

# MASTER'S THESIS

Als lijnen elkaar kruisen binnen procesmodellering

Onderzoek naar de invloed van Crossing Arcs op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen en de beïnvloeding van kennis hierop

Overgoor, S. (Sabine)

**Award date:**  
2021

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[pure-support@ou.nl](mailto:pure-support@ou.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 21. Apr. 2025

**Open Universiteit**  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



# **Als lijnen elkaar kruisen binnen procesmodellering**

Onderzoek naar de invloed van Crossing Arcs  
op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen  
en de beïnvloeding van kennis hierop.

# Als lijnen elkaar kruisen binnen procesmodellering

Onderzoek naar de invloed van Crossing Arcs  
op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen  
en de beïnvloeding van kennis hierop.

Opleiding: Open Universiteit, faculteit Bètawetenschappen  
Masteropleiding Business Process Management & IT

Cursus: IM9806 Afstuderen Business Process Management and IT

Student: Sabine Overgoor  
Identiteitsnummer:

Datum: 1 Maart 2021  
Afstudeerbegeleider: mevr. dr. Irene Vanderfeesten  
Meelezer: dhr. dr. Ben Roelens  
Versie nummer: 2.0  
Status: Definitief

# Abstract

---

Uit eerdere onderzoek is gebleken dat minimale Crossing Arcs (kruisende lijnen) een belangrijke factor is voor het begrijpen van procesmodellen. Ook theoretische voorkennis heeft invloed op de begrijpbaarheid. Voor de modelleringsmethodiek Business Process Modelling and Notation (BPMN) is de combinatie tussen deze twee factoren nog niet onderzocht. In dit kwantitatief onderzoek worden deze twee factoren gecombineerd in een quasi-experiment, gehouden bij eerste- en tweedejaars TBK studenten. Het doel van het onderzoek is het beantwoorden van de vraag welke invloed de lay-out factor Crossing Arcs heeft op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen en in hoeverre kennis van deze methodiek de begrijpbaarheid beïnvloedt. De resultaten zijn eenzijdig getoetst met de Independent sample t-test in SPSS.

Het resultaat van het onderzoek is dat Crossing Arcs geen significante invloed heeft op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen. De experimentele groep, die voorkennis heeft gekregen over de BPMN-methodiek, scoort gemiddeld hoger op begrijpbaarheid dan de controlegroep en tevens beantwoordt de experimentele groep de begripsvragen gemiddeld sneller, dit wordt niet in alle gevallen significant bewezen.

Bij detailonderzoek is de begrijpbaarheid op modellen met Crossing Arcs vergeleken tussen eerstejaars en tweedejaars studenten, hier kan bewezen worden tweedejaarsstudenten significant beter scoren op vragen over een procesmodelleringsmethodiek die voor het onderzoek bij beide leerjaren niet bekend was.

## **Keywords**

Business Process Model, BPMN, Understandability, Foreknowledge, Crossing Arcs

# Samenvatting

---

Procesmodellering is een middel om bedrijfsprocessen in kaart te brengen. Procesmodellen worden voor verschillende doeleinden gebruikt waardoor verschillende kwaliteitseisen aan procesmodellen worden gesteld. In dit onderzoek wordt de nadruk gelegd op communicatie naar stakeholders en heeft een pragmatische insteek.

Voor het modelleren van bedrijfsprocessen zijn verschillende modelleringsmethodieken ontwikkeld, bijvoorbeeld Petrinet, UML-diagrammen en Business Process Modelling Notation (BPMN). Voor dit onderzoek zijn de procesmodellen ontwikkeld met de BPMN-methodiek. In literatuur is onderzoek gedaan naar begrijpbaarheid van procesmodellen. Daaruit kwam voort dat minimale Crossing Arcs (kruisende lijnen) een belangrijke factor is voor het begrijpen van procesmodellen. Ook theoretische voorkennis heeft invloed op de begrijpbaarheid. De hoofdvraag voor dit onderzoek luidt:

*Welke invloed heeft de lay-out factor 'Crossing Arcs' op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen en in hoeverre beïnvloedt kennis van de modelleringstechniek BPMN de begrijpbaarheid?*

Na het uitvoeren van een literatuuronderzoek zijn twee hypothesen geformuleerd:

- H1: Bij een BPMN-procesmodel met meer Crossing Arcs, scoren respondenten lager op begrijpbaarheid van het model
- H2: Voorkennis van BPMN-modelleringstechniek geeft bij een model met meer Crossing Arcs een hogere score op de begrijpbaarheid van een BPMN-procesmodel

Het kwantitatief onderzoek is uitgevoerd om kwantitatieve data te verzamelen en daarmee de theorie te toetsen. In dit onderzoek wordt een causaal verband onderzocht tussen de onafhankelijke variabele 'Layout factor Crossing Arcs', de afhankelijke variabele 'Begrijpbaarheid procesmodellen' en de mediërende factor 'Kennis van BPMN-modelleringstechniek'.

Het onderzoek is opgebouwd uit een aantal onderdelen. De demografische informatie geeft een beeld van de vooropleiding, voorkeur voor het ontvangen van informatie en bekendheid met procesmodellering en BPMN. Daarna wordt het kennisniveau van de respondenten gemeten door een twaalftal vragen over de BPMN-methodiek. Op basis van de antwoorden wordt de respondent ingedeeld in een kennisniveaugroep, waarbij nul en één antwoord goed kennisniveau één is en elf en twaalf antwoorden goed kennisniveau zes is. Tenslotte wordt de begrijpbaarheid gemeten door respondenten acht vragen te laten beantwoorden over twee verschillende procesmodellen. Ieder procesmodel heeft een variant zonder Crossing Arcs en een variant met Crossing Arcs. De begrijpbaarheid wordt gemeten door de effectiviteit en de efficiency te bepalen. De effectiviteit wordt gemeten door het aantal goede antwoorden te delen door het totaal aantal antwoorden. De efficiency wordt gemeten door de coëfficiënt van het aantal goede antwoorden en de tijd in minuten dat over het beantwoorden is gedaan. De respondenten zijn Technische Bedrijfskunde studenten van Hogeschool Saxion. De respondenten worden verdeeld in een experimentele groep die voorkennis over BPMN heeft gekregen en de controlegroep, zonder voorkennis.

Van 175 studenten die de vragenlijst hebben ingevuld zijn na cleansing 129 respondenten overgebleven die de basis vormen voor de analyse. Resultaten van dit onderzoek wijzen uit dat geen bewijs is gevonden voor het effect van Crossing Arcs op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen. Voorkennis over de BPMN-methodiek heeft aangetoond dat gemiddeld hoger gescoord wordt op effectiviteit en deels op efficiency. Respondenten met voorkennis hebben vragen over BPMN-procesmodellen als makkelijker ervaren dan respondenten zonder voorkennis. Er is een significant bewijs gevonden dat tweedejaars studenten beter scoren op begrijpbaarheid (op basis van effectiviteit) dan eerstejaarsstudenten.

# Summary

---

Process modelling is a way of mapping business processes. Process models are used for different purposes which results in different quality requirements for process models. This research focuses on communication to stakeholders and has a pragmatic approach.

Different modelling methodologies have been developed for modelling business processes, for example Petrinet, UML diagrams and Business Process Modelling Notation (BPMN). For this research, the process models were developed using the BPMN methodology. Literature was used to research understandability of process models. It showed that minimal Crossing Arcs is an important factor for understanding process models. Theoretical prior knowledge also affects comprehensibility. Therefore, the main question is: *What influence does the layout factor 'Crossing Arcs' have on the understandability of BPMN process models and to what extent does knowledge of the modelling technique BPMN influence the understandability?*

After conducting a literature review, two hypotheses were formulated:

- H1: For a BPMN process model with more Crossing Arcs, respondents score lower on model understandability
- H2: Prior knowledge of BPMN modelling technique gives a higher score on the understandability of a BPMN process model with more Crossing Arcs

The quantitative research was conducted to collect quantitative data to test the theory. This research investigates a causal relationship between the independent variable "Layout factor Crossing Arcs", the dependent variable "Process model comprehensibility" and the mediating factor "Knowledge of BPMN modelling technique".

The study consists of a number of components. The demographic information provides a picture of prior education, preference for receiving information and familiarity with process modelling and BPMN. Next, the respondents' knowledge level is measured by twelve questions about the BPMN methodology. Based on the answers, the respondent is classified into a knowledge level group, where zero and one answers are knowledge level one and eleven and twelve answers are knowledge level six. Finally, comprehensibility is measured by having respondents answer eight questions about two different process models. Each process model has a variant without Crossing Arcs and a variant with Crossing Arcs. Understandability is measured by determining effectiveness and efficiency. Effectiveness is measured by dividing the number of correct answers by the total number of answers. Efficiency is measured by the coefficient of the number of correct answers and the time in minutes it took to answer. The respondents are Technical Business students from Saxion University of Applied Sciences. The respondents are divided into an experimental group that received prior knowledge about BPMN and the control group, without prior knowledge.

Out of 175 students who completed the questionnaire, 129 respondents remained after cleansing, which is the basis for the analysis. Results of this study indicate that no evidence was found for the effect of Crossing Arcs on the comprehensibility of BPMN models. Prior knowledge of the BPMN methodology demonstrated higher average scores on effectiveness and partly on efficiency. Respondents with prior knowledge perceived questions about BPMN process models as easier than respondents without prior knowledge. Significant evidence was found that second-year students scored better on comprehensibility (based on effectiveness) than first-year students.

# Een woord vooraf

---

Mijn doel is bereikt. Na ongeveer een jaar is mijn afstudeeronderzoek afgerond, uitgevoerd en geschreven in een bijzondere periode. Dit afstudeeronderzoek is gestart voor en afgerond tijdens Covid-19. Een periode waar, door alle maatregelen om zoveel mogelijk thuis te blijven, mijn werk, studie en privéleven volledig in elkaar over liepen. Een jaar waar ik dagen achtereen van de vroege ochtend tot laat in de avond achter een scherm heb doorgebracht. Lesgeven, vergaderen, gesprekken met studenten en het studeren gebeurde allemaal online.

Voor het opzetten en uitvoeren van het onderzoek hebben verschillende mensen tijd voor mij vrij gemaakt, antwoorden gegeven op mijn vragen, hulp aangeboden en me ondersteund. Mijn dank gaat dan ook uit naar:

Irene Vanderfeesten voor al haar fijne en uitgebreide feedback, de snelle reactie op vragen en het lezen van concepten en haar motivatie om door te zetten.

Mijn studiematjes van afgelopen twee jaar, Thomas, Frank en Patrick mijn pre-master maatje in het bijzonder. We hebben met z'n vieren met veel enthousiasme en discussie de vakken één voor één succesvol afgerond. Dank Merijn, Ingrid en Ivo voor de constructieve afstudeerbijeenkomsten.

Mijn collega's bij Saxion die mij altijd hebben gemotiveerd om met de studie bezig te zijn en alle ruimte hebben gegeven. Naast Paul, de afdelingsleider, ook dank aan collega's die me inhoudelijk hebben geholpen, de discussies bij het opzetten van en tijdens het onderzoek, de worsteling met SPSS wat lichter hebben gemaakt (dank Gerard) en de kans die collega's me hebben gegeven om tijdens hun lessen mijn onderzoek uit te voeren.

Ten slotte had ik zonder de steun van David en Juul deze jaren niet zo goed kunnen volhouden. Mijn studie betekende voor hen dat ik soms een kort lontje had en afgelopen jaren weinig tijd had. Ik beloof dat we samen weer veel leuke dingen gaan doen!

Als laatste kan ik zeggen dat ik ontzettend trots ben op mijn studieperiode van afgelopen jaren. Het afronden van een Masterstudie stond ooit op mijn 'Nog-te-doen-lijst'. De weg er naartoe was hobbelig, ik was onzeker of ik het wel kon, of het te combineren was met een gezin en met mijn werk. Al tijdens de pre-master wist ik dat ik een goede keuze had gemaakt en afgelopen jaren heb ik gemerkt en laten zien dat ik het kan en het vooral ook erg leuk vond om weer te studeren en onderzoek te doen.

Ik wens je veel plezier met het lezen van mijn masterstuk!

Sabine Overgoor  
Utrecht, 1 Maart 2021

# Inhoudsopgave

---

<b>1. Introductie .....</b>	<b>1</b>
1.1 Achtergrond .....	1
1.2 Gebiedsverkenning.....	1
1.3 Probleemstelling.....	1
1.4 Opdrachtformulering.....	2
1.5 Motivatie en relevantie .....	2
1.6 Aanpak in hoofdlijnen.....	3
<b>2. Theoretisch kader .....</b>	<b>4</b>
2.1 Aanpak onderzoek .....	4
2.2 Uitvoering literatuuronderzoek .....	5
2.3 Resultaten en conclusies .....	5
2.4 Doel van het vervolgonderzoek .....	8
<b>3. Methodologie .....</b>	<b>9</b>
3.1 Conceptueel ontwerp.....	9
3.2 Technisch ontwerp.....	9
3.2.1 <i>Deelnemers</i> .....	9
3.2.2 <i>Demografische informatie verzamelen</i> .....	10
3.2.3 <i>Meten kennisniveau</i> .....	10
3.2.4 <i>Metten begrijpbaarheid BPMN-procesmodel</i> .....	10
3.2.5 <i>Basiskennis BPMN aanbrengen</i> .....	11
3.3 Gegevensanalyse .....	11
3.4 Reflectie op validiteit, betrouwbaarheid en ethische aspecten .....	12
<b>4. Resultaten .....</b>	<b>14</b>
4.1 Data Cleansing.....	14
4.2 Beschrijvende statistiek .....	15
4.3 Toetsen hypothesen.....	16
4.3.1 <i>Toetsing hypothese 1</i> .....	17
4.3.2 <i>Toetsing hypothese 2</i> .....	20
4.4 Detailanalyse.....	23
4.5 Conclusie praktische onderzoeksvragen.....	24
<b>5. Discussie, conclusie en aanbevelingen .....</b>	<b>25</b>
5.1 Discussie .....	25
5.1.1 <i>Begrijpbaarheid procesmodellen met Crossing Arcs</i> .....	25
5.1.2 <i>Invloed voorkennis en leerjaar</i> .....	25
5.1.3 <i>Steekproefgrootte en significantie</i> .....	25
5.1.4 <i>Praktische relevantie</i> .....	26
5.2 Beperkingen in dit onderzoek .....	26
5.2.1 <i>Uitvoer onderzoek</i> .....	26
5.2.2 <i>Centrale limietstelling</i> .....	26
5.2.3 <i>Niveau kennis- en begripsvragen</i> .....	26
5.2.4 <i>Omgeving uitvoer onderzoek</i> .....	27
5.3 Conclusie .....	27
5.4 Aanbevelingen voor de praktijk .....	28
5.5 Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	29
<b>Referenties .....</b>	<b>30</b>
<b>Bijlage A Zoekcriteria per deelvraag.....</b>	<b>32</b>
<b>Bijlage B Zoekresultaten per deelvraag .....</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage C Longlist deelvragen .....</b>	<b>34</b>



Longlist deelvraag 1.....	34
Longlist deelvraag 2.....	35
Longlist deelvraag 3.....	37
Longlist deelvraag 4.....	39
<b>Bijlage D Shortlist literatuuronderzoek.....</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage E Berekening steekproefgrootte.....</b>	<b>42</b>
<b>Bijlage F Opzet demografische vragenlijst.....</b>	<b>43</b>
<b>Bijlage G Vragenlijst meten van kennisniveau BPMN.....</b>	<b>44</b>
<b>Bijlage H Procesmodellen en vragen .....</b>	<b>46</b>
<b>Bijlage I Voorkennis voor experimentele groep .....</b>	<b>48</b>
<b>Bijlage J SPSS-output.....</b>	<b>52</b>
<b>Bijlage K Discussie in detail .....</b>	<b>56</b>

### Lijst met figuren

Figuur 1.1 Conceptueel model.....	2
Figuur 1.2 Opzet onderzoek.....	3
Figuur 2.1 Zoek- en selectieproces .....	4
Figuur 2.2 Voorbeelden verschillende kruispunten .....	6
Figuur 2.3 Voorbeeld model met verschillend aantal Crossings (Buchheim et al., 2013).....	6
Figuur 3.1 Conceptueel ontwerp quasi-experiment .....	9
Figuur 3.2 Overzicht vragenlijsten en procesmodellen per onderzoeksgroep.....	11
Figuur 3.3 Conceptueel model met operationalisatie.....	11
Figuur 4.1 Voorkeur voor het ontvangen van informatie.....	16
Figuur 4.2 Aantal respondenten per onderzoeksgroep.....	17
Figuur 4.3 Boxplots effectiviteit per procesmodel.....	18
Figuur 4.4 Boxplots efficiency per procesmodel.....	19
Figuur 4.5 Boxplots per onderzoeksgroep voor procesmodel 1B en 2B .....	21
Figuur 4.6 Boxplots efficiency experimentele- en controlegroep voor procesmodel 1B en 2B.....	22

### Lijst met tabellen

Tabel 3.1 Opbouw procesmodellen voor het meten van begripbaarheid .....	10
Tabel 4.1 Resultaten data cleansing .....	14
Tabel 4.2 Vooropleiding respondenten .....	15
Tabel 4.3 Bekendheid met en ervaringslevel van BPMN .....	15
Tabel 4.4 Kennisniveau totaal en per experimentele- en controlegroep .....	16
Tabel 4.5 Overzicht gemiddelde effectiviteit per procesmodel .....	18
Tabel 4.6 Vergelijk percentage goede antwoorden tussen de variant zonder en met Crossings per procesmodel.....	18
Tabel 4.7 Beschrijvende statistiek gemiddelde efficiency per procesmodel.....	19
Tabel 4.8 Gemiddelde tijd in minuten besteed aan begripsvragen per procesmodel.....	20
Tabel 4.9 Overzicht gemiddelde effectiviteit voor de experimentele- en de controlegroep .....	21
Tabel 4.10 Overzicht gemiddelde efficiency voor de experimentele- en de controlegroep.....	22
Tabel 4.11 Totale tijd besteed aan de begripsvragen per onderzoeksgroep en per procesmodel.....	22
Tabel 4.12 Vergelijk effectiviteit kennisvragen en begripsvragen per onderzoeksgroep en per procesmodel.....	23
Tabel 4.13 Overzicht hoe makkelijk/moeilijk respondenten de begripsvragen per procesmodel hebben ervaren .....	23
Tabel 4.14 Verschil gemiddelde effectiviteit eerste- en tweedejaars studenten per procesmodel.....	24
Tabel 5.1 Overzicht Effectiviteit en Efficiency voor hypothese 1 .....	27
Tabel 5.2 Overzicht Effectiviteit en Efficiency voor hypothese 2 .....	28

# 1. Introductie

---

In deze introductie wordt het onderwerp van het onderzoek verkend, het probleem geïdentificeerd en uitgewerkt, waarna de opdracht wordt geformuleerd met de hoofdvraag en theoretische en praktische deelvragen. De motivatie en relevantie wordt in paragraaf 1.5 beschreven, met tot slot de aanpak van het onderzoek.

