“DMAIC als onderzoeksaanpak in bedrijfskunde-opleidingen van Avans Hogeschool”

Verkennend onderzoek

Ton van Kollenburg, Lector Improving Business

“DMAIC als onderzoeksaanpak in bedrijfskunde-opleidingen van Avans Hogeschool” 1

Verkennend onderzoek 1

Samenvatting 1
Inleiding 2
Wat is DMAIC? 3
Praktijkgericht onderzoek en DMAIC 5
Toepasbaarheid DMAIC 7
Avans Hogeschool 9
Huidige toepassing binnen Avans 10
Analyse 1: Wat gaat niet goed? 10
Analyse 2: Wat zit er wel in? 12
Conclusies en aanbevelingen 16
Reflectie 17
Geraadpleegde verslagen 19
Geraadpleegde literatuur 19

Samenvatting

Door een grote groep verbeterexperts uit het bedrijfsleven werd aangegeven dat er behoefte is aan kennis en vaardigheden met betrekking tot het gebruik van de DMAIC-aanpak bij HBO-afgestudeerden. DMAIC is een gestructureerde aanpak om daadwerkelijk problemen op te lossen.

Om de noodzaak en mogelijkheden van het gebruik van DMAIC als onderzoeksaanpak vast te stellen is via literatuurstudie onderzocht in welke mate DMAIC kan worden gezien als vorm van praktijkgericht onderzoek en in welke situatie DMAIC bruikbaar is. Tevens is, door bestudering van 25 scripties bekeken hoe DMAIC momenteel binnen Avans wordt gebruikt en weke lessen hieruit kunnen worden getrokken.

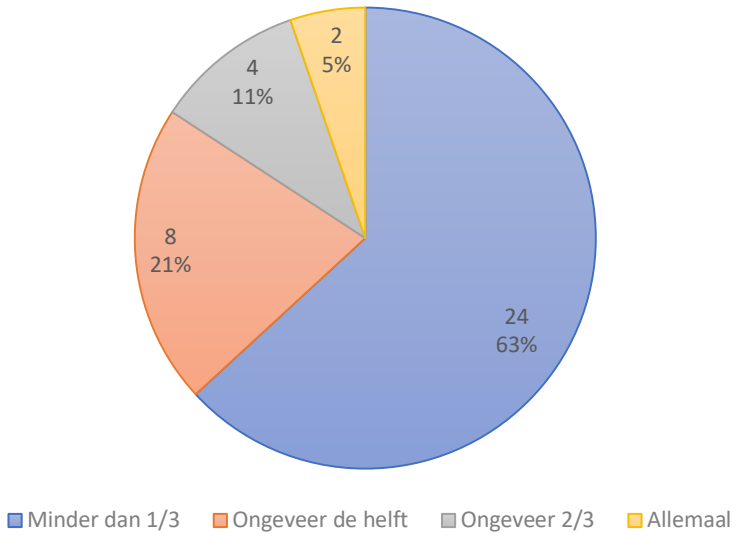
Uit het onderzoek blijkt dat DMAIC kan worden beschouwd als een uitgebreide versie van de regulatieve cyclus van van Strien (1997) en vooral toepasbaar is in situaties waar de oplossing van een probleem niet van tevoren bekend is, er ruimte is om de oplossing daadwerkelijk te implementeren, evalueren en borgen, terwijl sprake is van een redelijk stabiele niet-politieke omgeving. Wat betreft de huidige toepassingen ontstaat een beeld van een grote rijkdom aan verbetertools die worden gebruikt, maar ook dat sprake is van een aantal grote tekortkomingen. Voorbeelden hiervan zijn dat studenten niet leren een oplossing te implementeren, evalueren en borgen, dat probleemdefinities sterk kunnen worden verbeterd net als de logica die wordt gevolgd bij het oplossen van een probleem. Vervolgonderzoek moet onder meer uitwijzen op welke wijze studenten in de beperkte tijd van bijvoorbeeld een stage een volledig DMAIC-project met voldoende diepgang kunnen uitvoeren.

Inleiding

Op 8 december 2016 vroeg ik, tijdens een bijeenkomst van Lean Six Sigma Nederland, 45 Lean Six Sigma experts uit heel Nederland hoe belangrijk zij het vonden dat HBO-afgestudeerden de DMAIC[1] -cirkel zouden kunnen toepassen. 70% gaf aan dat belangrijk of zeer belangrijk te vinden. Daarnaast kregen ze de vraag "bij hoeveel van de van de verbeterprojecten in uw organisatie wordt de volledige verbetercirkel goed doorlopen (dus D, M, A, I en C)?" met als antwoordcategorieën:

- Minder dan 1/3
- Ongeveer de helft
- Ongeveer 2/3
- Allemaal

De resulteerde in de verdeling in figuur 1.



Figuur 1. Hoeveelheid verbeterprojecten die goed worden doorlopen en het percentage van het geheel (n=38)

Uit deze gegevens valt te schatten dat 1 op de 3 verbeterprojecten volledig wordt uitgevoerd.[2] De overige 2/3 van de verbeterprojecten wordt volgens de respondenten dus niet of niet helemaal afgemaakt. Hoewel hieruit niet blijkt wat de oorzaken zijn van het niet afmaken van de verbeterprojecten, is de schatting van het aantal dat wel wordt afgemaakt, in combinatie met de behoefte aan HBO-afgestudeerden met DMAIC-kennis, wel reden om naar het gebruik van DMAIC binnen het HBO te kijken. Daar komt bij dat continu verbeteren in de regel een multidisciplinair karakter heeft, waarbij processen vaak het onderwerp van het verbeteren zijn. Dit wordt in de bedrijfskunde-opleidingen steeds belangrijker (van Kollenburg, 2015). Tenslotte staat praktijkgericht onderzoek centraal in het HBO (Andriessen, 2014) en mogelijk kan DMAIC hier op een relevante manier invulling aan geven. Daarom ben ik benieuwd hoe DMAIC wordt toegepast in de bedrijfskunde-opleidingen van Avans Hogeschool en wat de verdere mogelijkheden zijn.

---

[1] Waar DMAIC staat worden in alle gevallen (tenzij anders aangegeven) ook andere vormen van de continu verbetercirkel bedoeld, zoals: PDCA, A3, SGA, etc. DMAIC staat voor Define Measure Analyze Improve Control.

[2] Als we van elke categorie het midden nemen en die vermenigvuldigen met het aantal antwoorden en die optellen en delen door het totaal, dan bleek dat grofweg 1 op de 3 verbeterprojecten de gehele cirkel doorlopen.

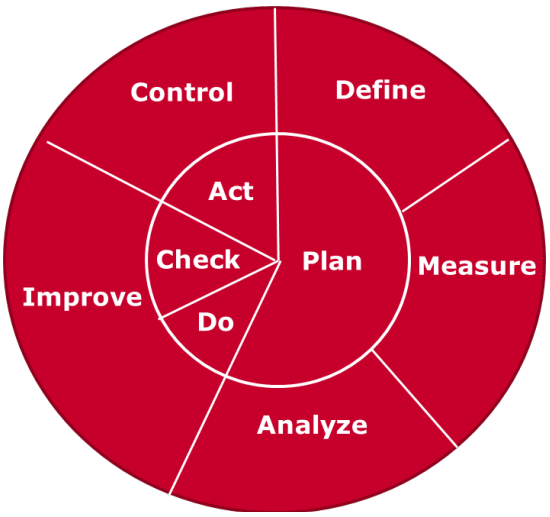
Dat leidde tot de volgende onderzoeksvragen:

- Is DMAIC bruikbaar als vorm van praktijkgericht onderzoek?
- In welke situaties is DMAIC bruikbaar?
- Hoe wordt DMAIC nu gebruikt bij de bedrijfskunde-opleidingen van Avans?
- Welke lessen kunnen uit het voorgaande worden getrokken?

