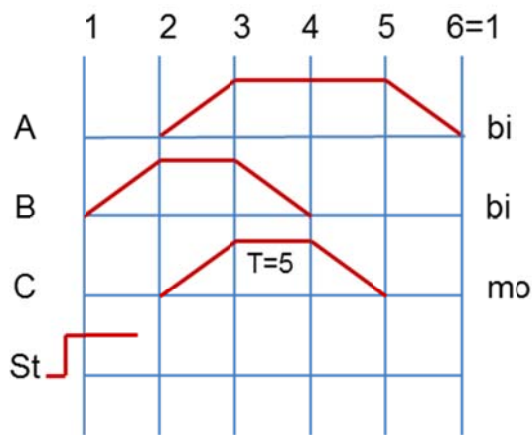


- B. Maak een automatisch heen en weer gaande beweging met een bi-stabiele cilinder A.
- C. Voeg een bi-stabiele drukknop toe waarmee de cilinder B start en stopt, na stoppen moet de cilinder B in de in-stand staan.
- D. Zorg dat de cilinder C 5 seconden in de uit-stand blijft staan.
- E. Maak een pneumatisch schema van het bewegingsdiagram (figuur 21) in FluidSim, en bouw het pneumatische schema op het bord. Laat alle cilinders langzaam uit bewegen en snel in.

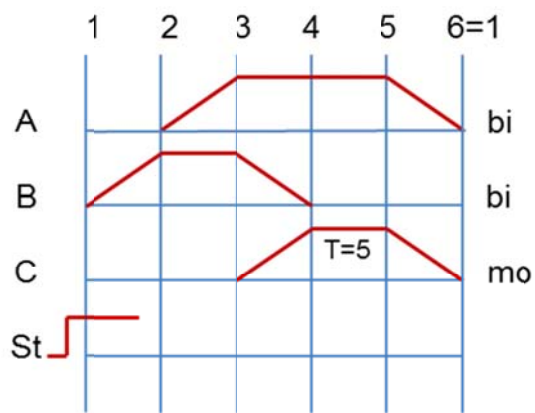
Gevraagd:

- Bouw de pneumatische schakeling A, B en C op het bord (schema = voorbereiding)
- Ontwerp de besturingsformules (voorbereiding)
- Ontwerp het volledige WS diagram (voorbereiding)
- Teken van opdracht D het pneumatisch schema van de besturing in FluidSim.
- Bouw de besturing op het bord

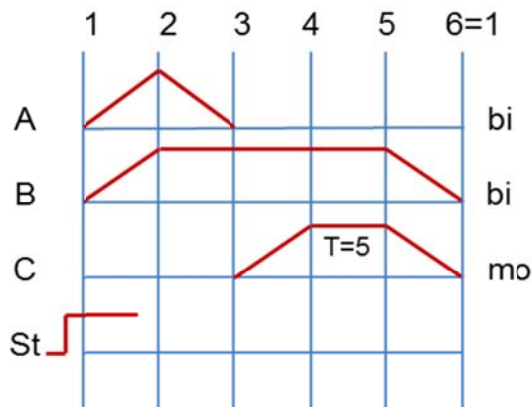
Uit de opdrachtomschrijving zijn vier vergelijkbare opdrachten geformuleerd.



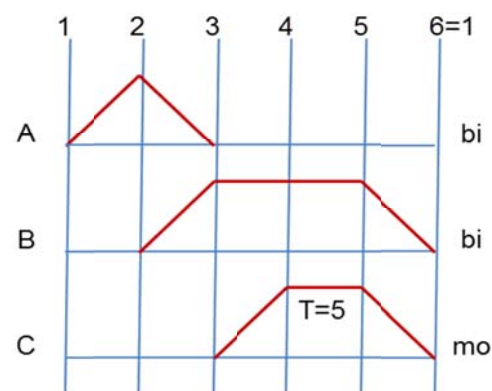
Figuur 30: WS-diagram (variantie 1)



Figuur 30: WS-diagram (variantie 2)



Figuur 30: WS-diagram (variantie 3)



Figuur 30: WS-diagram (variantie 4)

#### Opdracht:

Een dubbelwerkende cilinder A wordt aangestuurd door een mono-stabiel 5/2 of 3/2 ventiel. Er zijn twee reedcontacten op de cilinder aanwezig a0 en a1.

Maak een elektrische schakeling die er voor zorgt dat de cilinder volledig uit gaat en daarna volledig in.

Je hebt een mono stabiele startknop st en een mono-stabiele stopknop sp.

Op elk willekeurig moment moet de cilinder in schuiven na het bekrachtigen van sp. Hierbij moet de reset dominant zijn.

#### Gevraagd:

- Teken het elektrisch schema van de besturing in FluidSim (voorbereiding)
- Maak de besturing op het bord
- Lever de schema's en besturingsformules in