## 1.1 Achtergrond

Procesmodellering is een middel om op een grafische manier bedrijfsprocessen in kaart te brengen. Organisaties gebruiken procesmodellen als communicatiemiddel binnen de gehele organisatie, ze kunnen inzicht geven in bedrijfsprocessen waardoor deze bedrijfsprocessen beter begrepen worden. Andere doeleinden van procesmodellering is het tonen van een workflow met opeenvolgende of parallelle activiteiten die een proces weergeven of om behoefte of eisen voor systeemontwikkeling in kaart te brengen (Gordijn, Akkermans, & Van Vliet, 2000). Het begrijpen van procesmodellen is geen vanzelfsprekendheid, omdat dit enig inzicht en kennis van de lezer verwacht. De gebruikte modelleringsmethodiek en de lay-out van een procesmodel kan invloed hebben op de mate van begrijpbaarheid van een procesmodel en daardoor op het begrijpen van een bedrijfsproces.

## 1.2 Gebiedsverkenning

Doordat procesmodellen voor verschillende doeleinden worden gebruikt, worden daar tevens verschillende kwaliteitseisen aan gesteld. De syntactische kwaliteit geeft aan dat procesmodellen voldoen aan de vooraf opgelegde modelleringsregels, semantische kwaliteit geeft een correcte weergave van de werkelijkheid en pragmatische kwaliteit geeft de bruikbaarheid van een model aan en in hoeverre de gebruiker het model begrijpt (Moody, Sindre, Brasethvik, & Solvberg, 2003). In dit onderzoek wordt de nadruk gelegd op communicatie naar stakeholders en heeft daardoor een pragmatische insteek.

Om een proces in kaart te brengen kan een keuze gemaakt worden uit diverse standaard modelleringstechnieken, bijvoorbeeld Petrinet, UML-diagrammen en BPMN. De modelleringstechniek Business Process Model & Notation (BPMN) bestaat uit een aantal constructen waarmee volgens de voorgeschreven methodiek processen gemodelleerd worden. Procesmodellen worden opgebouwd uit elementen die de lay-out van een procesmodel bepalen. Voorbeelden van esthetische lay-out aspecten zijn: Bends (bogen), Crossing Arcs (kruisende lijnen), Angles (hoeken), Orthogonality (raster) en Symmetrie.

In dit onderzoek wordt een relatie gelegd tussen de layout factor Crossing Arcs, kennis van de standaard procesmodelleringstechniek BPMN (Business Process Model and Notation, hierna BPMN genoemd) en begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen.

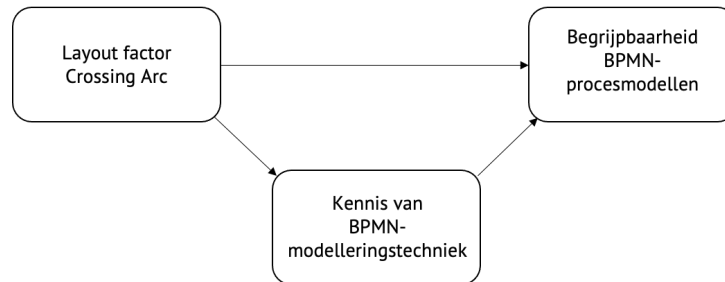
## 1.3 Probleemstelling

Uit onderzoek van Purchase (1997) is gebleken dat gebruik van een minimaal aantal Crossing Arcs de meest belangrijke factor is voor de begrijpbaarheid van modellen en diagrammen. Het minimaliseren van het aantal Bends en maximaliseren van Symmetrie hebben effect, maar minder dan het minimaliseren van het aantal Crossing Arcs. In 2018 is een literatuuronderzoek door o.a. Ahmet Dikici (Dikici, Turetken, & Demirors, 2018) uitgevoerd om inzicht te krijgen naar begrijpbaarheid van procesmodellen waarbij in de literatuur gezocht is naar verschillende factoren, waarvan aangenomen wordt dat deze invloed hebben op de begrijpbaarheid. Resultaat is een logische weergave met bijbehorende literatuur inclusief operationalisatie, van indicatoren die invloed hebben op de begrijpbaarheid, waarvan Visual Lay-out een van de factoren is. Uit het onderzoek blijkt dat beperkt onderzoek is gedaan naar Visual Lay-out factoren (Dikici et al., 2018).

Harald Störrle (2011) heeft diverse onderzoeken gedaan naar visuele kwaliteiten van procesmodellering, waaronder lay-out en diagram types en de grootte van procesmodellen. Waar nog weinig onderzoek naar is gedaan is welke invloed Crossing Arcs hebben op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen. In het

onderzoek van Mendling, Recker, Reijers, and Leopold (2019) is aangetoond dat theoretische voorkennis invloed heeft op begripsprestaties van conceptuele modellen.

Het is niet bekend welke invloed Crossing Arcs heeft op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen en welk mediërend effect kennis van BPMN-modelleringsstechniek heeft op deze relatie. In figuur 1.1 is het conceptueel model weergegeven met de onafhankelijk variabele 'Layout factor Crossing arcs', de afhankelijke variabele 'Begrijpbaarheid BPMN-procesmodellen' en de mediërende factor 'Kennis van BPMN-modelleringsstechniek' die de onafhankelijk variabele beïnvloedt en optreedt als verklarende variabele.



Figuur 1.1 Conceptueel model

## 1.4 Opdrachtformulering

Het doel van dit onderzoek is de relatie onderzoeken tussen het aantal Crossing Arcs en de begrijpbaarheid van procesmodellen en in hoeverre kennis van BPMN-modelleringsstechniek de begrijpbaarheid beïnvloedt. Purchase (1997) heeft in haar onderzoek aangetoond dat minimale Crossing Arcs de belangrijkste factor is voor begrijpbaarheid van modellen en diagrammen. Mendling et al. (2019) heeft aangetoond dat theoretische voorkennis invloed heeft op de begrijpbaarheid van procesmodellen. Door in het onderzoek een experiment uit te voeren bij een eenduidige doelgroep met een verwachte eenduidige theoretische achtergrond kan onderzocht worden wat toegevoegde kennis doet met de begripsvorming van specifieke BPMN-modellen.

De hoofdvraag luidt:

Welke invloed heeft de lay-out factor 'Crossing Arcs' op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen en in hoeverre beïnvloedt kennis van de modelleringsstechniek BPMN de begrijpbaarheid?

Theoretische deelvragen:

- *Wat zijn Crossing Arcs in BPMN-procesmodellering en wat is de invloed op de begrijpbaarheid?*
- *Wat wordt onder begrijpbaarheid van procesmodellen verstaan?*
- *Op welke manier wordt begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen gemeten?*
- *Hoe wordt voorkennis van BPMN-modellen gemeten en welke indeling van kennisniveaus bestaan er?*

Praktische deelvragen

- *Wat is het kennisniveau van deelnemers aan het experiment?*
- *Wat is de invloed van de hoeveelheid Crossing Arcs op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen bij de deelnemers?*
- *In hoeverre heeft BPMN-kennis van de deelnemers invloed op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen met veel of weinig Crossing Arcs?*

## 1.5 Motivatie en relevantie

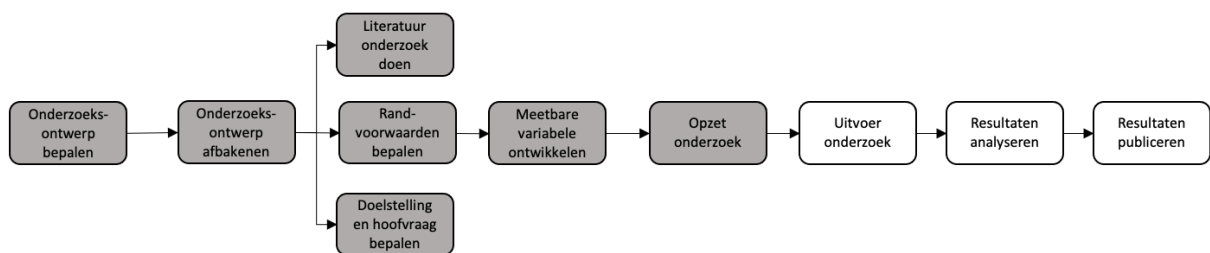
De wetenschappelijke relevantie van dit onderzoek is de unieke combinatie van toevoegen van kennis (Mendling et al., 2019), de bepalende lay-out factor Crossing Arcs (Purchase, 1997) en de standaard modelleringsmethodiek BPMN. Theoretisch is dit onderzoek relevant omdat het inzicht kan geven of kennis van de elementen van een modelleringsmethodiek invloed heeft op de begrijpbaarheid van een conceptueel procesmodel. Kan een respondent een conceptueel model begrijpen zonder dat het de

methodiek kent? Daarnaast is het relevant om te weten of een BPMN-procesmodel per definitie een goede lay-out dient te hebben om deze te kunnen begrijpen.

Dit onderzoek is praktisch relevant omdat op wetenschappelijke wijze de resultaten van het onderzoek gebruikt kunnen worden in het onderwijs bij de ontwikkeling of aanpassing van (TBK)modules over procesmanagement. In hoeverre dient eerst een methodiek aangeleerd te worden om het begripsniveau van bedrijfsprocessen te vergroten? Daarnaast kan inzicht gegeven worden of organisaties die hun bedrijfsprocessen modelleren, voor diverse doeleinden, de lezers of gebruikers van deze bedrijfsprocessen kennis van de methodiek moeten hebben om de bedrijfsprocessen te begrijpen.

## 1.6 Aanpak in hoofdlijnen

Onderstaand figuur 1.2 geeft de opzet van het onderzoek weer waarbij het eerste, grijs gearceerde deel, de voorbereiding van het onderzoek weergeeft. Het tweede deel is de uitvoer van het onderzoek.



*Figuur 1.2 Opzet onderzoek*

In hoofdstuk 1 wordt het onderzoeksontwerp bepaald en afgebakend en het probleem geformuleerd. In het tweede hoofdstuk worden de theoretische vragen beantwoord. Hoofdstuk 3 beschrijft de onderzoeksmethodiek, waarna in hoofdstuk 4 de resultaten worden beschreven en in hoofdstuk 5 de discussie, conclusie en aanbevelingen worden besproken.

## 2. Theoretisch kader

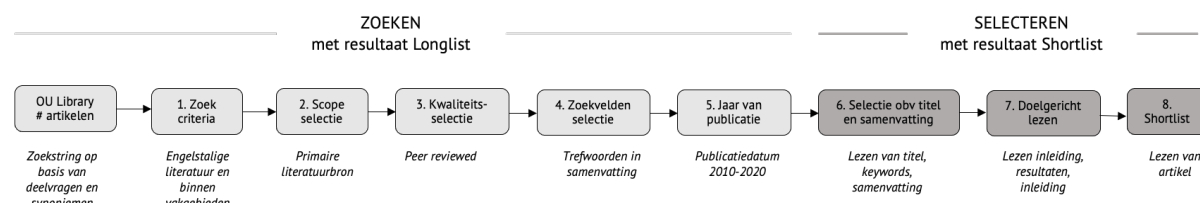
In hoofdstuk één is met behulp van literatuur een keuze gemaakt voor het onderwerp, de probleemstelling, de doelstelling en zijn de deelvragen geformuleerd. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het onderwerp en de probleemstelling in relatie met bestaande literatuur en wordt gezocht naar primaire literatuurbronnen, waarbij het doel is om een breed begrip te creëren en het formuleren van een tweetal hypotheses.

### 2.1 Aanpak onderzoek

Het proces van literatuuronderzoek binnen een wetenschappelijk onderzoek, is een iteratief proces waarbij literatuur een rol speelt in alle fasen van het onderzoek (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2019). Voor het vinden van de juiste literatuur om de (theoretische) deelvragen te kunnen beantwoorden wordt een zoek- en een selectieproces gevolgd.

#### Zoekproces literatuuronderzoek

Uit de deelvragen zijn trefwoorden bepaald die de basis vormen van het literatuuronderzoek. Het zoekproces naar relevante literatuur wordt uitgevoerd per deelvraag en met behulp van de methodiek *Building Blocks* en de *Snowball* methode, waarbij voor het eerste gebruik gemaakt wordt van synoniemen en bij de tweede van geciteerde werken. In tabel A1 in Bijlage A zijn per geformuleerde deelvraag trefwoorden weergegeven met de Engelse vertaling, Engelse synoniemen en de zoekstring. In figuur 2.1 een overzicht van de zoek- en selectieprocedure.



Figuur 2.1 Zoek- en selectieproces

De zoekmachine waarin wordt gezocht is de onlinebibliotheek van de OU. Uitgangspunt bij het zoeken naar relevante literatuur is *Engelstalige* literatuur. De zoekstring en de vakgebieden *Business*, *Computer Science* en *Library & Information Science* vallen bij de eerste selectie binnen scope omdat procesmodellering vaak een onderdeel van (het beschrijven van) een organisatie is en ondersteund wordt door Informatie- en Computer Technologie. De overige vakgebieden worden niet meegenomen in de scope selectie omdat de verwachting is in deze vakgebieden minder informatie te vinden om de deelvragen te kunnen beantwoorden. Bij meer dan 25 bronnen wordt het zoekproces voortgezet met de zoekparameter 'materiaalkeuze', waarmee een selectie wordt gemaakt in de soort materiaal binnen primaire literatuurbronnen, waarbij de scope ligt op *tijdschriftartikelen*, *congresverslagen*, *academische rapporten en onderzoeksverslagen* en *artikelen in vakbladen*. Bij andersoortige literatuur wordt onderzocht of dit geschreven is met onderbouwing van betrouwbare bronnen.

Als derde zoekcriterium wordt een kwaliteitscriterium bepaald, waarbij de focus ligt op peer-reviewed literatuurbronnen. Vervolgens worden zoekparameters ingesteld in de zoekvelden, hier is de keuze gemaakt dat de trefwoorden moet voorkomen in de samenvatting.

Het jaar van publicatie is in eerste instantie van ondergeschikt belang, 'oudere literatuur' wordt door middel van de *Snowball methode* onderzocht op citaties per jaar waardoor oudere literatuur op relevantie getoetst kan worden en recentere literatuur beschikbaar komt. Bij een resultaat van meer dan 25 artikelen uit voorgaande zoekparameters, wordt wel een selectie gemaakt op basis van tijdsperiode. De gekozen tijdsperiode is tussen 2010-2020 omdat uit de literatuurstudie voor deelvraag 1 en deelvraag 2 is gebleken dat voor het beantwoorden van deze deelvragen de tijdsperiode voldoende artikelen oplevert. Het resultaat van bovenstaande zoekparameters, zonder de inhoud te bestuderen, is een longlist, waarna met

behulp van drie vooraf bepaalde selectiecriteria, zoals inzichtelijk gemaakt in figuur 2.1 de inhoud van de artikelen wordt bekeken, dat resulteert in een shortlist.

### **Selectieproces literatuuronderzoek**

Het eerste selectie criterium is het lezen van de titel en samenvatting. In de samenvatting wordt door de schrijver een korte beschrijving van het onderwerp, het onderzoek en de belangrijkste resultaten gegeven. Door het lezen van de titel en de samenvatting kan een inschatting gemaakt worden of het artikel voldoende aanknopingspunten heeft om de deelvraag te kunnen beantwoorden. Gelet wordt of begrippen van de deelvragen voorkomen in de samenvatting en de doeleinden in context zijn met de uitgangspunten van het onderzoek en de deelvragen, bijvoorbeeld gericht is op ontwikkelen van software of als communicatie voor de business. Vervolgens worden de inleiding, de resultaten en de conclusie van de overgebleven artikelen gelezen. De artikelen op de shortlist worden in zijn geheel gelezen.

Tijdens het lezen van de shortlist artikelen, worden bij passages die aansluiten op de deelvragen de *Snowball methode* toegepast en worden de betreffende bronnen opgezocht in de OU-bibliotheek. Zoekopdrachten worden ter validatie gescand in Google Scholar, waarbij getoetst wordt of dezelfde literatuur gevonden wordt. Daarnaast zijn door de supervisor, bij de oriëntatie van het onderzoeksontwerp, een aantal literatuurbronnen aangeraden, deze worden meegenomen in het literatuuronderzoek, bij stap 7 uit figuur 2.1, doelgericht gelezen en bij relevantie toegevoegd aan de shortlist.