Bij het beantwoorden van de eerste twee vragen is gebruik gemaakt van literatuurstudie. Voor de derde en vierde vraag heb ik, op basis van mijn expertise, 25 verslagen waarin DMAIC is gebruikt, beoordeeld.
Voor wie DMAIC niet kent, volgt hieronder eerst een beschrijving van DMAIC. Vervolgens komen bespiegelingen op de relatie met praktijkgericht onderzoek en de toepasbaarheid van DMAIC in de praktijk aan bod. Daarna volgt eerst een korte beschrijving van de bedrijfskunde-opleidingen binnen Avans Hogeschool gevolgd door het huidige gebruik van DMAIC in de bedrijfskunde-opleidingen. Het geheel wordt afgesloten met de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek.

Wat is DMAIC?

DMAIC staat voor: Define, Measure, Analyze, Improve en Control en is de verbetermethode die is de basis vormt van de Six Sigma benadering. De verbetermethode vindt zijn oorsprong in het denken van onder andere Frederick W. Taylor en later W. Edwards Deming. Zij beoogden om op analytische en systematische wijze praktijkproblemen aan te pakken in plaats van op een willekeurige manier. Zo ontstond bijvoorbeeld de Deming-cirkel, met 4 fasen: Plan, Do, Check en Act (PDCA). Deze cirkel staat aan de basis van de Lean-benadering en vormde de basis voor de DMAIC-aanpak. In figuur 2 is weergeven hoe de samenhang tussen de Deming-cirkel (PDCA) en de Six Sigma-cirkel (DMAIC) kan worden gezien. Ook in het fusieproduct van de Lean- en de Six Sigma-benaderingen, Lean Six Sigma, wordt de DMAIC-cirkel, als onderzoeksaanpak om te komen tot verbeteringen, toegepast



Figuur 2. Relatie PDCA en DMAIC

Door de systematische en analytische aanpak wordt DMAIC in 'de lean six sigma literatuur' vaak beschouwd als een analytische methodologie die gebruik maakt van wetenschappelijke methoden (Tjahjono, 2010). Dat wil niet zeggen dat DMAIC een vast omlijnde en strak

gedefinieerde aanpak is. Uit literatuuronderzoek (Tjahjono c.s., 2010, de Mast c.s. 2012, de Koning c.s., 2006) blijkt dat er verscheidene variaties zijn, waarbij de verschillen vooral bestaan uit het aantal en type fasen of stappen en minder uit de gebruikte tools. Of zoals de Koning c.s. (2006, p. 785) het stellen: “Comparison of various descriptions of the method, demonstrates that these descriptions have enough communalities to consider them as variations of a single method”.

Op basis van vergelijking van zes manieren van het gebruik van DMAIC komen De Koning c.s. (2006, pp. 775-779) tot een generieke opzet. Omdat DMAIC vele interpretaties kent, is deze als voorbeeld, weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Voorbeeld van een generieke opzet DMAIC (bron: De Koning c.s., 2006)

Phase	Steps
D	D1. Identify and map relevant processes D2. Identify targeted stakeholder D3. Determine and prioritize customer needs and requirements D4. Make a business case for he project
M	M1. Select one or more CtQ’s[3] M2. Determine operational definitions for CtQ’s and requirements M3. Validate measurement system of the CtQ’s M4. Assess the current process capability M5. Define objectives
A	A1. Identify potential influence factors A2. Select the vital few influence factors
I	I1. Quantify relationship between X’s[4] and CtQs I2. Design actions to modify the process or settings of influence factors in such a way that the CtQ’s are optimized I3. Conduct pilot test or improvement actions
C	C1. Determine new process capability C2. Implement control plans

Hoewel deze opzet zeker aanknopingspunten biedt bij het opzetten van een uniforme DMAIC-aanpak, moet wel worden opgemerkt dat deze betrekking heeft op Six Sigma-projecten en niet noodzakelijkerwijs ook correct is voor Lean- of Lean Six Sigma-projecten. Aangezien wordt gesproken over CtQ’s en process capability[5] en niet over het elimineren van verspillingen (zoals defecten, wachten en transport) die in lean-projecten vaak centraal staan, is het plausibel dat het gebruik van DMAIC bij lean-projecten anders zal worden ingevuld.

[3] CtQ: Critical to Quality is letterlijk ‘cruciaal voor de kwaliteit’, de interne kritische kwaliteitsparameters die betrekking hebben op de wensen en behoeften van de klant (UNC Plus Delta, 2017)

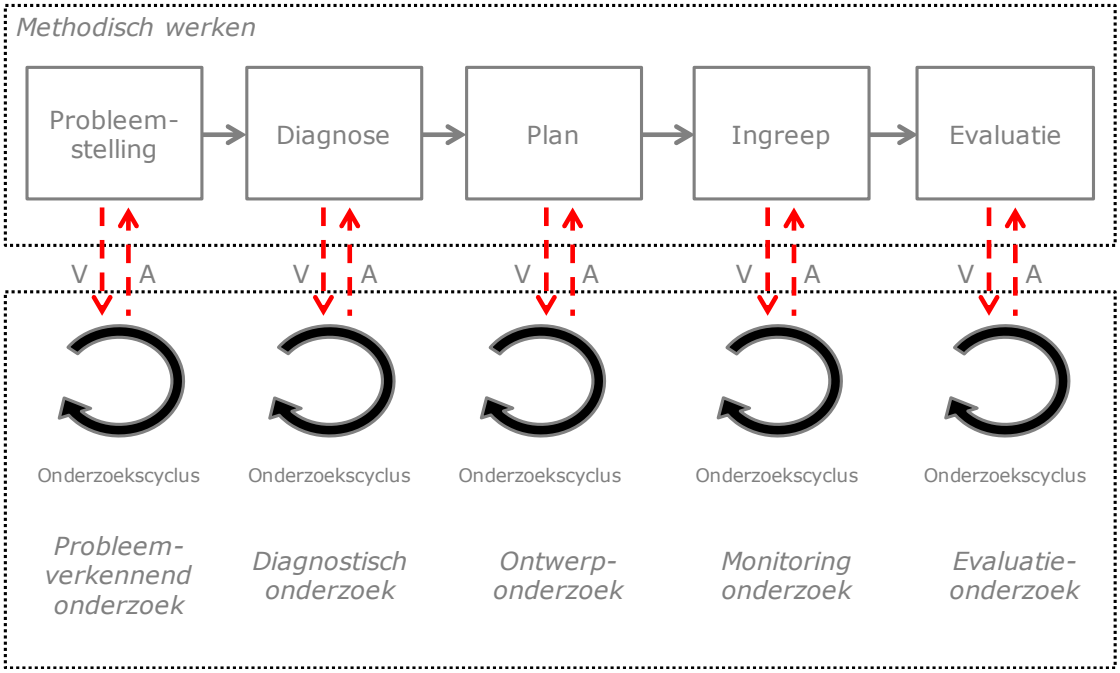
[4] X’s zijn de procesvariabelen die worden onderzocht om de outputvariabele (Y of CtQ) te verbeteren

[5] Process Capability: mate waarin een proces in staat is om met de gewenste nauwkeurigheid binnen de specificaties te werken (van Kollenburg, 2007)

Praktijkgericht onderzoek en DMAIC

DMAIC betreft, zoals gezegd, het op analytische en systematische wijze aanpakken van problemen met gebruik van wetenschappelijke methoden. Voor het gebruik van DMAIC in het HBO zou dat kunnen betekenen dat DMAIC een vorm van praktijkgericht onderzoek is. De vraag is derhalve hoe DMAIC-aanpak zich verhoudt tot HBO-waardig praktijkgericht onderzoek?

Bij praktijkgericht onderzoek in het HBO komt veelvuldig het model van Losse (2012) naar voren, zie figuur 3.

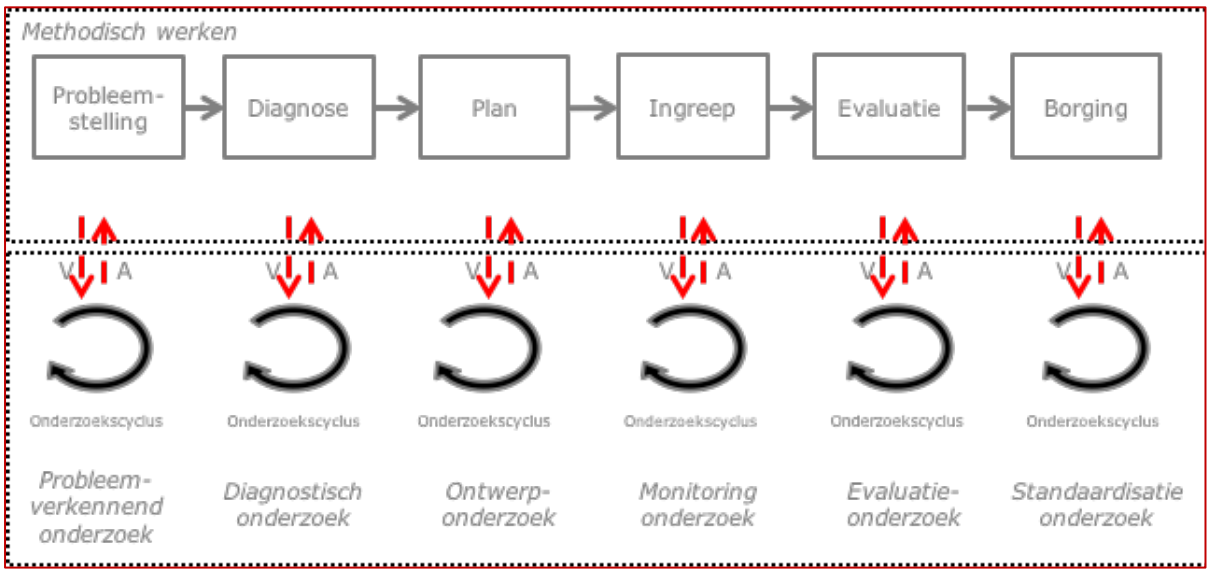


Figuur 3.Vormen praktijkgericht onderzoek volgens Losse (2012)

In deze opzet, ook wel de regulatieve cyclus genoemd (zie ook Andriessen, 2014) wordt het grote onderzoeksveld opgedeeld in kleine tussenonderzoeken, waarbij een probleem wordt benoemd en geanalyseerd en een oplossing wordt ontworpen, geïmplementeerd en geëvalueerd.

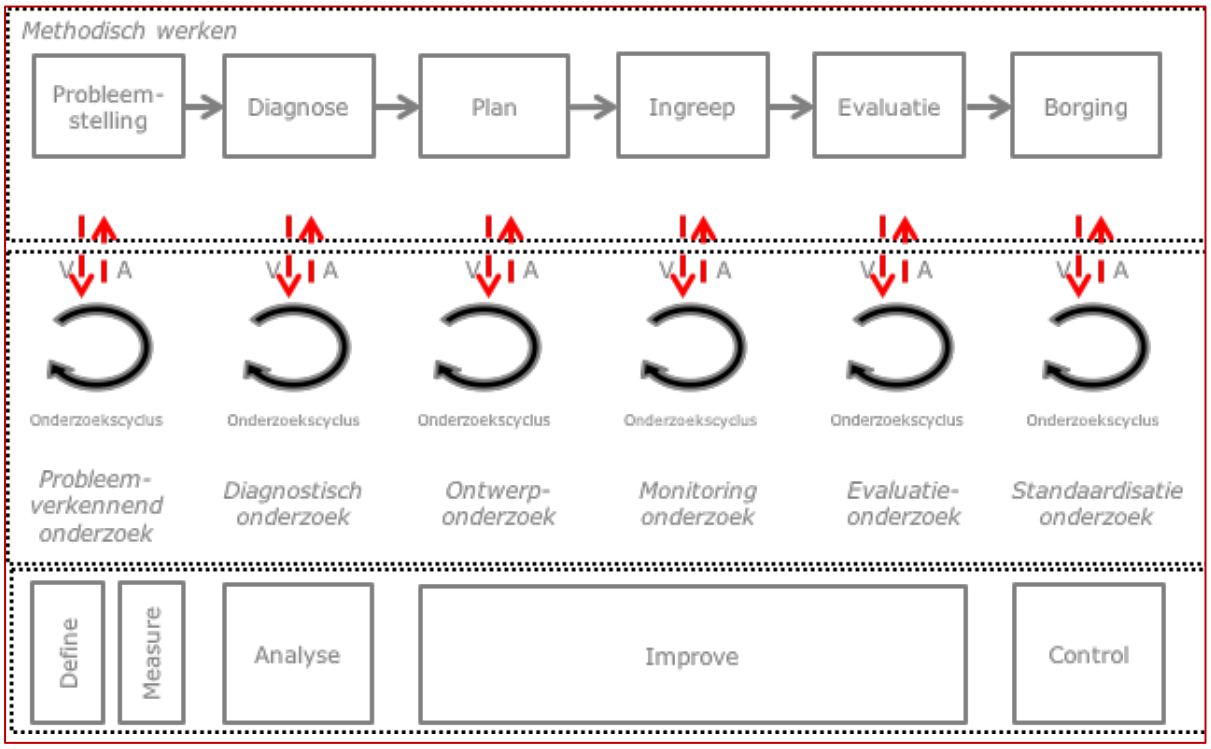
In de regulatieve cyclus wordt echter niet stilgestaan bij het duurzaam (blijvend) maken van de oplossing. Dit is echter een gemis, want als een geïmplementeerde oplossing niet blijvend is, dus weer 'wegzakt', zijn alle inspanningen van analyse, oplossen en implementeren voor niets geweest. Er is dan geen blijvend resultaat in de praktijk. Daar komt bij dat uit onderzoek naar de toekomst van continu verbeteren blijkt dat borging van oplossingen in de praktijk vaak lastig is (Akkermans, 2016).

Om de oplossing van een probleem te kunnen borgen, moet worden onderzocht hoe deze borging kan plaatsvinden. Dat hangt onder andere af van de gekozen oplossing, de acceptatie door de betrokkenen, de 'afdwingbaarheid' van de uitkomst, et cetera. Daarbij moet de oplossing eerst worden omgezet in een standaard, zodat de oplossing door alle betrokkenen (mensen en middelen) op dezelfde wijze wordt uitgevoerd. Dit kan worden gekenmerkt als 'standaardisatie onderzoek'. Als de borgingsstap wordt toegevoegd aan de regulatieve cyclus, dan ontstaat een methode waarvan de uiteindelijke oplossing van het probleem beklijft in een organisatie. Dat leidt tot een opzet zoals weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Vormen praktijkgericht onderzoek met borgingsstap (bron: eigen analyse)

Vergelijken we dit laatste model met het generieke DMAIC-model, dan kunnen we stellen dat de 'Probleemstelling' globaal de 'Define'- en 'Measure'-fase betreft, dat de 'Diagnose' samenvalt met 'Analyze'. Verder vormen 'Plan', 'Ingreep' en 'Evaluatie' samen de 'Improve'-fase en 'Borging' betreft de 'Control'-fase. Zie figuur 5.



Figuur 5. Relatie tussen regulatieve cyclus en DMAIC-model (bron: eigen analyse)

Dat leidt tot de voor de hand liggende conclusie dat het DMAIC-model, op dit globale niveau te gebruiken is als methode van praktijkgericht onderzoek in het HBO. Dat betekent echter nog niet dat praktijkopdrachten, die in een beperkte tijd (bijvoorbeeld 10 of 20 weken) moeten worden uitgevoerd, bij het volledig doorlopen van het DMAIC-model tot een inhoudelijk HBO-waardig niveau leiden.

Toepasbaarheid DMAIC

Behalve de vraag of met het volledig doorlopen van het DMAIC-model een HBO-waardig resultaat is te realiseren is ook nog de vraag of DMAIC in alle contexten en bij alle soorten van problemen kan worden gebruikt? Ofwel: waar en wanneer is DMAIC toepasbaar bij het oplossen van problemen in de praktijk?
Om deze vraag te beantwoorden, is het goed nog even stil te staan bij de kenmerken van DMAIC. De Mast c.s. (2012) komen binnen Six Sigma tot vier kenmerken van DMAIC:

1. De methode schrijft voor dat problemen worden geparametriseerd en gekwantificeerd;
2. Verbeteracties worden afgeleid van ontdekte relaties tussen variabelen;
3. De methode en technieken van Six Sigma worden gedreven door oorzakelijk modelleren, waarbij de Critical to Quality (CtQ) kenmerken worden gezien als de effecten van causale invloedsfactoren (de X-en)
4. Technieken zoals Design of Experiments[6], Proces Capability Study en Gage R&R[7] zijn iconisch voor Six Sigma.