## **2.2 Uitvoering literatuuronderzoek**

Tijdens het zoekproces is een keuze gemaakt om op maximaal 25 bronnen op de Longlist uit te komen per deelvraag. Het lezen van de titel en samenvatting is voor 25 bronnen per deelvraag behapbaar in de gegeven tijd voor het schrijven van de VAF. Met deze 25 bronnen is tijdens het selectieproces een eindselectie gemaakt waarmee de deelvragen beantwoord worden. Bij deelvraag 3 is een keuze gemaakt voor een longlist van 36 artikelen. In Bijlage B is per deelvraag weergegeven wat de zoek- en selectiecriteria zijn geweest en het aantal bronnen dat daarmee is gevonden. In bijlage C is per deelvraag de longlist weergegeven met daarbij beschreven de criteria om tot de shortlist te komen. In tabel D1 in bijlage D wordt de shortlist uit het literatuuronderzoek weergegeven.

## **2.3 Resultaten en conclusies**

In deze paragraaf worden de theoretische deelvragen met behulp van literatuuronderzoek uitgewerkt en beantwoord. Iedere deelvraag eindigt met een conclusie waar een beschrijving van het antwoord wordt gegeven.

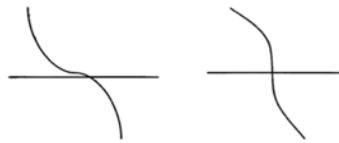
### **Deelvraag 1**

#### **Wat zijn Crossing Arcs in BPMN-procesmodellering en wat is de invloed op de begrijpbaarheid?**

Een bedrijfsproces is een verzameling procedures of activiteiten op een opeenvolgende manier gepresenteerd met als doel een bedrijfsdoelstelling te behalen. De procedures of activiteiten worden met elkaar verbonden door lijnen of pijlen, waarbij de pijl de richting van de procesflow aangeeft. Bedrijfsprocessen kunnen met verschillende methodieken of standaarden visueel weergegeven worden. Voorbeelden van methodieken zijn Petrinet, UML Activity Diagrams en BPMN. BPMN is ontwikkeld als standaard voor het ontwerpen van processen tot en met het gebruik voor implementatie van (bedrijfs)processen.

Bedrijfsprocessen in zijn algemeenheid en de BPMN-notatie specifiek, gebruiken verschillende visuele kenmerken. Voorbeelden van BPMN-elementen zijn *Events*, *Activities*, *Gateways* en *Dataobjects*. De elementen worden met elkaar verbonden door lijnen en pijlen, die tot gevolg hebben dat *Crossing Arcs* kunnen ontstaan. In het onderzoek van Bernstein and Soffer (2015) is Edge (Arcs en Edges hebben dezelfde betekenis in procesmodellering) gedefinieerd als een gerichte lijn die twee knooppunten in het procesmodel met elkaar verbindt. *Crossing Edge* zijn twee lijnen die knooppunten met elkaar verbinden en die elkaar kruisen in het model.

Kruisende lijnen kunnen op verschillende manieren en in verschillende aantallen in procesmodellen voorkomen. De kruisingshoek heeft invloed op de begrijpbaarheid van grafieken. Een voorbeeld van verschillende kruisingshoeken wordt weergegeven in figuur 2.2 (Ware, Purchase, Colpoys, & McGill, 2002).



Figuur 2.2 Voorbeelden verschillende kruispunten

Naast de kruisingshoek heeft ook het aantal Crossing Arcs invloed op de begrijpbaarheid, hoe meer Crossing Arcs hoe minder goed een procesmodel te begrijpen is. In figuur 2.3 worden drie abstracte grafieken weergegeven met een verschillend aantal Crossings, respectievelijk 51, 12 en 4. In de eerste twee grafieken is rekening gehouden met esthetische criteria als het aantal en lengte van Edge bends en de grootte van het tekengebied. De voorkeur gaat uit naar de derde grafiek omdat daar het minst aantal Crossings voorkomen (Buchheim, Chimani, Gutwenger, Jünger, & Mutzel, 2013).



Figuur 2.3 Voorbeeld model met verschillend aantal Crossings (Buchheim et al., 2013)

### **Conclusie**

*Crossing Arcs zijn kruisende lijnen tussen processen, activiteiten, events en gateways binnen de standaard procesmodelleringsmethodiek BPMN. Het aantal en de hoek van Crossing Arcs hebben invloed op de begrijpbaarheid van bedrijfsprocessenmodelleringen.*

### **Deelvraag 2**

#### **Wat wordt onder begrijpbaarheid van bedrijfsprocesmodellen verstaan?**

Bedrijfsprocessenmodellen worden gevisualiseerd in de vorm van een grafisch figuur waarbij activiteiten opeenvolgend worden weergegeven. Door bedrijfsprocessen schematisch weer te geven helpt het belanghebbenden de processen te begrijpen, te analyseren en te verbeteren (Jošt, Huber, Heričko, & Polančič, 2016).

In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat begrijpbaarheid van procesmodellen het gemeenschappelijk begrip is tussen de zender van een grafische weergave en de ontvanger, dus in hoeverre de ontvanger de boodschap van de zender begrijpt. In de literatuur worden verschillende invalshoeken gehanteerd om begrijpbaarheid te beschrijven. In het onderzoek van Jošt et al. (2019) wordt begrijpbaarheid van procesmodellen beschreven als het gemak waarmee de ontvanger het procesmodel begrijpt, waarmee een verschil wordt gemaakt tussen de mate van begrijpen van verschillende zenders.

Hajo A Reijers and Mendling (2010) hanteren twee invalshoeken die begrijpbaarheid definiëren. Als eerste persoonlijke factoren van de respondent en daarnaast cognitieve factoren die verband houden met het model zelf. Voorbeelden van cognitieve factoren zijn de Abstraction Gradient (hoe complexer het model, hoe moeilijker om verbanden te identificeren), Hard Mental Operation (de moeilijkheidsgraad neemt toe naarmate meer elementen worden toegevoegd aan een procesmodel), Hidden Dependencies (onzichtbare afhankelijkheden tussen bijvoorbeeld split en join connectoren) en Secondary Notation (toegevoegde informatie dat geen deel uitmaakt van de lay-out). Persoonlijke factoren kan het niveau van expertise zijn, dus hoe meer training hoe groter de professionele expertise, of de voorkeur van een respondent voor het

ontvangen van informatie, bijvoorbeeld de voorkeur voor beeldinformatie, voor verbale informatie of tekstuele informatie. Er is bewijs gevonden in het onderzoek van Hajo A Reijers and Mendling (2010) dat meer theoretische kennis of praktische ervaringen van invloed zijn op de begrijpbaarheid van procesmodellen.

In het onderzoek van Ottensooser, Fekete, Reijers, Mendling, and Menictas (2012) wordt begrijpbaarheid van BPMN-modellen verdeeld in twee onderdelen; het begrijpen van de verschillende BPMN-elementen en 'domeinbegrip', wat inhoudt of de respondent in staat is met kennis van de elementen probleemoplossende vragen te beantwoorden, waarbij aanvullende cognitieve kennis nodig is.

### **Conclusie**

*Begrijpbaarheid van bedrijfsprocesmodellen omschrijft de mate waarin de boodschap van de zender overeenkomt met het begrip van de ontvanger. Begrijpbaarheid is afhankelijk van persoonlijke en cognitieve factoren en daarnaast van inhoudelijke kennis van BPMN-modellen, eigenschappen van een procesmodel en de mate waarin een respondent in staat is probleemoplossende vragen te beantwoorden.*

### **Deelvraag 3**

#### **Op welke manier wordt begrijpbaarheid van procesmodellen gemeten?**

Het onderzoek van Oktay Turetken et al. (2016) beschrijft drie factoren die begrijpbaarheid van procesmodellen kunnen meten en waarmee onderscheid gemaakt kan worden tussen de begrijpbaarheid van ontvangers. Ten eerste de snelheid waarmee de ontvanger een taak kan oplossen. Ten tweede het aantal juiste antwoorden dat de ontvanger geeft op begrijpbaarheidsvragen, gedeeld door het aantal vragen, de effectiviteit. Als laatste de verhouding tussen het aantal goede antwoorden en de tijd die daarvoor nodig is geweest, hiermee wordt de efficiëntie van de begrijpbaarheid gemeten.

Metten van begrijpbaarheid kan tevens door te meten of respondenten elementen van een procesmodelleringsmethode herkennen of het meten van cognitieve kennis over een bedrijfsmodel (Gemino & Wand, 2004). Haisjackl, Soffer, Lim, and Weber (2018) meten begrijpbaarheid door een procesmodel te manipuleren met kwaliteitsfouten en daarover vragen te stellen en fouten te classificeren. In het onderzoek van Front, Rieu, Santorum, and Movahedian (2017) wordt respondenten een methodiek aangeleerd waarna vragen gesteld wordt over de methodiek. Met open vragen wordt de respondent gevraagd of hij/zij het proces beter begrijpt door het gebruik van de methodiek.

Een andere manier om begrijpbaarheid van procesmodellen te meten is te onderzoeken of er verschil in begrijpbaarheid is bij verschillende weergaven van procesmodellen. Een experiment waarbij verschil wordt gemaakt tussen een grafische notatie en tekstuele notatie van een proces kan onderzocht worden bij welke weergave de hoogste begrijpbaarheid resulteert. Het meten kan gedaan worden door groepen respondenten een grafische weergave of een tekstuele weergave voor te leggen en achteraf identieke (multiple choice) vragen te stellen over het proces alsmede een voorkeuronderzoek en een demografisch onderzoek (Ottensooser et al., 2012).

### **Conclusie**

*Begrijpbaarheid bij procesmodellen kan gemeten worden door voor, tijdens en na het lezen van procesmodellen vragen te stellen aan de respondent. De vragen kunnen open vragen zijn, meerkeuzevragen of stellingen waarop gereageerd kan worden. Onderscheid tussen respondenten wordt gemaakt door de effectiviteit (het aantal juiste antwoorden) en de efficiency (de coëfficiënt van het aantal juiste antwoorden en de tijd waarbinnen deze juiste antwoorden zijn gegeven) te meten en te vergelijken.*

### **Deelvraag 4**

#### **Hoe wordt voorkennis van BPMN-modellen gemeten en welke indeling van kennisniveaus bestaan er?**

Persoonlijke factoren van respondenten zijn onder andere voorkennis dat een respondent heeft van modelleringstechnieken of van procesmodellen in zijn algemeenheid. Om een inschatting te maken welke persoonlijke factoren een rol spelen bij de uitvoer van het experiment, dient aan het begin van het



experiment voorkennis gemeten te worden, dat op een aantal manieren uitgevoerd kan worden. In het onderzoek van Leite, Santoro, Cappelli, Batista, and Santos (2016) beantwoorden deelnemers van een experiment vragen om een beeld te krijgen van de deelnemer en informatie te verzamelen over professionele expertise en vaardigheden in procesmodellering.

Voorkennis kan gemeten worden op basis van begrip van BPMN-elementen of op domeinbegrip. In beide gevallen kan voor de start van het experiment een vragenlijst voorgelegd worden aan de respondent met objectieve vragen over de BPMN-basisconstructen en (eenvoudige) begripsvragen over bedrijfsmodellen in de BPMN-modelleringstechniek. Tevens kunnen subjectieve vragen gemeten worden door een zelfrapportage van gelezen of gemaakte modellen.

In het onderzoek van Türetken, Dikici, Vanderfeesten, Rompen, and Demirors (2020) zijn twaalf vragen ontwikkeld om voorkennis van BPMN-procesmodellen te meten. Respondenten beantwoorden de vragen met 'waar', 'onwaar' of 'weet ik niet'. Aan de hand van deze twaalf vragen wordt een 6-groeps indeling gemaakt van het kennisniveau, waarbij 0, 1 of 2 goede antwoorden kennisniveau 1 heeft en 11 of 12 juiste antwoorden kennisniveau 6 heeft. In ditzelfde onderzoek beantwoorden respondenten vragen over procesmodellen. Voor meer detailinformatie kan voorkennis ook gemeten worden door meerkeuzeantwoorden om detailinformatie te krijgen. In het onderzoek van Khatri, Vessey, Ramesh, Clay, and Park (2006) zijn 20 meerkeuze begripsvragen geformuleerd die ingaan op constructen en op domeinkennis.

### **Conclusie**

*Voorkennis wordt gemeten door bij de start van het experiment een vragenlijst voor te leggen waarin vragen worden gesteld over BPMN-constructen en vragen om domeinbegrip te onderzoeken. Aan de hand van het aantal goede antwoorden kan een indeling gemaakt worden wat het kennisniveau is van de respondent.*

## **2.4 Doel van het vervolgonderzoek**

Uit onderzoek blijkt dat het aantal Crossing Arcs een grote invloed heeft op de begrijpbaarheid van modellen in zijn algemeenheid (Purchase, 1997). BPMN-modellen zijn opgebouwd uit specifieke standaardelementen die niet allemaal voorkomen in de onderzoeken van Purchase (1997) wat begrijpbaarheid van BPMN-modellen moeilijker maakt. Het doel van dit onderzoek is te achterhalen welke invloed de lay-out factor Crossing Arcs heeft op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen waarbij kennis van BPMN-elementen en domeinbegrip van de BPMN-modelleringstechniek als mediërende factor wordt ingezet. Door een specifiek layout aspect te onderzoeken van een BPMN-model, de Crossing Arcs, wordt getoetst in hoeverre de Crossing Arcs invloed heeft op de begrijpbaarheid, daarnaast wordt onderzocht welke mediërend effect basiskennis van de BPMN-modelleringstechniek heeft op de begrijpbaarheid. Dit onderzoek vergroot de wetenschappelijke kennis van begrijpbaarheid en kan toegepast worden voor pragmatische doeleinden binnen organisaties. De hypothesen die voortvloeien uit het literatuuronderzoek:

- H1: Bij een BPMN-procesmodel met meer Crossing Arcs, scoren respondenten lager op begrijpbaarheid van het model
- H2: Voorkennis van BPMN-modelleringstechniek geeft bij een model met meer Crossing Arcs een hogere score op de begrijpbaarheid van een BPMN-procesmodel

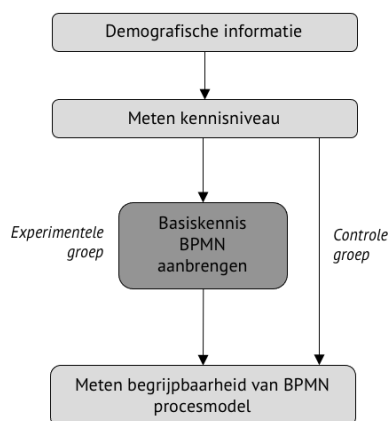
## 3. Methodologie

In hoofdstuk 2 is het theoretisch kader uiteengezet, in dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de onderzoeksmethodiek, het technisch ontwerp en de reflectie op de validiteit, betrouwbaarheid en ethische aspecten.

### 3.1 Conceptueel ontwerp

Kwalitatief onderzoek kenmerkt zich doordat naar een diepere betekenis wordt gezocht. Kwantitatief onderzoek wordt gebruikt om kwantitatieve data te verzamelen en daarmee een theorie te toetsen of te ontwikkelen. De kwantitatieve onderzoeksstrategie voor het beantwoorden van de praktische deelvragen is deductief van aard. Bij deductief onderzoek wordt een bestaande theorie getest, verder ontwikkeld en ondergaat een aantal stadia, beginnend bij het formuleren van een hypothese. De hypothesen zijn het resultaat van literatuuronderzoek naar bestaande theorieën in meetbare variabelen en worden getoetst waardoor de hypothese wordt aangenomen of verworpen (Saunders et al., 2019). In dit onderzoek wordt een causaal verband onderzocht tussen een onafhankelijke en een afhankelijke variabele en het effect van een mediërende variabele, daardoor zal het onderzoek deductief van aard zijn.

Doordat geen gebruik gemaakt wordt van randomisatie, is het onderzoek geen zuiver experiment, maar een quasi-experiment, waarbij per studiejaar klassen studenten verdeeld worden in een experimentele groep of een controlegroep. Alternatieve onderzoeksmethoden zijn een surveyonderzoek en een casestudy. Een surveyonderzoek is exploratief en beschrijvend van aard, de casestudy is een methodiek om een diepgaand inzicht te verkrijgen over een onderwerp. Beide methodieken voldoen niet om een hypothese te toetsen. In figuur 3.1 wordt het conceptueel model van het quasi-experiment weergegeven.



Figuur 3.1 Conceptueel ontwerp quasi-experiment

### 3.2 Technisch ontwerp

In het technisch ontwerp wordt beschreven met wie en hoe het quasi-experiment uitgevoerd wordt.

#### 3.2.1 Deelnemers

Deelnemers aan het quasi-experiment zijn Technische Bedrijfskunde (TBK) studenten aan de hogeschool Saxion in Enschede. De eerstejaarsstudenten volgen de module TEC2 (Proces engineering) in KW2 en de tweedejaars studenten volgen TEC5 (Procesmanagement) in KW1. In het huidige TBK-curriculum hebben eerstejaarsstudenten geen specifieke kennis opgedaan van procesmanagement, hierdoor mag vanuit gegaan worden dat de eerstejaarsstudenten een laag kennisniveau hebben van procesmethodieken, waardoor aanbrengen van kennis over BPMN zuiver getoetst kan worden. De tweedejaarsstudenten krijgen tijdens de TEC5 lessen kennis toegereikt over procesmanagement waardoor het kennisniveau hoger zal liggen dan van de eerstejaars. Er wordt rekening gehouden met het moment waarop het quasi-experiment

gehouden wordt zodat lesvormen over Business Process management niet voor het quasi-experiment plaatsvindt om bij studenten geen extra voorkennis aan te brengen. Studenten worden voorafgaand aan de les geïnformeerd en maken bij deelname kans op een tegoedbon. Met een Power analyse is de steekproefgrootte berekend, deze komt uit op 176, wat betekent dat voor de experimentele en de controlegroep de steekproefgrootte 88 moet zijn. In bijlage E is de berekening weer gegeven. De studenten worden per klas ingedeeld in de experimentele groep of de controlegroep. Welke klas in welke groep komt, wordt op basis van toeval bepaald om een voorkeur uit te sluiten. De vragenlijst voor het quasi-experiment, wordt met het softwareprogramma Limesurvey uitgevoerd.