Deze kenmerken impliceren dat sprake is van (enigszins) stabiele verbanden en daarmee een stabiel en voorspelbaar proces. Parast (2011) bevestigt dat: “Project managers should expect to benefit a lot from Six Sigma projects if two conditions are met: (1) the firm (or the business unit) is focusing on efficiency and (2) the rate of change in the industry is low (stable industry). Implementation of Six Sigma projects in a highly dynamic and evolving environment with high rate of innovation and change is very risky due to the inability of Six Sigma projects in addressing radical change.”

Behalve de stabiliteit van proces en omgeving is ook de vraag of alle soorten problemen baat hebben bij een DMAIC-aanpak. Smalley (2016) onderscheidt, op basis van jarenlange ervaring met probleem oplossen (met name bij Toyota, dit sluit daarom aan bij de Lean-aanpak), vier typen van probleem oplossen, dit zijn:

1. Troubleshooting: een reactief proces van snel (en vaak tijdelijk) verhelpen van problemen door snel de procescondities terug te brengen naar de bekende standaarden of normale toestand;
2. Afwijking-van-standaard probleem oplossen: oplossen van problemen met de bronoorzaak binnen bestaande standaarden of condities (hierbij wordt gebruik gemaakt van o.a. inductieve oorzaakanalyse, waarbij op basis van feitelijke omstandigheden de oorzaak van het probleem wordt vastgesteld);
3. Verbeterprobleemoplossing: verwijderen van obstakels om een goed gedefinieerde visie of nieuwe en betere standaarden of condities te bereiken. Uiteindelijk wordt daarbij gestreefd naar ‘arubeki sugata’, ofwel: de ideale toestand (hierbij wordt gebruik gemaakt van deductieve analyse, experimenten en creatieve technieken,

[6] Design of Experiments: statistische analysemethodiek waarmee de invloed van factoren op een bepaalde procesuitkomst middels experimenteren wordt bepaald (van Kollenburg, 2007)
[7] Gage R&R is een statistische methode om een meetsysteem te testen op betrouwbare meetresultaten (UNC Plus Delta, 2017)

omdat geen sprake is van een direct probleem, maar van de wens om verder te gaan dan wat nu mogelijk is);

4. Ontwikkelprobleem oplossen: najagen van een visie of ideale condities met nieuwe producten, processen, diensten of systemen, continue innovatie derhalve. Hierin is creatief denken een belangrijk instrument. Om type 4 problemen op te lossen wordt in de creatieve sector overigens vaak gebruik gemaakt van een model dat globaal dezelfde kenmerken heeft als het PDCA- of DMAIC-model, aangezien dit soort modellen m.i. vooral ruimte geven om te reflecteren en om creativiteit te kunnen ontplooien. Een voorbeeld van een model voor type 4 probleemoplossen is het "Designing Framework" van het American Institute of Graphic Arts (Visocky c.s., 2006).

Van deze types lijkt DMAIC het meest geschikt voor de types 2 en 3, aangezien bij type 1 nauwelijks sprake is van analyse en type 4 meer neigt naar de dynamische omgeving die Parast benoemt (zie boven).

De Mast c.s. (2012) komen wat betreft de toepasbaarheid van DMAIC bij het oplossen van problemen vanuit Six Sigma-perspectief tot deels dezelfde, deels andere conclusies:

- De spanning tussen de ambitie om generiek te zijn aan de ene kant en zorgen voor sterke, specifieke en operationeel methodologische hulp anderzijds, komt in veel aspecten van de DMAIC-aanpak terug. Daarom ontwikkelde DMAIC eerst naar meer algemeenheid (bijvoorbeeld met betrekking tot de toepasbaarheid van DMAIC ook buiten de industrie) en werden later vooral domein-specifieke aanpassingen gedaan.
- DMAIC is geschikt voor veel goed- tot semi-gestructureerde problemen of meer specifiek:
    - Specifieke gedetailleerde beschrijvingen van DMAIC kunnen als template dienen bij routineproblemen, zodat ze "well structured checklist problems" worden (vergelijk met type 1 van Smalley).
    - DMAIC met haar rationele statistische en oorzakelijke modelleren kan dienen als algemene en daardoor flexibele (maar minder gestructureerde) gids bij minder routinematige problemen (vergelijk met type 2 en 3 van Smalley).
    - DMAIC lijkt ongeschikt voor de slecht gestructureerde "brij" waarin 'human dynamics', subjectieve waarnemingen en persoonlijke waarden belangrijk zijn.
- DMAIC hanteert intensieve probleemoplossingsprocessen, waarbij het ontwerpen van de oplossing minder dan de helft van het werk beslaat. DMAIC is daarom niet geschikt voor minder intensieve probleemoplossingsprocessen, zoals projecten waarin de oplossing al bekend is en ontwerpproblemen.
- DMAIC biedt, als methode bij Six Sigma, goed mogelijkheden om vermoedelijke oorzaken te testen, maar matige voor het identificeren van mogelijke oorzaken. Er is met name weinig aandacht voor een efficiënte diagnose van het probleem, zoals dat bijvoorbeeld wel wordt gebruikt in Shainin's strategie van eliminatie en inzoomen. Ook in de 'branch-and-prune'-strategieën is sprake van een efficiënte diagnose, waarbij de 'zoek-ruimte' als een hiërarchische boomstructuur wordt gezien met de grote takken als algemene oorzaken en de kleinere als detail-oorzaken. Bij deze strategie worden de grote takken eerst als geheel onderzocht en van een beperkt

aantal wordt meer in detail gekeken. DMAIC promoot daarentegen brainstormen en exploratieve data-analyse in plaats van gebruik te maken van wetenschappelijke inzichten en aanwezige kennis van gebreken.
- Wat betreft oplossingen in Six Sigma kunnen deze eenmalige interventies zijn, maar ook voortdurende beheersing nodig hebben. Oplossingen kunnen voortkomen uit mathematische en statistische analyses, empirische bronnen zoals best practices en creativiteit. De methodologische onderbouwing voor creatief probleem oplossen is echter elementair.
- De sterke statistische methodologie maakt DMAIC sterk in bijvoorbeeld het vinden en onderzoeken van feiten en het empirisch testen van ideeën voordat ze worden geaccepteerd. Die sterke nadruk beperkt echter het gebruik van methoden uit andere gebieden. Bijvoorbeeld wel nadruk op 'design of experiments', maar niet op bijvoorbeeld de 'eindige elementenmethode' uit onder andere de werktuigbouwkunde.

Aan bovenstaande conclusies, gegeven het eerder besproken generieke DMAIC-model, nog worden toegevoegd dat het gebruik van DMAIC betekent dat een probleem niet alleen wordt opgelost, maar dat er tevens de ruimte is om de oplossing te implementeren en de effecten van deze oplossing te meten en de resultaten te borgen. Daarnaast dient nog te worden opgemerkt dat de kenmerken en toepasbaarheidsconclusies van De Mast c.s. hier boven betrekking hebben op Six Sigma. Bij Lean- of Lean Six Sigma-projecten is bijvoorbeeld het gebruik van statische methodologie minder sterk aanwezig. Daardoor ontstaat ruimte voor andere benaderingen en kunnen ook strategieën als die van Shainin worden toegepast.

Al met al kunnen we concluderen dat DMAIC met name geschikt is als sprake is van een probleem waarvan de oplossing niet van tevoren bekend is, in een redelijk stabiele niet-politieke situatie. Waar nodig moet de gebruiker van de DMAIC-methode hulpmiddelen uit andere bronnen gebruiken om het (blijvend) oplossen van een probleem tot een goed einde te brengen. Dan kan DMAIC als methode van zowel kwantitatief als kwalitatief onderzoek en in allerhande contexten, worden gebruikt, mits de gebruiker de creativiteit heeft om het gebruik van het DMAIC-model en de verbetertools aan te passen aan de verschillende omstandigheden. Dat vraagt om een grondige kennis van DMAIC en de mogelijke tools.

Avans Hogeschool

Voordat ik inga op het gebruik van DMAIC binnen Avans Hogeschool, eerst een korte beschrijving van de plaatsen in de bedrijfskunde-opleidingen waar DMAIC met enige regelmaat wordt gebruikt. Binnen Avans zijn 5 bedrijfskunde-opleidingen:

- 2x Technische Bedrijfskunde
- 3x Bedrijfskunde MER

Bij deze opleidingen is nagevraagd waar de DMAIC-aanpak (of een variant daarop, zoals: PDCA, A3, etc) wordt gebruikt in praktijkopdrachten, stages of afstuderen. Uit die navraag kwam naar voren dat:

- Technische Bedrijfskunde, Academie voor Industrie en Informatica, gebruik maakt van DMAIC in afstuderen, stages en in de minor Continu Verbeteren;

- Technische Bedrijfskunde, Academie voor Engineering & ICT gebruikt DMAIC bij het tweedejaars Lean Waste Reduction programma en bij het afstuderen;
- Bedrijfskunde MER, Academie voor HRM en Bedrijfskunde, gebruikt DMAIC sinds kort in praktijkopdrachten en afstuderen;
- Bedrijfskunde MER, Academie voor Algemeen en Financieel Management, gebruikt DMAIC tot op heden niet;
- Bedrijfskunde MER, Academie voor Deeltijd, gebruikt DMAIC tot op heden niet.

Huidige toepassing binnen Avans

Hiervoor werd geconstateerd dat DMAIC bruikbaar is als vorm van praktijkgericht onderzoek. De methode is geschikt is voor het oplossen van problemen, waarvan de oplossing niet bekend is, in een redelijk stabiele niet-politieke context. Als daarbij de gebruiker wordt uitgedaagd om, binnen de DMAIC-structuur, zelf zijn invulling te geven, dan rijst de vraag of dat nu al wel of niet gebeurt in de bedrijfskunde-opleidingen binnen Avans? Om dat vast te stellen zijn 25 verslagen[8] ontvangen en geanalyseerd, te weten:

1. Van Technische Bedrijfskunde, Academie voor Industrie en Informatica (Den Bosch): 14 verslagen, waarvan 1 stageverslag, 2 afstudeerverslagen en 11 verslagen van de minor Continu Verbeteren;
2. Van Technische Bedrijfskunde, Academie voor Engineering en ICT (Tilburg): 7 verslagen, waarvan 2 afstudeerverslagen en 5 verslagen van de tweedejaars opdracht in het kader van het 'Lean Waste Reduction'-programma;
3. Van Bedrijfskunde MER, Academie voor HRM en Bedrijfskunde (Den Bosch): 4 verslagen, waarvan 1 afstudeerverslag en 3 verslagen van de tweedejaars ‘H2-praktijkopdracht’.

Deze verslagen zijn door mij doorgenomen en, op basis van mijn expertkennis (27 jaar ervaring met het toepassen van verbetercirkels en naar schatting 100 verbeterteams (be)geleid) beoordeeld op de manier waarop DMAIC als onderzoek- en verbetermethode is toegepast en hoe de verschillende elementen zijn weergegeven in de opbouw van de rapportages. De uitkomsten hiervan worden hieronder besproken. Daarin vindt de eerste analyse vanuit een ‘negatief’ perspectief plaats (wat gaat niet goed?), terwijl de tweede analyse een ‘positieve insteek’ heeft (wat zit er allemaal wel in?).

Analyse 1: Wat gaat niet goed?

De rapportages werden doorgelicht met een exploratieve insteek, zonder dat vooraf een norm werd gesteld waaraan de verslagen zouden moeten voldoen. Met zo open mogelijke blik keek ik naar wat ik tegen kwam. Om daarvoor te zorgen, heb ik me eerst via zelfonderzoek afgevraagd wat ik, uit mijn ervaring, dacht tegen te komen. Dat waren:

- In de define-fase:
    - Jumping to conclusions: geen goede (probleem)analyse;

[8] Statistisch gezien is deze steekproef van 25 aselecte verslagen natuurlijk onvoldoende om betrouwbare uitspraken te doen (er verschijnen vele tientallen verslagen met DMAIC per jaar). Niettemin levert bestudering van deze verslagen wel een concreet beeld op van de toepassing van DMAIC in de opleidingen.

    - Geen goede probleembeschrijving (oplossing zit er al in verpakt);
- In de Measurefase: het opzetten en uitvoeren van een goede meting gaat moeizaam of blijft achterwege;
- In de Analyzefase: oorzaak- en gevolganalyse slecht uitgevoerd (m.n. oorzaken en gevolgen door elkaar gehaald en cirkelredeneringen);
- In de Improvefase: daadwerkelijke effect van de verbetering niet vastgesteld;
- In de Controlfase: verbetering niet gestandaardiseerd en geborgd.

Bij het beoordelen van de rapportages heb ik, als deze punten naar voren kwamen, daar extra aandacht aan besteed en kritisch bekeken of het punt terecht was.

In tabel 2 staan de zaken die mij opvielen. Deze staan niet in een bepaalde rangorde, omdat het met de door mij gekozen aanpak niet mogelijk is om te zeggen dat een bepaalde zaak in bepaalde rapportages niet voorkwam, mogelijk is hij me daar gewoon niet opgevallen, of bleef de aanwezigheid wat onduidelijk in de betreffende rapportage. Wel kwam het eerstgenoemde opvallende punt (DMAIC-cirkel wordt niet volledig doorlopen) in alle verslagen voor, de andere punten kwamen een of enkele malen voor.

Tabel 2. Overzicht wat niet goed in verslagen (bron: eigen analyse)

Opvallende punten in de geanalyseerde verslagen
1. De DMAIC-cirkel wordt niet volledig doorlopen (in het algemeen doordat de 'improve' en 'control' niet werden uitgevoerd, vaak werd wel advies over implementatie en borging gegeven), dit is soms gerelateerd aan de vraag van de opdrachtgever om een adviesrapport op te leveren. Daarnaast is het niet-volledig doorlopen van de cirkel gerelateerd aan het zien van DMAIC als analyse-instrument, waarin bijvoorbeeld wordt voorgesteld hoe de implementatie kan plaatsvinden, in dat geval was de implementatie een apart onderdeel in het verslag. Verder wordt in sommige verslagen aangegeven dat volgens DMAIC is gewerkt, maar dit is niet of moeilijk terug te zien in het verslag.
2. Er is sprake van alleen een algemene beschrijving van de context (bijvoorbeeld een algemene bedrijfsbeschrijving) i.p.v. een beschrijving van de directe context van het probleem.
3. De relatie tussen missie van de organisatie en het probleem (met daarbij vooral de aanleiding en de noodzaak om het probleem op te lossen) wordt niet expliciet gemaakt.
4. In de beargumentering om het DMAIC-model te gebruiken, wordt deze vergeleken met de Ist-Sol-Gap-aanpak, welke vergelijking mank gaat, aangezien Ist-Soll-Gap onderdeel kan zijn van de DMAIC-aanpak, maar niet andersom.
5. Een literatuurstudie wordt niet uitgevoerd of heeft betrekking op de onderzoeksmethode en gebruikte dataverzamelings- en analysemethoden.
6. Al in de probleemanalyse komen oorzaken en/of oplossingen naar voren, bijvoorbeeld in een onderzoek naar breuk bij douchewanden: "Bij breuk zit het probleem bij het vervoer en het distributieproces" (dat is geen probleem, maar het is een mogelijke oorzaak of oorzaakgebied). Een variant hierop is de verwarring tussen problemen en oplossingen, die door elkaar heen worden gebruikt (deze verwarring wordt soms nog sterker als een verspilling moet worden geëlimineerd en er ook nog verwarring ontstaat tussen verspilling en oorzaak)
7. De doelstelling is gerelateerd aan het opleveren van het rapport in plaats van op de mate waarin het probleem wordt opgelost. Het is dus een rapportage-doelstelling en geen verbeterdoelstelling.
8. De keuze voor de methode van meten c.q. van dataverzameling (kwantitatief of kwalitatief) wordt niet onderbouwd, er wordt bijvoorbeeld gekozen voor 'observatie', maar niet duidelijk is waarom dat en niet interview, enquête, etc? Ook worden tools gebruikt (bijvoorbeeld VSM naast Swimlanes) terwijl die extra tool geen toegevoegde waarde heeft voor het onderzoek. Wat betreft de meetmethode komt ook voor dat de gemeten indicator niet aansluit bij het probleem of de oorzaak waaraan men wil meten (bijvoorbeeld de inefficiënte kwaliteitscontrole is benoemd als oorzaak, terwijl het aantal keren afkeur bij de kwaliteitscontrole wordt gemeten).
9. Een meetsysteemanalyse wordt wel uitgevoerd, maar op de verkeerde manier.