### 3.2.2 Demografische informatie verzamelen

Iedere respondent krijgt bij de start van het experiment zeven demografische vragen voorgelegd met een aantal 5-punts Likert antwoordmogelijkheden. De 5-punts Likert schaal heeft hier de voorkeur over de 7-punts schaal omdat spreiding van de antwoorddata niet het primaire doel is. De functie van deze demografische vragen is om een beeld te krijgen van de vooropleiding van respondent, voorkeur voor het ontvangen van informatie en bekendheid met procesmodellering en BPMN. Deze laatste vragen zijn gebaseerd op het onderzoek van Haisjackl et al. (2018) en van Mendling et al. (2019). In bijlage F is de demografische vragenlijst geplaatst.

### 3.2.3 Meten kennisniveau

Uit literatuuronderzoek voor theoretische deelvraag 4 is onderzocht hoe kennisniveau gemeten kan worden. Leite et al. (2016) laten respondenten een formulier invullen waarmee een profielschets gemaakt wordt, daarnaast worden vragen gesteld om een beeld te krijgen van de professionele kennis en vaardigheid. In het onderzoek van Türetken et al. (2020) is een vragenlijst ontwikkeld om de voorkennis van BPMN te meten. Deze vragenlijst wordt voor dit onderzoek vertaald in het Nederlands om te voorkomen dat de taal invloed heeft op de resultaten van deze vragenlijst (O. Türetken, Dikici, Vanderfeesten, Rompen, & Demirors, 2020)(O. Türetken, Dikici, Vanderfeesten, Rompen, & Demirors, 2020)(O. Türetken et al., 2020). De vragenlijst bevat twaalf BPMN vragen waarop de respondent *waar, niet waar of Ik weet het niet* kan antwoorden. Op basis van de antwoorden wordt een respondent ingedeeld in zes kennisniveau groepen. De vragenlijst met de bijbehorende antwoorden is te vinden in bijlage G. De vragenlijst is getest bij een aantal studenten met beperkte kennis van BPMN en niet betrokken zijn bij het uiteindelijke quasi-experiment.

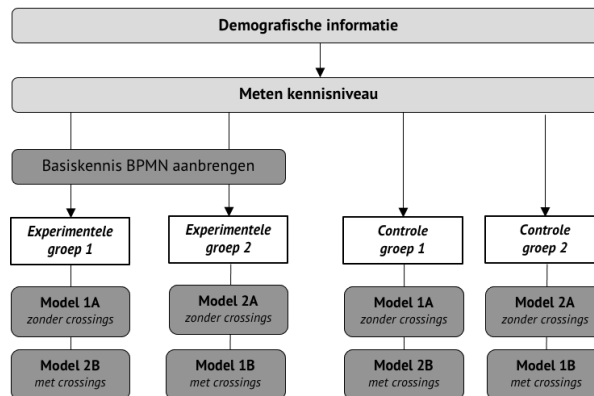
### 3.2.4 Meten begripbaarheid BPMN-procesmodel

Voor het meten van de begripbaarheid van een BPMN-procesmodel wordt een conceptueel BPMN-procesmodel gebruikt, waarbij de nadruk ligt op het gebruik van Crossing Arcs. In het onderzoek van Mendling et al. (2019) zijn vijf conceptuele BPMN-procesmodellen weergegeven met een goede en slechte lay-out, waarbij de slechte lay-out meer Crossing Arcs bevat dan de goede. Per model worden zes beweringen gegeven waar de respondent met *Waar, Onwaar of Ik weet het niet* op kan antwoorden. De verwachting is dat de conceptuele modellen uit het onderzoek van Mendling et al. (2019) te ingewikkeld zijn voor onervaren studenten daar deze modellen in de categorie *Moderately understandable* tot *Difficult to understand* vallen volgens het onderzoek van Sánchez-González, García, Mendling, and Ruiz (2010a). Omdat de respondenten weinig tot geen kennis hebben van BPMN-modellen, zijn twee conceptuele BPMN-procesmodellen ontwikkeld die in de categorie *Easy tot understand* en *Very easy to understand* vallen op basis van onderzoek van Sánchez-González, García, Mendling, and Ruiz (2010b). De twee modellen hebben ieder een variant zonder Crossing Arcs en een variant met Crossing Arcs. In tabel 3.1 een overzicht van de opbouw van de twee BPMN-procesmodellen:

Tabel 3.1 Opbouw procesmodellen voor het meten van begripbaarheid

	Model 1	BPMIMA	Model 2	BPMIMA
Activiteiten	14	<i>Easy to understand</i>	14	<i>Easy to understand</i>
Nodes (incl activiteiten)	26	<i>Very Easy to understand</i>	31	<i>Easy to understand</i>
Lijnen	30	<i>Easy to understand</i>	37	<i>Moderately understandable</i>
Kruisende lijnen	7		9	

De modellen met de Crossing Arcs hebben een hoek van 90° omdat deze het minst invloed hebben op de begrijpbaarheid (Ware et al., 2002). Om de begrijpbaarheid te meten worden acht beweringsvragen gesteld over twee conceptuele modellen, model 1 en model 2, zonder Crossing Arcs (A variant) en met Crossing Arcs (B variant). De acht vragen zijn volgens de methodiek van H. A. Reijers, Freytag, Mendling, and Eckleder (2011) opgesteld waarbij 4 typen vragen zijn gehanteerd: volgorde, gelijktijdigheid, herhaling en exclusiviteit. De vragen worden tevens negatief geformuleerd en random weergegeven aan de respondenten. De procesmodellen en de bijbehorende vragen staan in bijlage H. In figuur 3.2 wordt de volgorde van de procesmodellen per groep weergegeven. Studenten worden per klas op basis van randomisatie in de experimentele- of controlegroep geplaatst en individueel in groep 1 of 2 per onderzoeksgroep.



Figuur 3.2 Overzicht vragenlijsten en procesmodellen per onderzoeksgroep

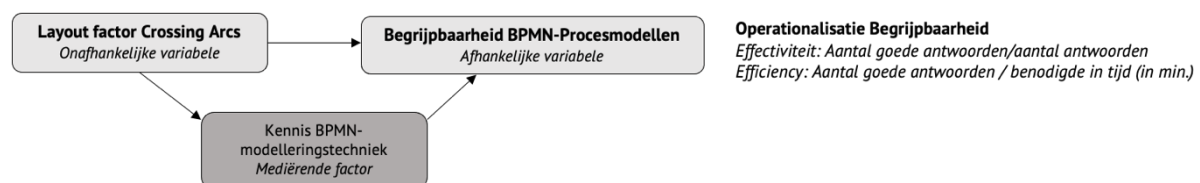
Per vraag wordt gemeten hoeveel tijd de respondent nodig heeft om deze vraag te beantwoorden. De taakeffectiviteit wordt gemeten door het aantal goede antwoorden te tellen. De taak efficiency wordt berekend door het aantal goede antwoorden te delen door de benodigde tijd per minuut.

### 3.2.5 Basiskennis BPMN aanbrengen

De experimentele groep krijgt voorkennis over BPMN aangereikt. Het aanbrengen van BPMN-kennis wordt in twee delen uitgevoerd. Er wordt een uitleg gegeven over BPMN-elementen, zoals beschreven in het artikel van Chinosi and Trombetta (2012), de selectie van de 15 meest gebruikte elementen is gebaseerd op het artikel van Muehlen and Recker (2008). Daarna wordt een eenvoudig proces beschreven en wordt deze als BPMN-model getoond, waarmee kennis ontwikkeld wordt over de modelleringstechniek en het modelleren van een proces. Om te voorkomen dat taal een belemmering is voor de begrijpbaarheid zijn de elementen, de procesbeschrijving en het BPMN-proces vertaald naar het Nederlands. In bijlage I een overzicht van de basiskennis BPMN.

## 3.3 Gegevensanalyse

Voor het analyseren van de resultaten wordt SPSSv25 gebruikt als analyse methodiek. De variabelen worden vooraf in een codebook beschreven en berekende variabelen worden toegevoegd in de dataset. Om te onderzoeken of het toebrengen van BPMN-kennis een mediërende factor is, wordt het gemiddelde, de mediaan en de spreiding van het kennisniveau en de effectiviteit en de efficiency vergeleken tussen de experimentele groep en de controlegroep. Voor het meten van de begrijpbaarheid wordt getoetst of de afwijking van effectiviteit en efficiency toevallig of significant is.



Figuur 3.3 Conceptueel model met operationalisatie

Met behulp van SPSS wordt geanalyseerd of de data normaal verdeeld is en wordt op basis daarvan een parametrische of non-parametrische toets uitgevoerd. Gebruik makend van de centrale limietstelling is het uitgangspunt dat als  $n$  gelijk of groter is dan 30 de dataset als normaal verdeeld mag worden beschouwd (James T. McClave, 2013, p. 285). In figuur 3.3 het conceptueel model met operationalisatie.

### 3.4 Reflectie op validiteit, betrouwbaarheid en ethische aspecten

Om te borgen dat de verzamelde data overeenkomt met het doel van het onderzoek wordt naar de validiteit en betrouwbaarheid van het onderzoek gereflecteerd. Daarnaast wordt stilgestaan bij ethische aspecten. Validiteit is de mate waarin de verzamelde data ook representatief is voor het onderzoek. Betrouwbaarheid geeft de consistentie van de opzet en uitvoer van het onderzoek aan.

#### Constructvaliditeit

De vragenlijst voor het meten van voorkennis is een gevalideerde vragenlijst uit een voorgaand peer-review onderzoek. Door het vertalen van deze vragenlijst naar het Nederlands is het geen volledige gevalideerde vragenlijst, maar weegt de begrijpbaarheid van de Nederlandse vraagstelling zwaarder dan een volledig gevalideerde lijst. De vragenlijst voor het meten van de begrijpbaarheid is qua moeilijkheidsgraad ontwikkeld op basis van theorie van Sánchez-González et al. (2010b). Hierbij is gekozen voor het niveau *Very Easy* en *Easy tot understand*. Daarnaast zijn de vragen ingedeeld naar 4 typen vragen volgens de methodiek van Hajo A Reijers and Mendling (2010). De vragenlijst is getest met studenten die niet deelnemen aan het experiment. De constructen om de begrijpbaarheid te meten, de effectiviteit en efficiency, zijn overgenomen uit peer-reviewed artikelen.

#### Externe validiteit

Externe validiteit geeft aan in hoeverre resultaten gegeneraliseerd kunnen worden. Het onderzoek wordt uitgevoerd in een theoretische context met TBK studenten. Salman, Misirli, and Juristo (2015) hebben onderzocht dat het aanleren van een nieuwe techniek geen verschil tussen studenten en professionals geeft. De selectie van studenten wordt gedaan op basis van leerjaar. Vooropleiding, voorkeur voor het krijgen van informatie en basiskennis van BPMN speelt geen rol. TBK studenten worden opgeleid tot bedrijfskundeprofessionals waardoor resultaten gegeneraliseerd kunnen worden naar deze laatste doelgroep.

#### Interne validiteit

Interne validiteit wordt vergroot door het beperken van systematische fouten en de juiste conclusies te trekken uit de gekozen onderzoeksmethodiek. Met behulp van literatuur is bij de probleemformulering een relatie gelegd tussen twee variabelen die gemeten worden. In de onderzoeksmethodiek is uitgelegd hoe deze relatie gemeten wordt en aan welke voorwaarden deze moeten voldoen om te toetsen of daadwerkelijk een relatie zit tussen de variabelen. De variabele 'begrijpbaarheid' is geoperationaliseerd door de effectiviteit en efficiency onafhankelijk per respondent te meten. Het analyseren van de data wordt met het statistiek programma SPSS uitgevoerd. Voor de start van het experiment is de steekproefgrootte berekend, de vragenlijst is bij een groter aantal studenten uitgezet dan de berekende steekproefgrootte.

Aandachtspunt bij de interne analyse is de uitvoer van het onderzoek. Door Covid-19 maatregelen volgen studenten online les, dit vraagt een andere didactiek dan bij fysieke lessen. De uitleg en uitvoer van het onderzoek zal via MS Teams georganiseerd worden waardoor minder interactie plaatsvindt tussen onderzoeker en studenten wat invloed kan hebben op de motivatie van studenten.

#### Betrouwbaarheid

De vragenlijst voor de respondenten wordt opgesteld in het Nederlands zodat de begrijpbaarheid van de vragen het grootst is. De vragenlijst wordt voor de start van het quasi-experiment getest. Het toebrengen van kennis over BPMN wordt schriftelijk gedaan zodat iedere respondent in de experimentele groep dezelfde informatie krijgt. Doordat de respondenten vanwege Corona maatregelen online les hebben heeft de onderzoeker geen invloed op de omgeving waarin de student het experiment uitvoert. Dit zou invloed

kunnen hebben op de betrouwbaarheid van de tijdsmetingen. Voorafgaand wordt geadviseerd om in een rustige kamer te gaan zitten met koptelefoon zonder achtergrondgeluid.

### Ethische aspecten

Ethische aspecten gaat over wat goed is en fout. Voor dit onderzoek geldt dat voor de start van het quasi-experiment duidelijk wordt uitgelegd aan de respondenten wat het experiment inhoudt en wat van ze verwacht wordt. Respondenten doen anoniem en vrijwillig mee en kunnen ten aller tijde stoppen. De resultaten worden eerlijk gepresenteerd waarbij geen valse voorstelling gegeven wordt van de resultaten. Op basis van de resultaten worden geen beslissingen genomen ten nadele van de respondenten.

## 4. Resultaten

In hoofdstuk 3 is de onderzoeksmethode en het technisch ontwerp uitgewerkt. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe systematisch tot een opgeschoonde dataset is gekomen welke gebruikt is voor het analyseren van de resultaten. Met beschrijvende statistiek wordt een overzicht gegeven van demografische resultaten. De hypothese wordt in paragraaf 4.3 getoetst. Voor analyserende achtergrondinformatie is detailanalyse uitgevoerd in paragraaf 4.4, waarna de praktische deelvragen worden beantwoord.

### 4.1 Data Cleansing

De deelnemers aan het quasi-experiment zijn voorafgaand aan de les geïnformeerd over het onderzoek waarbij alleen verteld is dat het onderzoek over begrijpbaarheid van procesmodellen gaat en de informatie over Crossing Arcs en de verdeling over een experimentele- en controlegroep is weggelaten.

Het quasi-experiment is per klas in week 44 uitgevoerd bij tweedejaars studenten en in week 47 per locatie (Deventer en Enschede) bij eerstejaars studenten. De vragenlijst in Limesurvey is ingevuld door 175 respondenten, met een verdeling over de experimentele groep (83 respondenten) en de controlegroep (92 studenten). De experimentele groep heeft kennis over BPMN gekregen en heeft vragenlijst 1 ingevuld. De controlegroep heeft geen kennis gekregen en heeft vragenlijst 2 ingevuld. Om de definitieve aantal respondenten te bepalen zijn een aantal cleansing stappen uitgevoerd:

- Niet volledig ingevulde vragenlijsten zijn uit de dataset gehaald. Respondenten konden op elk willekeurig moment stoppen met het beantwoorden van de vragen. Door de browser te sluiten was het niet mogelijk weer terug te keren naar de vragenlijst.
- Respondenten die vooraf getest hebben zijn uit de dataset gehaald omdat zij al kennis hebben opgedaan van het quasi-experiment.
- Een van de docenten heeft tegelijk met studenten de vragenlijst ingevuld. Om een zuivere doelgroep van studenten te hebben en het uitgangspunt is dat de respondenten weinig tot geen ervaring hebben met BPMN en procesmodellering, is deze respondent uit de definitieve dataset gehaald.
- Op basis van pre-testen is gebleken dat de vragenlijst minimaal 5 minuten duurt. Bij respondenten die korter dan 5 minuten over de vragenlijst hebben gedaan mag vanuit gegaan worden dat deze de vragenlijst niet serieus hebben ingevuld en de data niet betrouwbaar is
- Respondenten die langer dan 30 minuten over de vragenlijst hebben gedaan konden extra informatie verzamelen. Met behulp van een outlier-analyse zijn drie respondenten die langer dan 30 minuten over de vragenlijst hebben gedaan uit de dataset verwijderd.

Het voltooiingspercentage is 74.3% voor het totaal aantal respondenten met een onderverdeling van 68,7% voor de experimentele groep en 78.2% voor de controlegroep. In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de Data Cleansing:

Tabel 4.1 Resultaten data cleansing

	Experimentele Groep	Controlegroep	Totaal
Aantal respondenten	83	92	175
Aantal niet compleet ingevuld	16	11	27
Testdata (ingevuld voor 26 oktober 2020)	2	1	3
Respondent niet behorende bij de doelgroep	1		1
Aantal respondenten < 5 minuten over de vragenlijst hebben gedaan (o.b.v. testen vooraf)	5	7	12
Aantal respondent > 30 minuten over de vragenlijst hebben gedaan (o.b.v. outliers analyse waarbij extremen gedetecteerd zijn)	2	1	3
<b>Totaal na Data Cleansing</b>	<b>57</b>	<b>72</b>	<b>129</b>
	44.2%	55.8%	100%

De overgebleven 129 ingevulde vragenlijsten vormen de basis voor de analyse in de volgende paragrafen beschreven.