10. De betrouwbaarheid en validiteit worden alleen aangesneden, maar niet vastgesteld, bijvoorbeeld: “De betrouwbaarheid van het interview is hoog. Dit komt omdat verwacht wordt dat hij <de geïnterviewde, TvK> eerlijk antwoord geeft op de gestelde vragen.”
11. Het onderzoek is niet gericht op het echt begrijpen van het daadwerkelijke proces. Er worden bijvoorbeeld weinig of geen feiten gebruikt bij het vastleggen van de huidige situatie, zoals in de beschrijving van het huidige proces m.b.v. Swimlanes, die overduidelijk uit de procedure is gehaald i.p.v. in de werkelijke praktijk vastgesteld.
12. Ishikawa of 5Why als methode van oorzaakanalyse is slecht gebruikt. Met name de onvoldoende diepgang kwam hierin terug als tekortkoming, omdat niet dieper wordt geanalyseerd dan 1xWhy. In dit verband was er ook een verslag waarin 5xWhy betekende dat ‘5 waaroms’ naast elkaar staan in plaats van na elkaar. Ook het omdraaien van oorzaak en gevolg kwam voor, net als het ontbreken van een feitelijke toetsing van de oorzaken. Dat laatste leidde tot een zinsnede als: “oorzaken *zouden kunnen* zijn…” Dat leidt vervolgens ook tot een gebrek aan kwaliteit van de oplossing, zodat in het advies voor de implementatie komt te staan: “Als de oplossing niet werkt, dan…”
13. De analyses leiden niet tot het elimineren van de bronoorzaak van het probleem, er is sprake van gevolgbestrijding. Dit is mogelijk een van de redenen dat het invoeren van controles om de kwaliteit zeker te stellen wordt voorgesteld als verbetermaatregel, terwijl controleren muda is!
14. De opeenvolging probleem – oorzaak – oplossing is niet consistent: de oplossing heeft geen relatie meer met het oorspronkelijke probleem. Gedeeltelijk sluit hierbij aan dat acties worden benoemd die niet bij het probleem horen (c.q. buiten de scope van het project vallen). Een variant hierop zijn oorzaken waarvan wordt besloten ze verder niet mee te nemen, maar die later bij de oplossingen toch weer terug komen.
15. Conclusies komen zowel per stap of hoofdstuk als aan het einde van het verslag voor, in een aantal gevallen ook beide, wat een vorm van overprocessing (en dus muda[9]) is. Veelvuldig zijn conclusies daarbij samenvattingen terwijl niets wordt geconcludeerd.
16. Aansluitend aan de punten 1 en 11 komen standaardisatie en borging feitelijk niet voor. Soms wordt een aanbeveling gedaan hoe standaardisatie en borging zouden kunnen worden ingevuld, waarbij in een aantal gevallen ook het antwoord wordt gezocht op de vraag: “Wat als de resultaten niet worden behaald?” Wat niets te maken heeft met borging.
17. In de meeste verslagen komen bepaalde onderdelen telkens weer terug, voorbeelden zijn probleemstelling en bedrijfsbeschrijving die meerdere keren te lezen zijn in bijvoorbeeld samenvatting, inleiding, onderzoeksopzet en hoofdstuk ‘Define”.

Hoewel de keuze arbitrair is, vind ik de punten 1, 6, 8, 11, 12 en 14 de meest kritische voor een praktijkgericht onderzoek, omdat die direct te maken hebben met het komen tot een goede oplossing van het probleem. Deze zouden in elke praktijkopdracht 100% in orde moeten zijn, zonder daarmee de andere punten te verwaarlozen.

Analyse 2: Wat zit er wel in?

In tabel 3 is weergegeven welke onderdelen van de onderzoeken in welk deel van de verslagen terugkwamen. Daarbij wil ik ten eerste opmerken dat zo’n ‘deel’ (linkerkolom) niet persé ook de naam van het hoofdstuk is, in sommige verslagen worden bijvoorbeeld D, M en/of A gezien als ‘onderzoekshoofdstuk’, terwijl I en C daarna in aparte hoofdstukken (procesverbetering, resp. borging) aan bod komen. Ten tweede valt op dat de indeling van de rapporten ingegeven lijkt door de strikt voorschrijvende eisen die daaraan vanuit de opleiding worden gesteld, terwijl een andere indeling zeker mogelijk of zelf beter zou zijn geweest. De indruk ontstaat dat de betreffende studenten, al zoekende wat waar “in te vullen”, sommige zaken, zoals het probleem, of de bedrijfsbeschrijving, meerdere keren opschrijven, zodat deze zaken in ieder geval ergens in het verslag goed staan. Ten derde viel op dat “onderdelen” in veel gevallen in meerdere verslagen terugkwamen, maar vaak niet in

[9] Muda: aanduiding voor verspilling in een proces

alle. In de onderstaande tabel is daar geen rekening mee gehouden en is de volgorde van de opsomming van de “onderdelen” willekeurig.

Tabel 3. Verdeling onderdelen in delen verslagen (bron: eigen onderzoek)

Deel	**Onderdelen**
Inleiding	Korte beschrijving onderzoek Korte bedrijfsbeschrijving Doelstelling m.b.t. het rapport Leeswijzer en opzet van het rapport Korte beschrijving hoofdstukken Probleem en achtergrond Korte uitleg van DMAIC of Kaizen Onderzoeksvraag en deelvragen Gebruikte methoden
Context	Organisatiebeschrijving Interne analyse bedrijf Externe analyse bedrijf Strategie bedrijf SWOT bedrijf Procesbeschrijving
Onderzoek	Aanleiding Probleemdefinitie/-stelling Beschrijven verspillingen Doelstelling rapport Deelvragen Conceptueel model DMAIC-model Uitleg inhoud onderzochte KPI Plan van aanpak Onderzoeksopzet Onderzoeksstrategie (met keuze kwalitatief/kwantitatief) Onderzoeksmethoden Beschrijving van methoden van gegevensverzameling en voor analyse: - Brainstormen - 5xWhy - Visgraat/Ishikawa - Flowchart - Swimlane - PDCA - Lean - 5W1H - Gereedschapkoffer AO - Pareto-analyse - Keuzematrix Onderzoeksuitvoering (werkverdeling, samenwerking, krachtveldanalyse) Betrouwbaarheid en validiteit Afbakening
Define	Probleemdefinitie Omvang probleem Doelen m.b.t. rapportage Doelstelling project Conceptueel model Procesbeschrijving CTQ Beleid productie