## 4.2 Beschrijvende statistiek

In deze paragraaf worden de resultaten van de demografische vragen beschreven. In de tabellen wordt de variabele weergegeven en het aantal respondenten met het (cumulatieve) percentage.

Dit onderzoek is uitgevoerd bij eerste- en tweedejaars studenten. Het resultaat zijn 68 eerstejaars studenten en 59 tweedejaars studenten, dat is respectievelijk 52,7% en 45,7%. Twee respondenten (1,6%) hebben 'overig' ingevuld waarvan 1 respondent officieel in het tweede leerjaar zit, maar vakken volgt van het eerste jaar. Een tweede respondent zit voor de derde keer in het eerste jaar vanwege overstap van een andere opleiding. Tabel 4.2 geeft een overzicht welke vooropleiding de student heeft gevolgd.

Tabel 4.2 Vooropleiding respondenten

	N	Percentage	Cumulatieve Percentage
HAVO	78	60.5	60.5
MBO	35	27.1	87.6
VWO	11	8.5	96.1
HBO Bachelor	2	1.6	97.7
Overige	3	2.3	100
<b>Totaal</b>	<b>129</b>	<b>100.0</b>	

De drie respondenten die 'Overig' hebben ingevuld zijn respondenten die eerst HAVO en daarna MBO hebben gevolgd (2 respondenten) en een respondent die VWO heeft afgerond en daarna een half jaar een WO-opleiding heeft gevolgd. Om te bepalen wat de bekendheid met BPMN is en de eigen inschatting van het ervaringsniveau zijn twee vragen gesteld: *In hoeverre ben je bekend met BPMN?* En *Hoe schat je je eigen ervaringsniveau in van het begrijpen van BPMN?* In tabel 4.3 zijn de resultaten op deze twee vragen samengevoegd.

Tabel 4.3 Bekendheid met en ervaringslevel van BPMN

<b>Bekendheid met BPMN</b>	<b>N</b>	<b>Percentage</b>	<b>Cumulatieve Percentage</b>	
Geen idee wat BPMN is	88	68.2	68.2	
Ik heb er ooit van gehoord	30	23.3	91.5	
Ik heb wel eens een BPMN-procesmodel gezien	9	7.0	98.5	
Ik heb wel eens een BPMN-procesmodel gemaakt	2	1.6	100.0	
<b>Totaal</b>	<b>129</b>	<b>100.0</b>		

<b>Bekendheid met BPMN<sup>1</sup></b>	<b>N eerstejaars</b>	<b>Percentage</b>	<b>N tweedejaars</b>	<b>Percentage</b>
Geen idee wat BPMN is	53	77.9%	35	59.3%
Ik heb er ooit van gehoord	14	20.6%	14	23.7%
Ik heb wel eens een BPMN-procesmodel gezien	1	1.5%	8	13.6%
Ik heb wel eens een BPMN-procesmodel gemaakt	0	0%	2	3.4%
<b>Totaal</b>	<b>68</b>	<b>100%</b>	<b>59</b>	<b>100%</b>

<b>Inschatting ervaringslevel BPMN</b>	<b>N</b>	<b>Percentage</b>	<b>Cumulatieve Percentage</b>	
Zeer onervaren	62	48.1	48.1	
Onervaren	45	34.9	83.0	
Neutraal	20	15.5	98.5	
Ervaren	2	1.6	100.0	
<b>Totaal</b>	<b>129</b>	<b>100.0</b>		

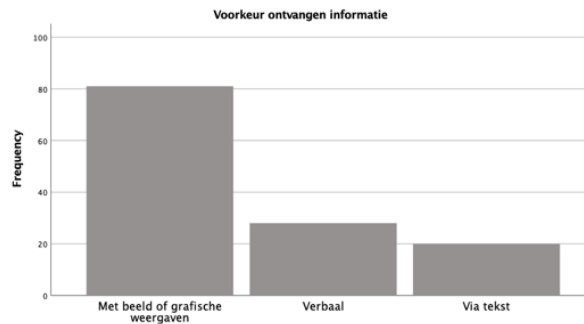
  

<b>Inschatting ervaringslevel BPMN<sup>1</sup></b>	<b>N eerstejaars</b>	<b>Percentage</b>	<b>N tweedejaars</b>	<b>Percentage</b>
Zeer onervaren	40	58.8%	22	37.3%
Onervaren	21	30.9%	22	37.3%
Neutraal	5	7.4%	15	25.4%
Ervaren	2	2.9%	0	0%
<b>Totaal</b>	<b>68</b>	<b>100.0</b>	<b>59</b>	<b>100%</b>

<sup>1</sup> In deze tabel zijn twee respondenten die 'overig' hebben ingevuld op de vraag 'Hoeveelste jaar student ben je?' niet meegenomen in de analyse.



Om een beeld te krijgen welke voorkeur de respondent heeft voor het ontvangen van informatie is de vraag gesteld 'Op welke manier ontvang je het liefst informatie?' In onderstaande figuur is het resultaat hiervan weergegeven. Uit de figuur blijkt dat 81 respondenten (dat is 62,8%) een voorkeur heeft voor beeld of grafische weergave. Voorkeur voor verbale informatie of via tekst wordt respectievelijk door 28 (21,7%) en 20 (15,5%) respondenten genoemd.



Figuur 4.1 Voorkeur voor het ontvangen van informatie

Om vooraf het kennisniveau te bepalen zijn twaalf BPMN-kennisvragen gesteld waarop de respondent *Waar, Niet waar of Ik weet het niet* kan antwoorden. Voor ieder goed antwoord wordt een punt gerekend. Het aantal goed beantwoorde vragen zit tussen de nul en acht vragen, het gemiddeld aantal goede antwoorden dat door respondenten is gegeven is 2.2. Op basis van het aantal goede antwoorden wordt een respondent ingedeeld in zes kennisniveaugroepen. In tabel 4.4 zijn de kennisniveaus verdeeld over totaal aantal respondenten en over de experimentele en controlegroep.

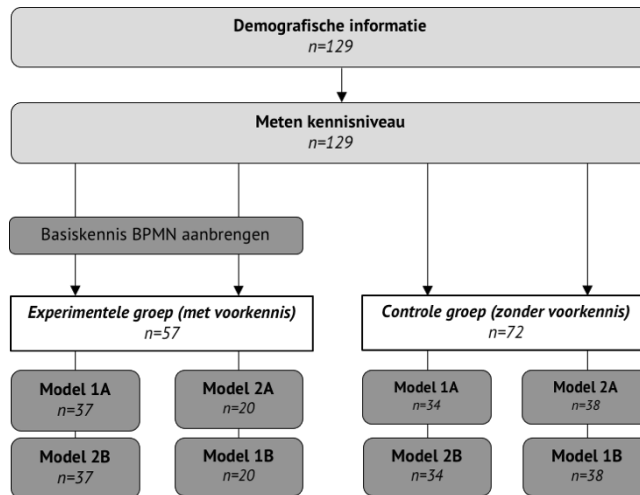
Tabel 4.4 Kennisniveau totaal en per experimentele- en controlegroep

Soort vragenlijst	Niveau	# vragen goed	Frequentie	Percentage
Totaal	1	0, 1 of 2	80	62%
	2	3 of 4	30	23.3%
	3	5 of 6	16	12.4%
	4	7 of 8	3	2.3%
			<b>129</b>	<b>100%</b>
Experimentele Groep (met voorkennis)	1	0, 1 of 2	36	63.2%
	2	3 of 4	15	26.3%
	3	5 of 6	6	10.5%
			<b>57</b>	<b>100%</b>
Controle Groep (zonder voorkennis)	1	0, 1 of 2	44	61.1%
	2	3 of 4	15	20.8%
	3	5 of 6	10	13.9%
	4	7 of 8	3	4.2%
			<b>72</b>	<b>100%</b>

### 4.3 Toetsen hypotheses

In paragraaf 2.4 zijn twee hypotheses geformuleerd. Voor het toetsen van de hypotheses wordt begripbaarheid gemeten met de variabelen effectiviteit en efficiency, de effectiviteit is het aantal goede antwoorden gedeeld door het totale aantal vragen. Hoe hoger de score hoe beter de begripbaarheid, waarbij de score tussen 0 en 1 zit. Efficiency wordt gedefinieerd als de coëfficiënt van het aantal goede antwoorden en de tijd per minuut dat nodig is geweest om de vragen te beantwoorden, hier geldt tevens hoe hoger de score hoe beter de begripbaarheid. Bij het toetsen van de hypotheses wordt een onderverdeling gemaakt tussen de twee procesmodellen. Het significantieniveau voor het analyseren van alle data is  $p = 0.05$ , dit is de meest gehanteerde regel van significantie.

In figuur 4.2 worden het aantal respondenten per onderzoeksgroep weergegeven.



Figuur 4.2 Aantal respondenten per onderzoeksgroep

De acht onderzoeksgroepen waarmee de hypothesen worden getoetst hebben op één groep na allen  $n > 30$ . Hierdoor mag gebruik gemaakt worden van de centrale limietstelling en de dataset als normaal verdeeld beschouwd worden (James T. McClave, 2013). De experimentele onderzoeksgroep, die vragen over model 2A en 1B heeft ingevuld heeft  $n = 20$ . Hiervoor is de Kolmogorov-Smirnov toets uitgevoerd. De normal Q-Q plot geeft aan dat de datapunten van model 2A en 1B rondom de  $y = x$  lijn, wat aangeeft dat de dataset als normaal verdeeld beschouwd mag worden.

### 4.3.1 Toetsing hypothese 1

Definitie van hypothese 1:

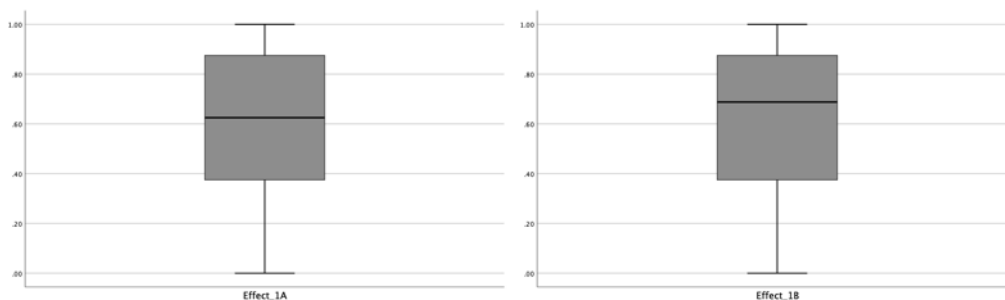
*H0: Bij een BPMN-procesmodel met meer Crossing Arcs, scoren respondenten gelijk of hoger op begrijpbaarheid van het model*

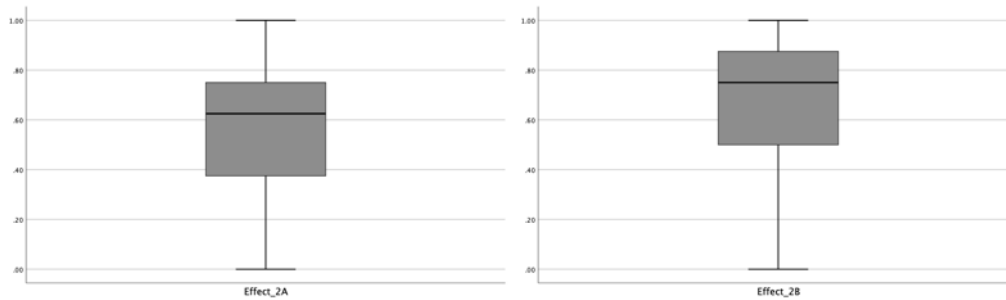
*H1: Bij een BPMN-procesmodel met meer Crossing Arcs, scoren respondenten lager op begrijpbaarheid van het model*

Het toetsen van hypothese 1 wordt uitgevoerd door per procesmodel de gemiddelde effectiviteit en de gemiddelde efficiency te vergelijken tussen het model zonder Crossing Arcs (A variant) en het model met Crossing Arcs (B variant) van het hetzelfde BPMN-procesmodel. Dit wordt uitgevoerd voor zowel procesmodel 1 en 2. Model 1A wordt vergeleken met 1B en model 2A met model 2B. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de experimentele groep en de controlegroep. De alternatieve hypothese wordt eenzijdig getoetst met de Independent Sample T-test in SPSS.

#### Taak effectiviteit Hypothese 1

Voor het toetsen van de hypothese zijn voor alle modelgroepen de effectiviteit in een boxplot weergegeven, hierdoor wordt de mediaan en de spreiding zichtbaar, zie figuur 4.3. Uit figuur 4.3 blijkt dat de mediaan bij de varianten met Crossing Arcs (B variant) hoger ligt dan bij de variant zonder Crossing Arcs (de A variant). De spreiding is bij alle modellen gelijk.





Figuur 4.3 Boxplots effectiviteit per procesmodel

Tabel 4.5 Overzicht gemiddelde effectiviteit per procesmodel

	Modelgroep	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Effectiviteit model 1	Model 1A	71	0.5827	0.32317	0.03835
	Model 1B	58	0.5862	0.30004	0.03940
Effectiviteit model 2	Model 2A	58	0.5237	0.26434	0.03471
	Model 2B	71	0.6162	0.28918	0.03432

In bovenstaande tabel 4.5 zijn de gemiddelde effectiviteitwaarden per modelgroep beschreven. Uit de tabel blijkt dat respondenten bij alle modelgroepen boven gemiddeld hebben gescoord, dat wil zeggen dat gemiddeld meer dan de helft van de vragen goed is beantwoord. Om te toetsen of er een significant verschil is tussen de gemiddelde score van effectiviteit van model 1 en model 2 en variant zonder Crossing Arcs (A) en variant met Crossing Arcs (B), wordt de Independent Sample T-test toegepast, eenzijdig getoetst. In bijlage J staat de SPSS-output van deze toets.

Voor model 1 en 2 geldt dat voor beide modellen gelijkheid is in varianties wat blijkt uit de Levene's test (waarden zijn respectievelijk  $p=0.564$  en  $p=0.321$ , beide groter dan 0.05). De significantie waarde van model 1 op effectiviteit geeft  $p = 0.475$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ , dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat model 1A, zonder Crossing Arcs, beter scoort op effectiviteit dan model 1B, het model met Crossing Arcs. Voor model 2 geldt dat de significantie  $p = 0.0315$ , waardoor  $p < \alpha(0.05)$ . Hiervoor geldt dat voldoende bewijs is dat model 2B beter scoort op effectiviteit dan model 2A, dit wil zeggen dat model 2B makkelijker te begrijpen is dan model 2A, bij een betrouwbaarheidsfactor van 0.05.

Voor meer detailinformatie is een vergelijk gemaakt van de vragen per model tussen de scores van de variant zonder Crossing Arcs (A) en de variant met Crossing Arcs (B). Voor een zuiver vergelijk is het aantal goed beantwoorde vragen gedeeld door het aantal respondenten, dit resulteert in een percentage. Het percentage van de varianten A en B zijn met elkaar vergeleken in tabel 4.6.

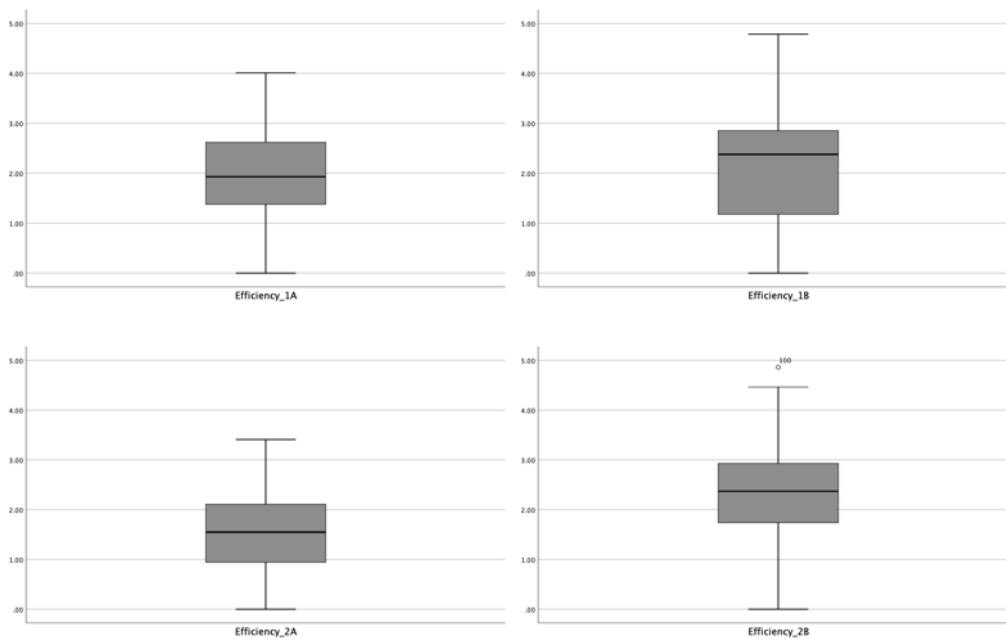
Tabel 4.6 Vergelijk percentage goede antwoorden tussen de variant zonder en met Crossings per procesmodel

Model 1A	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5	Vraag 6	Vraag 7	Vraag 8
# Goed	48	50	40	40	38	43	50	45
% Goed	68%	70%	56%	56%	54%	61%	70%	63%
Model 1B	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5	Vraag 6	Vraag 7	Vraag 8
# Goed	45	43	6	31	32	38	37	40
% Goed	78%	74%	10%	53%	55%	66%	64%	69%
% Verschil A en B	-10%	-4%	46%	3%	-2%	-5%	7%	-6%
Model 2A	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5	Vraag 6	Vraag 7	Vraag 8
# Goed	29	35	23	23	46	24	35	28
% Goed	50%	60%	40%	40%	79%	41%	60%	48%
Model 2B	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5	Vraag 6	Vraag 7	Vraag 8
# Goed	46	47	39	41	52	26	51	48
% Goed	65%	66%	55%	58%	73%	37%	72%	68%
% Verschil A en B	-15%	-6%	-15%	-18%	6%	5%	-11%	-19%

Voor model 1 geldt dat de vragen 3, 4 en 7 door respondenten, die vragen over de variant met Crossing Arcs hebben gekregen, slechter hebben gemaakt dan de respondenten met vragen over de variant zonder Crossing Arcs, waarbij het resultaat van vraag 3 sterk afwijkt van vraag 4 en 7. Vraag 3 en 4 zijn vragen die over exclusiviteit gaan. Vraag 7 is een herhalingsvraag. Bij model 2 zijn vraag 5 en 6 bij de variant met Crossing Arcs slechter beantwoord. Beide vragen zijn vragen over gelijktijdigheid.

### Taak efficiency Hypothese 1

De boxplots in figuur 4.4 geven de efficiencymedianaan en de spreiding per procesmodel weer. In tabel 4.7 zijn de gemiddelde efficiency waarden weergegeven met de standaarddeviatie. De taakefficiency is berekend door het aantal goede antwoorden te delen door de tijd per minuut besteed aan de vragen. Om te toetsen of de efficiency tussen de variant zonder (A) en met Crossing Arcs (B) van model 1 en van model 2 significant verschilt is de Independent Sample T-test uitgevoerd. De SPSS-output staat in bijlage J.



Figuur 4.4 Boxplots efficiency per procesmodel

Uit bovenstaande figuur blijkt dat de mediaan hoger en de spreiding groter is bij de variant met Crossing Arcs (B variant) dan bij de variant zonder Crossing Arcs (A variant).

Tabel 4.7 Beschrijvende statistiek gemiddelde efficiency per procesmodel

	Modelgroep	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Efficiency model 1	Model 1A	71	1.9129	1.10073	0.13063
	Model 1B	58	2.1688	1.19934	0.15748
Efficiency model 2	Model 2A	58	1.5612	0.89218	0.11715
	Model 2B	71	2.2791	1.04289	0.12377

Voor model 1 en 2 geldt dat er gelijkheid is in variantie, Levene's test is respectievelijk  $p = 0.354$  en  $p = 0.383$ . Uit de Independent sample T-test voor model 1 geldt dat de significantie  $p = 0.105$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ , dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat model 1A, het model zonder Crossing Arcs, beter scoort op efficiency dan model 1B, het model met de Crossing Arcs. Voor model 2 geldt dat  $p = 0.000$ , waardoor  $p < \alpha(0.05)$ . Hiervoor geldt dat er voldoende bewijs is dat model 2A significant anders scoort dan model 2B. Kijkend naar de gemiddelde efficiency scoort 2B hoger dan model 2A, dit wil zeggen dat model 2B makkelijker te begrijpen is dan model 2A. Model 2B wordt dus significant beter begrepen dan model 2A.

Bij de berekening van de efficiency speelt het aantal minuten dat een respondent over de vragen heeft gedaan een rol, in tabel 4.8 is de totale tijd per model weergegeven. Hier wordt zichtbaar dat de gemiddelde tijd dat besteed is aan de vragen voor het model zonder Crossing Arcs (de A variant) langer is dan voor het model met Crossing Arcs (de B-variant). Dit laat zien dat de variant met Crossing Arcs gemiddeld sneller is gemaakt dan de vragen over de variant zonder Crossings Arcs.

Tabel 4.8 Gemiddelde tijd in minuten besteed aan begripsvragen per procesmodel

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation
Tijd besteed aan model 1A in min	71	0.56	5.93	168.42	2.3722	1.10616
Tijd besteed aan model 1B in min	58	0.36	4.41	126.56	2.1820	0.75409
Tijd besteed aan model 2A in min	58	0.32	8.50	168.06	2.8976	1.49365
Tijd besteed aan model 2B in min	71	0.66	4.67	153.42	2.1609	0.75850

### Deelconclusie toetsing hypothese 1

Voor model 1 is geen significant bewijs dat de variant met Crossing Arcs, slechter te begrijpen is dan de variant zonder Crossing Arcs op basis van effectiviteit en efficiency. Vijf van de acht vragen worden bij de variant met Crossing Arcs beter beantwoord. Voor model 2 geldt dat de gemiddelde score op effectiviteit en efficiency hoger is voor de variant met Crossing Arcs, dit wordt tevens significant aangetoond. Zes van de acht vragen worden bij deze variant beter beantwoord. De modelvariant met Crossing Arcs wordt bij beide modellen gemiddeld sneller gemaakt dan de variant zonder Crossing Arcs.

### 4.3.2 Toetsing hypothese 2

Definitie van hypothese 2:

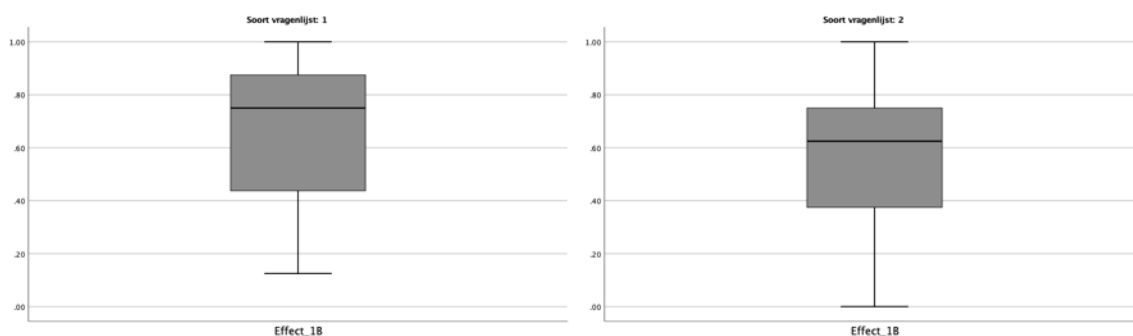
H0: Voorkennis van BPMN-modelleringsstechniek geeft bij een model met meer Crossing Arcs een gelijke of lagere score op de begrijpbaarheid van een BPMN-procesmodel

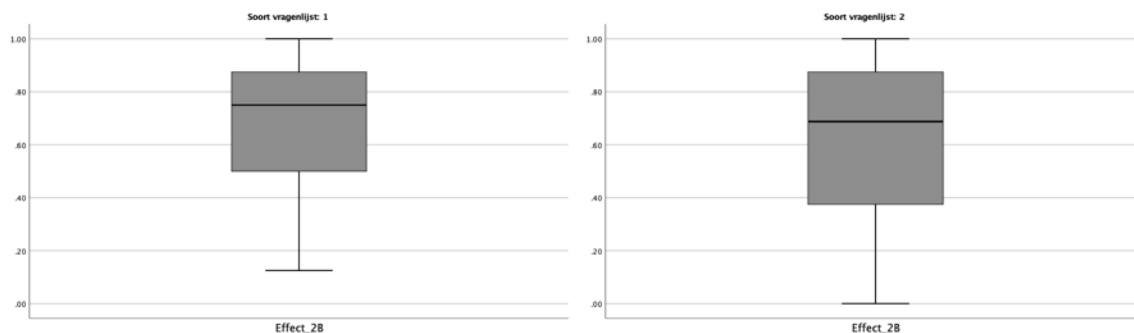
H1: Voorkennis van BPMN-modelleringsstechniek geeft bij een model met meer Crossing Arcs een hogere score op de begrijpbaarheid van een BPMN-procesmodel

Het toetsen van hypothese 2 wordt uitgevoerd door de experimentele groep respondenten (met voorkennis van BPMN) te vergelijken met de controlegroep (zonder voorkennis van BPMN). Het toetsen van de begrijpbaarheid wordt uitgevoerd door de gemiddelde effectiviteit en gemiddelde efficiency te toetsen. De effectiviteit en de efficiency wordt gemeten bij de procesmodellen met kruisende lijnen, de B variant van model 1 en 2. De alternatieve hypothese wordt eenzijdig getoetst met de Independent Sample T-test in SPSS.

### Taakeffectiviteit Hypothese 2

In figuur 4.5 is de effectiviteit per groep (de experimentele groep heeft vragenlijst 1 voorgelegd gekregen, de controlegroep vragenlijst 2) en voor de procesmodellen 1B en 2B met een boxplot met elkaar vergeleken.





Figuur 4.5 Boxplots per onderzoeksgroep voor procesmodel 1B en 2B

Voor model 1 en 2 geldt dat bij respondenten in de experimentele groep (vragenlijst 1) de mediaan hoger en de spreiding kleiner is dan bij respondenten in de controlegroep.

Tabel 4.9 Overzicht gemiddelde effectiviteit voor de experimentele- en de controlegroep

	Groep	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Effectiviteit model 1B	Experimentele groep (met voorkennis)	20	0.6688	0.26369	0.05896
	Controlegroep (zonder voorkennis)	38	0.5428	0.31203	0.05062
Effectiviteit model 2B	Experimentele groep (met voorkennis)	37	0.6520	0.25708	0.04226
	Controlegroep (zonder voorkennis)	34	0.5772	0.31982	0.05485

Tabel 4.9 laat een hoger gemiddelde effectiviteit bij model 1 en 2 zien in de experimentele groep. Om te toetsen of dit verschil significant is wordt de Independent sample t-test uitgevoerd, eenzijdig getoetst. In Bijlage J de SPSS-output van deze toets.

Model 1B en 2B scoren op de Levene's test respectievelijk  $p = 0.291$  en  $p = 0.136$  waardoor voor beide modellen geldt dat er gelijkheid in variantie is. Voor model 1B geldt dat bij de uitvoer van de Independent sample t-test de significantie  $p = 0.065$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ , dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat respondenten uit de experimentele groep beter scoren op effectiviteit dan respondenten uit de controlegroep. Voor model 2B geldt dat  $p = 0.140$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ . Voor model 1B en 2B geldt dat op basis van effectiviteit onvoldoende bewijs is om  $H_0$  te verwerpen.

### Taakefficiency Hypothese 2

In figuur 4.6 is de efficiency voor de experimentele- en de controlegroep en voor de procesmodellen 1B en 2B in een boxplot met elkaar vergeleken. Voor model 1 geldt dat de mediaan bij respondenten uit de experimentele groep (vragenlijst 1) lager en de spreiding kleiner is dan bij respondenten in de controlegroep. Bij model 2 ligt de mediaan bij de experimentele groep hoger en is een spreiding kleiner dan bij de controlegroep.





Figuur 4.6 Boxplots efficiency experimentele- en controlegroep voor procesmodel 1B en 2B

Tabel 4.10 Overzicht gemiddelde efficiency voor de experimentele- en de controlegroep

	Groep	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Efficiency model 1B	Experimentele groep	20	2.1454	1.07117	0.23952
	Controlegroep	38	2.1810	1.27526	0.20687
Efficiency model 2B	Experimentele groep	37	2.5089	0.98854	0.16252
	Controlegroep	34	2.0290	1.05707	0.18129

Tabel 4.10 laat een verschil zien in gemiddelde efficiency tussen de experimentele groep en de controlegroep, met een minimaal verschil bij model 1B en een duidelijk verschil bij model 2B. Om te toetsen of dit verschil significant is wordt de independent sample t-test uitgevoerd, eenzijdig getoetst.

De Levene's test wijst uit dat voor procesmodellen 1B en 2B de varianties in beide groepen gelijk zijn (respectievelijk  $p = 0.282$  en  $p = 0.936$ , voor beide geldt  $p > 0.05$ ) waardoor de interpretatie van "Equal variances not assumed" toegepast mag worden. Bij de uitvoer van de Independent sample t-test voor model 1B geldt dat  $p = 0.458$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ , dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat op efficiency voor model 1B de experimentele groep hoger scoort op begrijpbaarheid. Voor model 2B geldt dat  $p = 0.026$ , waardoor  $p < \alpha(0.05)$  dit geeft aan dat er voldoende bewijs is dat de experimentele groep op efficiency model 2B beter begrijpt dan de controlegroep.

In tabel 4.11 de gemiddelde tijd per minuut, dat besteed is aan de vragen, voor de experimentele groep en de controlegroep. Respondenten beantwoorden vragen over de procesmodellen 1A/2B en over 2A/1B. Hier wordt zichtbaar dat respondenten in de experimentele groep gemiddeld meer tijd besteed aan de vragen dan de controlegroep als de procesmodellen met elkaar worden vergeleken.

Tabel 4.11 Totale tijd besteed aan de begripsvragen per onderzoeksgroep en per procesmodel

Groep	Model	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation	
Experimentele groep	Model 1A	Tijd besteed aan model 1A in min	37	0.66	5.57	97.10	2.6244	1.07989
	Model 2B	Tijd besteed aan model 2B in min	37	1.04	3.54	78.50	2.1216	0.60594
	Model 2A	Tijd besteed aan model 2A in min	20	1.75	7.11	73.39	3.6693	1.29585
	Model 1B	Tijd besteed aan model 1B in min	20	1.46	4.41	52.52	2.6258	0.62266
Controlegroep	Model 1A	Tijd besteed aan model 1A in min	34	0.56	5.93	71.32	2.0977	1.08369
	Model 2B	Tijd besteed aan model 2B in min	34	0.66	4.67	74.92	2.2037	0.90346
	Model 2A	Tijd besteed aan model 2A in min	38	0.32	8.50	94.68	2.4915	1.44338
	Model 1B	Tijd besteed aan model 1B in min	38	0.36	3.63	74.04	1.9484	0.71724

### Deelconclusie toetsing hypothese 2

Bij beide procesmodellen scoren respondenten uit de experimentele groep gemiddeld hoger op effectiviteit dan respondenten uit de controlegroep. Er is echter onvoldoende significant bewijs om  $H_0$  te verwerpen. Bij procesmodel 1 scoren respondenten uit de experimentele groep op efficiency niet hoger dan respondenten uit de controlegroep. Bij procesmodel 2 scoren de respondenten uit de experimentele groep gemiddeld hoger op efficiency, uitvoer van de t-toets geeft voldoende significant bewijs om  $H_0$  te verwerpen. Bij alle procesmodellen besteedt de experimentele groep gemiddeld meer tijd aan het beantwoorden van de vragen dan de respondenten uit de controlegroep.

## 4.4 Detailanalyse

Alle respondenten hebben bij de start van het quasi-experiment twaalf BPMN-kennisvragen beantwoord, aan de hand van deze kennisvragen zijn respondenten ingedeeld in kennisniveau één tot en met zes. In tabel 4.4 zijn de kennisniveaus per onderzoeksgroep en in zijn totaliteit weergegeven. Van deze kennisvragen is tevens de effectiviteit berekend, waarbij het aantal goede antwoorden gedeeld is door het totaal aantal vragen. Hierna is het gemiddelde van de kenniseffectiviteit vergeleken met de effectiviteit van begripsvragen over de modellen 1 en 2 met de varianten zonder Crossing Arcs (A) en met Crossing Arcs (B).

Tabel 4.12 Vergelijk effectiviteit kennisvragen en begripsvragen per onderzoeksgroep en per procesmodel

Groep	Model	N	Effectiviteit kennisvragen	Effectiviteit model 1A	Effectiviteit model 1B
Experimentele groep	1A	37	0.1644	0.6419	
	1B	20	0.1583		0.6688
Controlegroep	1A	34	0.2157	0.5184	
	1B	38	0.1908		0.5428

Soort vragenlijst	Model	N	Effectiviteit kennisvragen	Effectiviteit model 2A	Effectiviteit model 2B
Experimentele groep	2A	20	0.1583	0.6500	
	2B	37	0.1644		0.6520
Controlegroep	2A	38	0.1908	0.4572	
	2B	34	0.2157		0.5772

In bovenstaande tabel is af te lezen dat de gemiddelde effectiviteit van de kennisvragen lager ligt dan de effectiviteit van de begripsvragen. Het verschil tussen de kennis vragen en de begripsvragen is dat bij de kennisvragen vragen zijn gesteld over BPMN-elementen, de begripsvragen zijn gebaseerd op 4 typen vragen over relaties tussen activiteiten (H. A. Reijers et al., 2011). Het lijkt of laag kennisniveau over de elementen geen invloed heeft op de begrijpbaarheid van procesmodellen, ook als de procesmodellen Crossing Arcs bevatten zoals bij model 1B en 2B of als geen voorkennis is gegeven zoals bij de controlegroep.

Na de begripsvragen over een procesmodel is de respondent gevraagd, met een 5-punts schaal (waarbij 1 voor "Erg makkelijk" staat en 5 voor "Erg moeilijk"), hoe makkelijk of moeilijk het procesmodel te begrijpen was. In tabel 4.13 een overzicht per onderzoeksgroep en per model.

Tabel 4.13 Overzicht hoe makkelijk/moeilijk respondenten de begripsvragen per procesmodel hebben ervaren

Groep		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Experimentele groep	Begripsvragen model1A	37	1	5	3.24	1.164
	Begripsvragen model2A	20	2	5	3.15	0.933
	Begripsvragen model1B	20	1	5	3.45	1.099
	Begripsvragen model2B	37	1	5	3.41	0.985
Controlegroep	Begripsvragen model1A	34	2	5	3.41	0.892
	Begripsvragen model2A	38	2	5	3.68	0.904
	Begripsvragen model1B	38	2	5	3.66	0.966
	Begripsvragen model2B	34	2	5	3.47	0.825

In dit overzicht wordt duidelijk dat respondenten uit de controlegroep op moeilijkheid van de vragen gemiddeld hoger scoren dan respondenten uit de experimentele groep. Er mag vanuit gegaan worden dat deze respondenten de vragen als moeilijker hebben ervaren dan de respondenten die voorkennis over BPMN hebben gekregen, de experimentele groep. Bij alle procesmodellen, onafhankelijk van voorkennis of niet, wordt boven het gemiddelde van 3 (neutraal) gescoord.