	Bedrijfsbeschrijving Onderzoeksopzet Aanleiding VoC en noodzaak project Afbakening/scope Korte beschrijving DMAIC Probleemanalyse Kosten probleem Aan te pakken verspillingen Definiëren focusgebieden / benoemen welke processen in kaart brengen Uitleg methoden en technieken Randvoorwaarden en eisen (zowel algemene bedrijfseisen als eisen waaraan oplossing moet voldoen) Methoden van onderzoek (DMAIC en MSA) Projectcharter Team 5W1H Pareto Seven tools Deming Lean filosofie Planning onderzoek Doel onderzoek KPI-grafiek Oorzaken benoemd
Measure	Meten (afhankelijke) variabelen (kwalitatief en kwantitatief) Meten KPI's Meetplan en 5W2H Betrouwbaarheid gegevens Steekproefomvang Ist-situatie Meetsysteemanalyse (MSA) Beoordelen meetgegevens Flowchart (huidige proces) VSM Swimlane Probleemanalyse: grootte probleem, afhankelijke variabele en/of: "Is er een probleem?" Impact probleem (€) Bevestiging probleemgebieden Definitieve probleemdefinitie Meetmethoden (o.a. MMO, continue tijdstudies, enquetes, …) Aanpak interviews Registratie metingen Resultaten van metingen (en enquêtes) Beschrijving meetsysteem Pareto-analyse Mogelijke oorzaken Feitelijke situatie Huidige prestaties Verloop onderzoek (wat verliep anders dan het plan?)
Analyze	5Why / Ishikawa Realisatiematrix Analyse meetgegevens (van bepalende variabelen en/of subproblemen) Resultaten van metingen met effect op het probleem Analyse systeemdata Brainstorm oorzaken Oorzaakanalyse

	Oorzaken Pickdiagram (frequentie vs impact van oorzaken) Keuze matrix knelpunten of belangrijke oorzaken Keuze van hoofdoorzaak en toetsing daarvan Keuze hoofdknelpunten Verdiepende interviews Analyse kwalitatieve data Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid Spagettidiagram Target bepalen (van afhankelijke variabele) Procescapability Turflijst Processchema Kritische processtappen Kosten huidige situatie en huidige verspillingen Kosten/baten oplossing Gewenste basiscondities Hiaten (d.w.z. doelen m.b.t. afhankelijke variabelen) Pareto eindoorzaken Swimlane huidige proces ANOVA MSA Attribute Agreement Analysis Registratiekaarten Interview expert Analyse knelpunten Flowchart nieuwe situatie VSM Op te lossen problemen Keuze scope
Improve	Benchmark andere organisaties m.b.t. probleem (hoe is het elders en elders aangepakt?) Brainstorm oplossingen Verbetervoorstellen en oplossingen VSM nieuwe situatie Swimlanes nieuwe situatie Operationele en functionele eisen aan de oplossing Criteria voor de keuze van de oplossing Keuzematrix oplossingen Bedenken, uitwerken en/of invoeren van oplossingen Validatie (d.w.z. voldoen aan randvoorwaarden) Implementatieplan Testen oplossingen / analyseren risico's Kosten en baten / businesscase Droomoplossing Advies Juridische consequenties advies Aanbevelingen Criteria en randvoorwaarden Risico-analyse Best en worst case scenarios Veranderingen Mogelijke oorzaken en tegenmaatregelen Verwachte resultaat (hard en zacht) Testen oorzaak Opzet meting effect oplossing Gemeten resultaten van de implementatie

	Actiehouders Pickchart / Solution Selection Matrix
Control	Volgen verbeteringen (a.d.h.v. KPI) Implementatieplannen Analyse gevolgen voorgestelde oplossingen Voorstel borging Toepassing elders Advies m.b.t. verdere borging Aanbevelingen Wijze van meten effect Meten effect / vaststellen of doel behaald Werkinstructies ter borging Potentiële aanvullende maatregelen Vervolgacties Borging via werkinstructies Visuele borging (Eenpuntslessen en Swimlanes nieuwe situatie) Monitoringplan Samenvatting KPI's blijvend meten Quick Scan Controleren t.b.v. borging kwaliteit
Afsluiting	Conclusies en aanbevelingen Samenvatting Verbetermogelijkheden buiten scope Constatering doel bereikt Implementatieplan

In tabel 3 valt op dat DMAIC op vele manieren kan worden gebruikt, wat ook noodzakelijk is, omdat problemen en contexten kunnen verschillen en om hun eigen specifieke aanpak kunnen vragen. Niettemin is het gebruik van een logische volgorde bij het oplossen van problemen wel essentieel. De "onderdelen" in tabel 3 nodigen daar in de beschreven vorm niet voor uit. Daarom kan enige structurering, zoals die in tabel 1 bijvoorbeeld, helpen.

Conclusies en aanbevelingen

Uit de "opvallende punten" in tabel 2 en de "onderdelen" in tabel 3 komen verbetermogelijkheden met betrekking tot het gebruik van DMAIC binnen Avans (en wellicht het HBO-onderwijs als Avans enigszins representatief is daarvoor[10]) naar voren. Als het leren uitvoeren van praktijkgericht onderzoek in het HBO centraal wordt gesteld, dan zijn ten aanzien van het gebruik van DMAIC als onderzoeksaanpak de belangrijkste verbeterpunten dat studenten leren:

1. De DMAIC-cirkel volledig te doorlopen (wat tevens aansluit bij de eerder geconstateerde behoefte in het bedrijfsleven);
2. Een heldere probleemdefinitie te maken, dat wil zeggen dat de gebruikte termen worden gedefinieerd en geoperationaliseerd en dat er geen verkapte oplossingen zijn verwerkt;
3. De meetmethode onderbouwd te kiezen met gebruik van de daar bijhorende tools en indicatoren;

[10] Naast de 25 Avans-verslagen zijn 2 afstudeerverslagen van Technische Bedrijfskunde opleidingen van andere hogescholen bekeken, deze geven eenzelfde beeld van het gebruik van DMAIC, maar vormen natuurlijk geen betrouwbare steekproef.

4. Het onderzoek te baseren op werkelijke feiten van het proces of het probleem dat wordt onderzocht;
5. Het probleem op logische wijze te analyseren (dat wil zeggen dat op de waarom-vraag van het probleem, de oorzaak het logische antwoord is en zo door tot de bronoorzaak), eindigend in de vaststelling van de bronoorzaak (dit is de oorzaak die het probleem wegneemt zonder nieuwe verspillingen of problemen te veroorzaken);
6. Te zorgen voor een consistente relatie tussen probleem, oorzaak en oplossing (en daarop voortbordurend ook tussen verbetermaatregel, effectmeting en borgingsmaatregel)
7. De verbetertools op een creatieve en doordachte manier te kiezen en aan te passen;
8. Zelf de opzet voor hun rapport te kiezen, die aansluit bij het gebruik van DMAIC (zodat dubbelingen, zoals eerst de onderzoeksaanpak en onderzoeksvragen en daarna de Define-fase beschrijven, worden voorkomen).

Daarmee heeft het gebruik van DMAIC in de bedrijfskunde-opleidingen van Avans nog ruimte tot verbetering. Vooral als we als doelstelling zouden hanteren dat alumni een bijdrage gaan leveren aan het vaker volledig doorlopen van de verbetercirkel in het bedrijfsleven. Dan worden bedrijven meer in staat gesteld om hun prestaties daadwerkelijk te verbeteren en te borgen.

Om deze verbeteringen te realiseren, moet verder onderzoek plaatsvinden naar de volgende vragen:

1. Kunnen HBO-bedrijfskunde studenten leren een volledige DMAIC-opdracht (dat wil zeggen met alle stappen erin) te voltooien in beperkte tijd (van bijvoorbeeld stage of afstuderen) met een HBO-waardig resultaat?
2. Wat is nodig om HBO-bedrijfskunde studenten de vaardigheden van het onderzoeken, implementeren, evalueren en standaardiseren volgens de DMAIC-methode te laten ontwikkelen, zodat de hiervoor genoemde verbeterpunten worden gerealiseerd? Zijn de antwoorden op deze vraag effectief en geborgd in het onderwijs?

Reflectie

Bij enkele hogescholen (Avans, HAS en Windesheim) heb ik nagevraagd of het hiervoor beschrevene herkenbaar is en in welke mate mijn conclusies en aanbevelingen toegevoegde waarde hebben voor de betreffende opleiding en of de uitkomsten bruikbaar zijn? Onderstaande reacties zijn voor de leesbaarheid geredigeerd, maar inhoudelijk volledig intact gelaten.