Uitvoeren van de Independent sample t-test, eenzijdig getoetst, bij alle modellen tussen de experimentele en de controlegroep resulteerde in een significant verschil bij procesmodel 2A waar de controlegroep de begripsvragen significant moeilijker hebben ervaren dan de experimentele groep. Bij de overige drie procesmodellen is geen significant verschil geconstateerd. In bijlage J de SPSS-output van de t-toets.



Tenslotte is gekeken of ervaring (uitgedrukt in leerjaar) verschil geeft in effectiviteit. Bij de kennisvragen scoren eerstejaars gemiddeld 1.91 vragen goed. De tweedejaars scoren 2.46 vragen goed. In onderstaande tabel de gemiddelde effectiviteit van de begripsvragen voor eerste- en tweedejaars studenten, de groep 'overige' heeft  $n = 2$ , deze gegevens zijn niet meegenomen omdat de onderzoeksgroep te klein is.

Tabel 4.14 Verschil gemiddelde effectiviteit eerste- en tweedejaars studenten per procesmodel

	Leerjaar	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Effectiviteit model 1A	Eerstejaars	33	0.4962	0.29062	0.05059
	Tweedejaars	36	0.6528	0.34215	0.05702
Effectiviteit model 2B	Eerstejaars	33	0.5833	0.24340	0.04237
	Tweedejaars	36	0.6389	0.33244	0.05541
Effectiviteit model 2A	Eerstejaars	35	0.4821	0.27810	0.04701
	Tweedejaars	23	0.5870	0.23366	0.04872
Effectiviteit model 1B	Eerstejaars	35	0.5000	0.30917	0.05226
	Tweedejaars	23	0.7174	0.23602	0.04921

Uit bovenstaande tabel blijkt dat tweedejaars studenten voor alle modellen op effectiviteit gemiddeld hoger scoren dan eerstejaars studenten. Het uitvoeren van de Independent sample t-test, eenzijdig getoetst, geeft als resultaat een significant verschil in begrijpbaarheid (op basis van effectiviteit) van model 1A ( $p = 0.022$ ) en 1B ( $p = 0.002$ ) waarbij eerstejaars studenten significant lager scoren op effectiviteit dan tweedejaars studenten, zie tabel J.5 in Bijlage J.

#### Conclusie detailanalyse

*Bij de detailanalyse zijn drie verschillende resultaten getoetst. De gemiddelde effectiviteit van de kennisvragen ligt bij respondenten in de experimentele groep en de controlegroep lager dan de effectiviteit van de begripsvragen. De controlegroep heeft de begripsvragen als moeilijker ervaren dan de experimentele groep, die voorkennis over BPMN heeft gekregen, bij procesmodel 2A is er een significant verschil. Tenslotte is gebleken dat eerstejaars studenten bij alle modelvarianten, op effectiviteit gemiddeld lager scoren dan tweedejaars studenten, bij procesmodellen 1A en 1B wordt dit tevens significant bewezen.*

## 4.5 Conclusie praktische onderzoeksvragen

In hoofdstuk 1.4 zijn naast een viertal theoretisch deelvragen ook 3 praktische deelvragen geformuleerd om de hoofdvraag te beantwoorden. In deze paragraaf worden de deelvragen beantwoord op basis van bovenstaande resultaten.

#### Wat is het kennisniveau van deelnemers aan het experiment?

Om het kennisniveau te meten zijn twaalf BPMN-kennisvragen gesteld. Het gemiddeld aantal goede antwoorden dat is gegeven is 2.2. Respondenten zijn op basis van het aantal goede antwoorden in kennisniveaugroep één tot met vier verdeeld. De spreiding zit tussen nul en acht goede antwoorden, waarbij 62% in kennisgroep 1 zit en 0, 1 of 2 goede antwoorden heeft gegeven.

#### Wat is de invloed van de hoeveelheid Crossing Arcs op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen bij de deelnemers?

Het aantal Crossing Arcs hebben bij beide modellen geen invloed op de begrijpbaarheid op basis van effectiviteit en efficiency. Bij beide modellen worden gemiddeld meer vragen goed beantwoord over de variant met Crossing Arcs. De twee modellen met Crossing Arcs worden tevens gemiddeld sneller gemaakt dan de variant zonder Crossing Arcs.

#### In hoeverre heeft BPMN-kennis van de deelnemers invloed op de begrijpbaarheid van BPMN-modellen met veel of weinig Crossing Arcs?

In het onderzoek heeft de experimentele groep basiskennis over de BPMN-methodiek gekregen. Respondenten in de experimentele groep scoren gemiddeld hoger op effectiviteit en efficiency, wat een hogere begrijpbaarheid aangeeft, op efficiency bij model 2B is dit tevens significant. De experimentele groep vond de begripsvragen gemiddeld makkelijker te beantwoorden dan de controlegroep.

## 5. Discussie, conclusie en aanbevelingen

---

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van het onderzoek beschreven. In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek vergeleken met bestaande literatuur. Ook wordt ingegaan op de beperkingen van het onderzoek en ten slotte de conclusies en aanbevelingen.

### 5.1 Discussie

In hoofdstuk 1 zijn een aantal onderzoeken besproken die aan de basis van dit quasi-experiment hebben gestaan. Dit quasi-experiment wordt vergeleken met deze onderzoeken en er wordt een verklaring gegeven waar afwijkingen in verwachtingen en resultaten voorkomen.

#### 5.1.1 Begrijpbaarheid procesmodellen met Crossing Arcs

In het onderzoek van Purchase (1997) is bewezen dat het aantal Crossing Arcs in een grafiek invloed heeft op de begrijpbaarheid. Het onderzoek is gehouden onder tweedejaars Computer Science studenten aan de universiteit van Queensland. Purchase heeft de vragen over vijf verschillende grafieken, waarbij iedere grafiek een moeilijke en makkelijke esthetische variatie heeft, random aan respondenten voorgelegd. In dit quasi-experiment is de focus gelegd op één esthetische waarde, de Crossing Arcs, voor een BPMN-procesmodel. De verwachting dat de BPMN-procesmodellen makkelijker te begrijpen zijn bij een procesmodel zonder Crossing Arcs wordt in dit experiment niet significant bewezen. Waar Purchase de procesmodellen random heeft voorgelegd aan respondenten zijn in dit onderzoek eerst acht vragen gesteld over een procesmodel zonder Crossing Arcs. Daarna zijn acht vragen gesteld over een procesmodel met Crossing Arcs. Door een opbouwende moeilijkheidsgraad kunnen respondenten wennen aan de opzet van een BPMN-procesmodel waardoor bij een variant met Crossing Arcs een leereffect plaatsgevonden kan hebben.

#### 5.1.2 Invloed voorkennis en leerjaar

In het onderzoek van Mendling et al. (2019) is onderzoek gedaan naar het begrip van conceptuele BPMN-procesmodellen. Deelnemers aan het onderzoek waren studenten en beoefenaars met ervaring in het gebruik van procesmodellen. Ook in dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen modellen met een goede en slechte lay-out. Deelnemers beantwoordden zes vragen per procesmodel waarbij goede en slechte lay-out modellen afgewisseld zijn. Deelnemers hebben een kennistoets uitgevoerd, aangegeven wat hun ervaring is met het lezen en creëren van BPMN-procesmodellen en hebben aangegeven hoeveel officiële trainingsdagen en zelfstudie ze hebben gevolgd over procesmodellering. De resultaten van het onderzoek geeft aan dat kennis een significant verhoogd modelbegrip geeft, op basis van juiste antwoorden, niet op basis van tijd dat nodig was om de taak uit te voeren. Het toetsen van de tweede hypothese in dit quasi-experiment heeft uitgewezen dat het geven van BPMN-voorkennis een gemiddelde hogere score geeft op effectiviteit en deels op efficiency, op efficiency voor model 2 is dit tevens significant.

Mendling geeft in zijn onderzoek aan dat een significant verschil in resultaten zit tussen studenten en beoefenaars. Omdat dit quasi-experiment bij studenten is uitgevoerd kan alleen onderzocht worden of leerjaar invloed heeft op de resultaten. Bij onderscheid tussen eerstejaars en tweedejaars studenten blijkt dat eerstejaars studenten gemiddeld op effectiviteit lager scoren dan de tweedejaars. Er is tevens onderzocht wat het BPMN-kennisniveau is van eerstejaars en tweedejaars studenten, met als resultaat dat de eerstejaars tevens gemiddeld een lager kennisniveau hebben. Dit verschil tussen eerstejaars en tweedejaars studenten is een opvallend resultaat omdat de BPMN-methodiek in beide leerjaren niet binnen de lesstof valt. Een verklaring voor dit verschil kan zijn dat de tweedejaars studenten tijdens de studie kennis hebben gemaakt met verschillende soorten modellen waardoor het begripsniveau van het lezen van een model met onbekende methodiek meer ontwikkeld is dan de beginnende student.

#### 5.1.3 Steekproefgrootte en significantie

In hoofdstuk 3 is met behulp van de Gpower de steekproefgrootte van 176 bepaald. De grootte van de werkelijke steekproef na data cleansing is 129. Met de poweranalyse is achteraf getoetst of de steekproef

voldoende groot genoeg is om betrouwbare resultaten te kunnen weergeven. Voor hypothese 1 is de power 0.87 gebleken, voor hypothese 2 is de power 0.55 (model 1B) en 0.66 (model 2B), waarbij de power voor hypothese 1 acceptabel is en de power van hypothese 2 aan de lage kant. Uitgangspunt was de beschikbaarheid van respondenten en niet de minimale benodigde respondenten, waardoor geen actie is ondernomen om het aantal respondenten en daardoor de power te vergroten. Een kleinere steekproef dan de berekende 176 kan invloed hebben gehad op resultaten, waar nu geen statistische significantie is vastgesteld kan bij een grotere steekproef wél een significant verschil plaatsvinden. Dit kan verklaren waarom de verwachte resultaten niet uit zijn gekomen. Voorafgaand dit onderzoek is uitgegaan van  $p = 0.05$ , de meest gehanteerde regel van significantie. Er is niet onderzocht of dit een juist uitgangspunt is voor dit onderzoek. Bij  $p = 0.10$  worden resultaten anders geïnterpreteerd.

#### 5.1.4 Praktische relevantie

Naast het onderzoeken van statistische significantie dient ook rekening gehouden te worden met praktische relevantie. In dit onderzoek is niet significant aangetoond dat modellen met Crossing Arcs moeilijker te begrijpen zijn dan procesmodellen zonder Crossing Arcs. Dit onderzoek heeft echter wel inzicht gegeven in verschil tussen eerste en tweedejaars studenten. Ook lijkt het of respondenten met een laag kennisniveau, zonder voorkennis van BPMN en ondanks dat ze het beantwoorden van vragen over BPMN-procesmodellen als meer dan gemiddeld moeilijk hebben ervaren, intuïtief de procesmodellen meer dan gemiddeld op effectiviteit scoren, kijkend naar de gemiddelde effectiviteitsscore van de verschillende modelvarianten. Voor een pragmatisch gebruik van BPMN-procesmodellen hoeft het niet noodzakelijk te zijn dat lezers de BPMN-elementen moeten kennen om het BPMN-procesmodel te kunnen begrijpen.

## 5.2 Beperkingen in dit onderzoek

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de beperkingen van dit onderzoek, onderverdeeld in een aantal hoofdonderwerpen. In bijlage K zijn tevens een aantal nevenbeperkingen beschreven.

### 5.2.1 Uitvoer onderzoek

Tijdens de uitvoer van het onderzoek is de benadering van de betreffende klassen studenten niet eenduidig geweest. Bij enkele klassen was het invullen van de vragenlijst onderdeel van de les, waardoor het merendeel van de studenten de vragenlijst hebben ingevuld en afgerond. Bij een tweedejaars klas is door omstandigheden de les verkort, waardoor een email met de link naar de vragenlijst is gestuurd, het respons was hierdoor 33.3% en na cleansing 12.5%. Doordat lessen online plaatsvonden, is besloten om vier van de vijf klassen eerstejaars studenten tegelijkertijd les te geven en is het onderzoek op vrijdagmiddag aan het einde van de les uitgevoerd. Dit had als resultaat dat 49.5% van de aanwezige studenten de vragenlijst hebben ingevuld en na cleansing 40.5% van de vragenlijsten bruikbaar waren. Deze responspercentages liggen lager dan het gemiddelde met 129 bruikbare vragenlijsten van 285 (potentiele) studenten, dat is 45.3%.

### 5.2.2 Centrale limietstelling

Er is een keuze gemaakt om de centrale limietstelling te hanteren, als  $n \geq 30$  mag ervan uit gegaan worden dat data normaal verdeeld is. Door te toetsen met de Shapiro-Wilk en de Kolmogorov Smirnov toets kan getoetst worden of de data ook werkelijk normaal verdeeld is. In de data set bleek dat niet alle data per onderzoeksgroep normaal verdeeld was, waardoor de non-parametische toets Mann-Whitney gebruikt moet worden voor het toetsen van een vergelijk tussen gemiddelden. Bij het toetsen van de efficiency van hypothese 1 was de data wel normaal verdeeld en kon een t-toets worden gebruikt. Er is gekozen om voor het toetsen van de effectiviteit en de efficiency eenzelfde toets te gebruiken om een eenduidig vergelijk tussen de effectiviteit en de efficiency te kunnen maken, door de centrale limietstelling is dit mogelijk.

### 5.2.3 Niveau kennis- en begripsvragen

Bij de opzet van het onderzoek is getracht een hoge mate van validiteit en betrouwbaarheid in te bouwen. De verzamelde data zijn representatief voor dit onderzoek gebleken, alleen de ingevulde vragenlijsten van alle eerste- en tweedejaars studenten zijn meegenomen in de resultaten en analyses. Kennisvragen over

BPMN is erg moeilijk gebleken voor de respondenten. Van de twaalf vragen is door alle respondenten gemiddeld 2.2 vraag goed beantwoord, dat is 18.3%. Doordat deze vragen moeilijk bleken is er een kans dat studenten minder gemotiveerd de begrijpbaarheidsvragen hebben ingevuld, wat invloed kan hebben gehad op de betrouwbaarheid van het onderzoek. Uit de demografische gegevens is gebleken dat respondenten onbekend zijn met BPMN (91.5% heeft geen idee of heeft ooit gehoord van BPMN en 83% vind zichzelf onervaren tot zeer onervaren), dit is ook gebleken uit de resultaten van de kennisvragen over BPMN. Het uitgangspunt van dit onderzoek was om het onderzoek uit te voeren bij respondenten met weinig tot geen kennis van procesmanagement. Nu lijkt het verschil tussen de kennisvragen en de begrijpbaarheidsvragen erg groot.

Voor dit onderzoek is gekozen om binnen de ontwikkelde procesmodellen zoveel mogelijk BPMN-elementen weg te laten. Uitgangspunt was om de activiteitenflow de basis te laten zijn voor vragen over de procesmodellen. Er is een situatie gecreëerd die in de praktijk niet reëel is, omdat praktische procesmodellen over het algemeen niet alleen uit activiteiten bestaan. Dit kan ervoor gezorgd hebben dat de variant met Crossing Arcs beter te begrijpen was.

#### 5.2.4 Omgeving uitvoer onderzoek

Doordat respondenten vanwege Corona maatregelen online les hebben heeft de onderzoeker geen invloed op de omgeving waar de studenten de vragenlijst hebben ingevuld. Studenten hebben extra informatie op kunnen zoeken, verminderde concentratie of motivatie en verhoogde mate van afleiding hebben doordat ze al voor een lange periode in hun eigen omgeving lessen volgen. Dit kan invloed hebben gehad op de kwaliteit van de antwoorden en op de externe validiteit.

### 5.3 Conclusie

Met kwantitatief onderzoek en door middel van een quasi-experiment is in dit onderzoek antwoord gegeven op de hoofdvraag:

*Welke invloed heeft de lay-out factor Crossing Arcs op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen en in hoeverre beïnvloedt kennis van de modelleringstechniek BPMN de begrijpbaarheid?*

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn twee hypothesen getoetst. De eerste hypothese beantwoordt het eerste deel van de hoofdvraag: *Welke invloed heeft de lay-out factor Crossing arcs op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen?*

Het onderzoek is uitgevoerd met twee verschillende BPMN-procesmodellen, model 1 en model 2, beide modellen met een variant zonder en met Crossing Arcs. Uit onderzoek is gebleken dat de lay-out factor Crossing Arcs geen significant effect heeft op de begrijpbaarheid, waar de begrijpbaarheid is gemeten met effectiviteit en efficiency. Op gemiddelde effectiviteit scoren respondenten gelijk op de varianten zonder en met Crossing Arcs van model 1. Voor model 2 geldt dat de respondenten op het model met meer Crossing Arcs gemiddeld hoger scoren dan het model zonder Crossing Arcs. Dit geeft aan dat het model met Crossing Arcs op effectiviteit beter begrepen wordt dan het model zonder Crossing Arcs. De gemiddelde efficiëncyscore voor model 1 en voor model 2 is voor de variant met Crossing Arcs hoger dan voor de variant zonder Crossing Arcs wat aangeeft dat de begrijpbaarheid voor de variant met Crossing Arcs hoger is, voor model 2 is dit tevens significant aangetoond. In tabel 5.1 een overzicht van de gemiddelde resultaten per procesmodel.