Van Windesheim kwam de volgende reactie:
“Ik heb wel genoten van het artikel. Veel is herkenbaar binnen Windesheim.
Te noemen valt: het niet geheel doorlopen van de DMAIC-cirkel, “*jumping to conclusions*”, de oplossing al meenemen in de probleemstelling, onjuiste afbakening van de opdracht, met een oplossing komen die het probleem niet oplost of alleen de gevolgen aanpakt.
Voor mijn eigen minor zou dit artikel waardevol kunnen zijn om docenten scherp te houden in de begeleiding door hierover tijdens het project vragen te stellen.”

Een docent uit de opleiding Voedingsmiddelentechnologie van de HAS gaf de volgende reactie:
“DMAIC heeft binnen afstudeerprojecten op de HAS zeker geen vanzelfsprekende plek. Ik ken geen recent afstudeerproject dat conform deze methodiek werkt. Wel kent de DMAIC een zekere traditie binnen een onderdeel van een bedrijfsopleiding van de HAS, n.l. binnen het onderdeel Business Improvement van de Leergang Quality and Business Improvement. Cursisten doorlopen in een bedrijfsonderzoekje in 'sneltreinvaart' de stappen van de DMAIC waarbij zij binnen iedere stap één of meerdere tools gebruiken.
Voor de toekomst verwacht ik dat DMAIC een grotere rol gaat spelen binnen afstudeerprojecten van de afstudeerrichting Kwaliteit en Continu Verbeteren binnen Voedingsmiddelentechnologie. Deze richting kent in 2017-18 de eerste afstudeerprojecten waarbij dit van toepassing zou kunnen zijn.”

Een bedrijfskundedocent van Avans gaf de volgende terugkoppeling:
“De bevindingen sluiten zeer zeker aan bij mijn eigen waarnemingen. Daarnaast onderschrijf ik de genoemde verbeterpunten bij de conclusie van harte. Als we dit allemaal voor elkaar krijgen in de curricula en in samenwerking met het bedrijfsleven en lectoraten gaan wij prima bedrijfskundigen afleveren. Bij de aanbevelingen staat vervolgonderzoek naar twee vragen. Met name het antwoord op deze tweede vraag is voor onze opleiding zeer (snel) wenselijk, zodat wij dit meteen goed kunnen inbouwen in ons nieuwe curriculum!
Wat betreft de bruikbaarheid zijn de bevindingen herkenbaar en ook de verbeterpunten. Ik denk dat met name het vervolg met antwoord op hoe die verbetering gerealiseerd kan worden zeer bruikbaar is. Overigens overwegen wij om de tijd die studenten aan afstuderen kunnen besteden op te rekken. Als studenten voor daadwerkelijke aanvang van 20 weken afstuderen al de probleemanalyse goed verrichten, moeten ze daarna (bij goede afbakening probleem) toch de rest van de cyclus kunnen doorlopen (alternatief is periode helemaal oprekken of probleem kleiner maken).”

Hoewel dit slechts een zeer summiere reflectie is, lijken de opmerkingen aan te sluiten bij hetgeen ik bij Avans constateerde.

Geraadpleegde verslagen

In onderstaand overzicht staan de geraadpleegde verslagen, allemaal binnen Avans Hogeschool.

Soort rapport	Titel	Opleiding	Jaartal
Afstudeerrapport	Reduceren van voedselverspilling	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2017
Afstudeerrapport	Colonne 15 terug naar de top	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2015
Afstudeerrapport	Methodisch de organisatorische “waste” omtrent periodieke toolmonitoring definiëren en reduceren op een carrier...	Technische Bedrijfskunde, Den Bosch	2015
Afstudeerrapport	Voorraadbeheersing binnen warmroom	Technische Bedrijfskunde, Den Bosch	2014
Afstudeerrapport	Zorgen moet je doen – niet maken	Bedrijfskunde MER, Den Bosch	2016
Stageverslag	Efficiëntieverhoging door batchvorming en overdracht...	Technische Bedrijfskunde, Den Bosch	2016
Praktijkopdracht	Reductie van budgetoverschrijding	minor Continu Verbeteren	2015
Praktijkopdracht	Doorloop- en wachttijdverkorting	Minor Continu Verbeteren	2016
Praktijkopdracht	OEE verbetering looplijn 2	Minor Continu Verbeteren	2016
Praktijkopdracht	Inzicht lengteprofiel friet	Minor Continu Verbeteren	2016
Praktijkopdracht	Extractverlies colonne 24	Minor Continu Verbeteren	2016
Praktijkopdracht	Optimalisatie dozenmachine	Minor Continu Verbeteren	2015
Praktijkopdracht	Particle project ICN8	Minor Continu Verbeteren	2015
Praktijkopdracht	Een belletje minder	Minor Continu Verbeteren	2015
Praktijkopdracht	Reduceren spoilage decorator lijn 2	Minor Continu Verbeteren	2016
Praktijkopdracht	Logistieke bewegingen buitenterrein	Minor Continu Verbeteren	2015
Praktijkopdracht	Counting on quality	minor Continu Verbeteren	2015
Tweedejaarsopdracht	Adviesrapport H2 Plieger groep 7	Bedrijfskunde MER, Den Bosch	2016
Tweedejaarsopdracht	Adviesrapport Plieger groep 28	Bedrijfskunde MER, Den Bosch	2016
Tweedejaarsopdracht	Adviesrapport Plieger groep 25	Bedrijfskunde MER, Den Bosch	2016
Tweedejaarsopdracht LWR	Verhogen capaciteit lijn 6 en 7	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2015
Tweedejaarsopdracht LWR	Van bottleneck naar bottelen	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2016
Tweedejaarsopdracht LWR	Pallets, eenvoudig proces of toch niet?	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2016
Tweedejaarsopdracht LWR	Tijdverspillingen rond de Mini 2 machine	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2017
Tweedejaarsopdracht LWR	SP2000 Robotic Analyzer	Technische Bedrijfskunde, Tilburg	2017

Geraadpleegde literatuur

Akkermans, J. (2016) Lean moet meer in het hart gaan zitten, PT Industrieel Management nr 7/8, Roelofarendsveen: Vakmedianet

Andriessen, D., (2014) Praktisch relevant en methodisch grondig? Dimensies van onderzoek in het HBO-Openbare les 10 april 2014, Utrecht: Hogeschool Utrecht

Kollenburg, T. van (2007) Afkortingen in een World Class organisatie, ’s-Hertogenbosch: Protean Management Solutions
Kollenburg, T. van (2015) Wat is de vraag? ’s-Hertogenbosch: Avans Hogeschool
Koning, H. De, Mast, J. De (2006) A rational reconstruction of Six Sigma’s breakthrough cookbook, International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 23 No 7 pp. 766 - 787, Emerald Publishing Ltd.
Losse, M. (2012) Verbinding tussen onderwijs en onderzoek, Amersfoort: Presentatie Facta conferentie 11 december 2012
Mast, J. De, Lokkerbol, J. (2012) An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving, International Journal of Production Economics 139 pp. 604 - 614, Elsevier Ltd.
Parast, M.M. (2011) The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance, International Journal of Project Management 29 pp. 45-55, Elsevier Ltd.
Tjahjono, B., Ball, P., Vitanov, V., Scorzafave, C., Nogueira, J., Calleja, J., Minguet, M., Narasimha, L., Rivas, A., Srivastava, S., Yadav, A. (2010) Six Sigma: a literature review, Cranfield University, Bedford. Geraadpleegd op Researchgate 1 april 2016
Strien, P.J. van (1997) Towards a methodology of psychological practice, the regulative cycle. Theory and Psychology, 7 (5), 683–700.
UNC Plus Delta (2017) Vakjargon en Lean en Six Sigma termen, www.sixsigma.nl/woordenboek. Geraadpleegd op 6 juni 2017.
Visocky O’Grady, J., Visocky O’Grady, K. (2006) A Designers Research Manual: succeed in design by knowing your clients and what they really need, Beverly (MS): Rockport Publishers Inc.