Tabel 5.1 Overzicht Effectiviteit en Efficiency voor hypothese 1

		Effectiviteit	Efficiency	Gemiddelde tijd (in min.)
Model 1	Model 1A (Zonder Crossings Arcs)	0.5827	1.9129	2.3722
	Model 1B (Met Crossings Arcs)	0.5862	2.1688	2.1820
Model 2	Model 2A (Zonder Crossings Arcs)	0.5237	1.5612	2.8976
	Model 2B (Met Crossings Arcs)	0.6162	2.2791	2.1609

Alle respondenten hebben vragen over het model met Crossing Arcs gemiddeld sneller gemaakt dan vragen over het model zonder Crossing Arcs.

Toetsen van de tweede hypothese beantwoordt het tweede deel van de hoofvraag: *In hoeverre beïnvloedt kennis van de modelleringstechniek BPMN de begrijpbaarheid?*

Wanneer een deel van de respondenten voorkennis krijgt over BPMN (de experimentele groep) wordt bij beide modellen gemiddeld hoger gescoord op effectiviteit, wat aangeeft dat de begrijpbaarheid groter is, echter wordt dit statistisch niet significant ondersteund. De gemiddelde efficiëncyscore bij model 2 voor de experimentele groep is hoger dan bij de controlegroep, dit is tevens statistisch aangetoond met de betrouwbaarheidsfactor van  $p = 0.05$ . In tabel 5.2 een overzicht van de gemiddelde resultaten per onderzoeksgroep.

Tabel 5.2 Overzicht Effectiviteit en Efficiency voor hypothese 2

		Effectiviteit	Efficiency
Model 1B	Experimentele groep (met voorkennis)	0.6688	2.1454
	Controlegroep (zonder voorkennis)	0.5428	2.1810
Model 2B	Experimentele groep (met voorkennis)	0.6520	2.5082.
	Controlegroep (zonder voorkennis)	0.5772	2.0290

Uit detailanalyse blijkt dat respondenten in de experimentele groep, op model 2B na, tevens de vragen gemiddeld sneller hebben beantwoord dan respondenten in de controlegroep.

Het onderzoek is gehouden onder eerstejaars en tweedejaars TBK studenten. Tweedejaars studenten scoren voor alle modellen op effectiviteit gemiddeld hoger dan eerstejaars studenten. Voor de varianten zonder en met Crossing Arcs van model 1 is bewezen dat de tweedejaars studenten significant hoger scoren dan de eerstejaars op effectiviteit.

Het antwoord op de hoofdvraag luidt dat de lay-out factor Crossing Arcs geen invloed heeft op de begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen. Kennis van BPMN-modelleringsmethodiek geeft een gemiddelde hogere scoort op effectiviteit en efficiency, dit is alleen significant aangetoond op efficiency bij model 2B met de betrouwbaarheidsfactor  $p = 0.05$ .

## 5.4 Aanbevelingen voor de praktijk

Als eerste dient de vraag worden gesteld wat de praktijk in het geval van dit onderzoek inhoudt. Het onderzoek is uitgevoerd met TBK studenten van Hogeschool Saxion. De opleiding is geen ingenieursopleiding maar een bedrijfskundige opleiding met een technische insteek. De praktijk kan inhouden dat kennis opgedaan uit dit onderzoek gebruikt kan worden voor invulling of ontwikkeling van modules die gedurende de studie gevolgd worden door studenten. Een gevolg van kennisoverdracht naar studenten is dat deze kennis meegenomen wordt naar het werkveld waar deze studenten tijdens de studie stagelopen of afstuderen en na hun studie hun werkende carrière starten.

Studenten hebben de vragen over de procesmodellen als moeilijk tot zeer moeilijk ervaren, ondanks dat de gemiddelde score op begrijpbaarheid boven de 50% lag. Dit leert dat het ervaren van een moeilijkheid niet wil zeggen dat de begrijpbaarheid laag is. Voor pragmatisch begrip van procesmodellen is het niet noodzakelijk om de elementen van een methodiek te kennen of aan te leren.

Hiervan uitgaande kan op basis van de resultaten gezegd worden dat ontbreken van inhoudelijke kennis van de BPMN-methodiek geen invloed heeft op de begrijpbaarheid van procesmodellen beschreven met de methodiek. In de opbouw van de studie, worden TBK studenten getraind om verschillende soorten modellen te lezen. In de resultaten is zichtbaar geworden dat weliswaar geen overheersend significant

verschil in begrijpbaarheid zit tussen eerstejaars en de tweedejaars studenten, maar de gemiddelde effectiviteitsscore is bij de tweedejaars studenten op alle modellen groter.

Door gedurende de studie vooral verschillende soorten procesmodellen met uiteenlopende methodieken voor te leggen aan studenten zal de begrijpbaarheid van een procesmodel, gemodelleerd met een nieuwe methodiek vergroten. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat er samenhang is tussen de verschillende modules en deze niet als 'losse blokken' ontwikkeld zijn. Door vooraf het einddoel te bepalen en dit vertalen naar leerjaren en modules kan vaardigheden vergroten.

## 5.5 Aanbevelingen voor verder onderzoek

In het onderzoek is bij de begrijpbaarheidsvragen eerst een variant zonder Crossing Arcs getoond en daarna een variant met Crossing Arcs. Door deze opbouw kunnen respondenten wennen aan de opzet van een BPMN-procesmodel waardoor bij de tweede variant een leereffect plaatsgevonden kan hebben. Dit blijkt ook uit de tijd die besteed is aan de begrijpbaarheidsvragen per model. Er is minder tijd besteed aan het model met Crossing Arcs. Vervolgonderzoek waar de varianten zonder en met Crossing Arcs afgewisseld worden kan helpen om de leercurve uit te sluiten.

Een vervolgonderzoek waar vooraf de kennisvragen, het niveau van de BPMN-procesmodellen zonder en met Crossing Arcs en de begrijpbaarheidsvragen getoetst en beter afgestemd wordt op de doelgroep kan andere resultaten geven en het vergroten van de interne validiteit. Een optie is om respondenten te betrekken bij het opstellen van de BPMN-procesmodellen of vooraf testen met procesmodellen in verschillende moeilijkheidscategorieën volgens de theorie van Sánchez-González et al. (2010b) om het niveau van de procesmodellen beter af te stemmen op het niveau van de doelgroep.

Door het quasi-experiment voor alle onderzoeksgroepen te starten met vragen over een procesmodel zonder en met Crossing Arcs kan uitgesloten worden of een onderzoeksgroep (de experimentele groep of controlegroep) bij toeval een hoger of lager begripsniveau heeft van BPMN-procesmodellen. In plaats van twee procesmodellen in het huidige onderzoek beantwoorden respondenten vragen over drie procesmodellen.

# Referenties

---

- Bernstein, V., & Soffer, P. (2015). Identifying and quantifying visual layout features of business process models. In *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling* (pp. 200-213): Springer.
- Buchheim, C., Chimani, M., Gutwenger, C., Jünger, M., & Mutzel, P. (2013). Crossings and Planarization. In: Citeseer.
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, 34(1), 124-134. doi:10.1016/j.csi.2011.06.002
- Dikici, A., Turetken, O., & Demirors, O. (2018). Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 93, 112-129.
- Front, A., Rieu, D., Santorum, M., & Movahedian, F. (2017). A participative end-user method for multi-perspective business process elicitation and improvement. *Software & Systems Modeling*, 16(3), 691-714. doi:10.1007/s10270-015-0489-6
- Gemino, A., & Wand, Y. (2004). A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques. *Requirements Engineering*, 9(4), 248-260. doi:10.1007/s00766-004-0204-6
- Gordijn, J., Akkermans, H., & Van Vliet, H. (2000). Business modelling is not process modelling. Paper presented at the International Conference on Conceptual Modeling.
- Haisjackl, C., Soffer, P., Lim, S. Y., & Weber, B. (2018). How do humans inspect BPMN models: an exploratory study. *Software and Systems Modeling*, 17(2), 655-673. doi:10.1007/s10270-016-0563-8
- James T. McClave, T. T. S. (2013). *Statistics*.
- Jošt, G., Huber, J., Heričko, M., & Polančič, G. (2016). An empirical investigation of intuitive understandability of process diagrams. *Computer Standards & Interfaces*, 48, 90-111. doi:10.1016/j.csi.2016.04.006
- Jošt, G., Jošt, G., Heričko, M., Heričko, M., Polančič, G., & Polančič, G. (2019). Theoretical foundations and implementation of business process diagrams' complexity management technique based on highlights. *Software & Systems Modeling*, 18(2), 1079-1095. doi:10.1007/s10270-017-0618-5
- Khatri, V., Vessey, I., Ramesh, V., Clay, P., & Park, S.-J. (2006). Understanding Conceptual Schemas: Exploring the Role of Application and IS Domain Knowledge. *Information Systems Research*, 17(1), 81-99. doi:10.1287/isre.1060.0081
- Leite, J. C. S. d. P., Santoro, F. M., Cappelli, C., Batista, T. V., & Santos, F. J. N. (2016). Ownership relevance in aspect-oriented business process models. *Business Process Management Journal*, 22(3), 566-593. doi:10.1108/BPMJ-01-2015-0006
- Mendling, J., Recker, J., Reijers, H. A., & Leopold, H. (2019). An empirical review of the connection between model viewer characteristics and the comprehension of conceptual process models. *Information Systems Frontiers*, 21(5), 1111-1135.
- Moody, D. L., Sindre, G., Brasethvik, T., & Solvberg, A. (2003). Evaluating the quality of information models: empirical testing of a conceptual model quality framework. Paper presented at the 25th International Conference on Software Engineering, 2003. Proceedings.
- Muehlen, M. z., & Recker, J. (2008). How Much Language Is Enough? Theoretical and Practical Use of the Business Process Modeling Notation. In (pp. 465-479). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ottensooser, A., Fekete, A., Reijers, H. A., Mendling, J., & Menictas, C. (2012). Making sense of business process descriptions: An experimental comparison of graphical and textual notations. *The Journal of Systems & Software*, 85(3), 596-606. doi:10.1016/j.jss.2011.09.023

- Purchase, H. (1997). Which aesthetic has the greatest effect on human understanding? Paper presented at the International Symposium on Graph Drawing.
- Reijers, H. A., Freytag, T., Mendling, J., & Eckleder, A. (2011). Syntax highlighting in business process models. *Decision Support Systems*, 51(3), 339-349. doi:10.1016/j.dss.2010.12.013
- Reijers, H. A., & Mendling, J. (2010). A study into the factors that influence the understandability of business process models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 41(3), 449-462.
- Salman, I., Misirli, A. T., & Juristo, N. (2015). Are students representatives of professionals in software engineering experiments? Paper presented at the 2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering.
- Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., & Ruiz, F. (2010a). Quality assessment of business process models based on thresholds. Paper presented at the OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems".
- Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., & Ruiz, F. (2010b). Quality Assessment of Business Process Models Based on Thresholds. In (Vol. 6426, pp. 78-95). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students*. Business Students 8th edition Pearson Education Limited, England.
- Störrle, H. (2011). On the impact of layout quality to understanding UML diagrams. Paper presented at the 2011 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC).
- Turetken, O., Dikici, A., Vanderfeesten, I., Rompen, T., & Demirors, O. (2020). The Influence of Using Collapsed Sub-processes and Groups on the Understandability of Business Process Models. *Business & Information Systems Engineering*, 62(2), 121-141. doi:10.1007/s12599-019-00577-4
- Turetken, O., Dikici, A., Vanderfeesten, I. T. P., Rompen, T. M. P., & Demirors, O. (2020). The influence of using collapsed sub-processes and groups on the understandability of business process models. *Business & Information Systems Engineering*, 62(2), 121-141. doi:10.1007/s12599-019-00577-4
- Turetken, O., Dikici, A., Vanderfeesten, I., Rompen, T., Demirors, O. BPM Understandability Research. Retrieved from <https://sites.google.com/view/bp-understandability-research/business-process-modeling-competency-test-with-bpmn-2-0>
- Turetken, O., Rompen, T. M. P., Vanderfeesten, I., Dikici, A., van Moll, J., La Rosa, M., . . . Pastor, O. (2016, 2016). The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in BPMN.
- Ware, C., Purchase, H., Colpoys, L., & McGill, M. (2002). Cognitive Measurements of Graph Aesthetics. *Information Visualization*, 1(2), 103-110. doi:10.1057/palgrave.ivs.9500013



## Bijlage A Zoekcriteria per deelvraag

In onderstaande tabel zijn per geformuleerde deelvraag Engelse trefwoorden en Engelse synoniemen opgesteld en de zoekstring welke gebruikt is voor de zoekmachine bepaald.

Tabel A1: Engelse trefwoorden met synoniemen en zoekstring voor zoekmachine OU

Deelvraag	Trefwoorden Engels	Synoniemen (ENG)	Zoekstring
Wat zijn Crossing Arcs in BPMN-procesmodellering en wat is de invloed op de begrijpbaarheid	Crossing Arcs, BPMN AND process model*		(Crossing arcs) AND (BPMN) AND (process) AND ((model)
Wat wordt onder begrijpbaarheid van procesmodellen verstaan?	Understand* AND process models	Comprehen*, readability, *model	(Abstract:((understand*) AND (SubjectTerms:(BPMN)) AND ((process model) OR (*model) OR (comprehen*) OR (readability))))
Op welke manier wordt begrijpbaarheid van BPMN-procesmodellen gemeten?	Measure* AND Understand* AND BPMN AND process models	Comprehen* readability, *model, BPMN	((measure*) OR (comprehen*)) AND ((understand*) OR (read*)) AND (BPMN) AND (process model)
Hoe wordt voorkennis van BPMN-modellen gemeten en welke indeling van kennisniveaus bestaan er?	Foreknowledge AND Measure AND BPMN models AND Knowledge levels	Inside-information, knowhow, prior knowledge, comprehen*, read*, BPM competency	((Foreknowledge) OR (inside-information) OR (knowhow) OR (prior) OR (knowledge)) AND ((measure*) OR (comprehen*) OR (read*)) AND (BPMN) AND ((knowledge level) OR (competency))

## Bijlage B Zoekresultaten per deelvraag

In onderstaande tabel B1 is per deelvraag de zoek en selectiecriteria weergegeven. Dit resulteert in een longlist. Van de artikelen op de longlist worden de titel en de samenvatting gelezen waardoor een inschatting gemaakt kan worden of het artikel voldoende aanknopingspunten heeft om de deelvraag te kunnen beantwoorden. Vervolgens worden de inleiding, de resultaten en de conclusie van de overgebleven artikelen gelezen. De artikelen op de shortlist worden in zijn geheel gelezen.

Tabel B1: Overzicht resultaten zoekcriteria per deelvraag

Zoekproces	Deelvraag 1	Deelvraag 2	Deelvraag 3	Deelvraag 4	
1. Zoekcriteria	11	120	862	868	
2. Scope materiaal	Artikel in vakblad Conferentie verslag, Proefschrift, Publicatie, Tijdschrift/E-journal,	120	Tijdschriftartikel Conferentie verslag	794 799	Conferentie verslag Tijdschrift artikel
3. Kwaliteit	Peer-reviewed	92	645	649	
4. Zoekvelden	Samenvatting	24	Trefwoorden in de Samenvatting	39	Trefwoorden in de samenvatting
5. Tijd		2010-2020	36		
<b>LOGLIST</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	
6. Titel en/of samenvatting			Check op basis van relevantie		
7. Doelgericht lezen					
8. Shortlist	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	
<b>SHORTLIST na Snowball methodiek</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	

## Bijlage C Longlist deelvragen

In bijlage C1 tot en met C4 wordt de longlist per deelvraag weergegeven. Deze longlist is het resultaat van het zoekproces zoals beschreven is in hoofdstuk 2.

### Longlist deelvraag 1

Onderstaand de longlist voor de deelvraag *Wat zijn Crossing Arcs in BPMN-procesmodellering en wat is de invloed op de begripbaarheid?*

*Tabel C1: Resultaat zoekproces voor deelvraag 1*

Titel bron	Schrijvers	Soort bron	Jaartal	Naar shortlist	Reden
A visual analysis of the process of process modelling	Claes, J; Vanderfeesten, I.T.P; Pinggera, J; More...	Tijdschriftartikel	2015	Ja	Uitleg BPM
Crossings and Planarization	Christoph Buchheim, Markus Chimani, Carsten Gutwenger, Michael Junger, Petra Mutzel	Artikel	2004	Ja	Gevonden via snowball [9]
Identifying and Quantifying Visual Layout Features of Business Process Models	Vered Bernstein and Pnina Soffer	Tijdschriftartikel	2015	Ja	In opdracht-omschrijving
Larger crossing angles make graphs easier to read	Weidong Huang, Peter Eades, Seok-Hee Hong	Tijdschriftartikel	2014	Ja	Gevonden via snowball [4]
Modelling and enforcing secure object flows in process-driven SOAs: an integrated model-driven approach	Hoisl, Bernhard; Hoisl, Bernhard; Sobernig, Stefan; More...	Tijdschriftartikel	2014	Ja	Uitleg BPM
Automatic generation of performance models for SOA systems	Alhaj, Mohammad	Conferentie-verslag	2011	Nee	Geen directe link met BPM
Business Processes: Four Perspectives	Business Process Transformation	Boek	2008	Nee	Soort bron niet geschikt
Comprehension of Procedural Visual Business Process Models: A Literature Review	Figl, Kathrin; Figl, Kathrin	Tijdschriftartikel	2017	Nee	Geen uitleg wat crossings zijn
From event logs to goals: a systematic literature review of goal-oriented process mining	Ghasemi, M; Amyot, D	Tijdschriftartikel	2020	Nee	Niet beschikbaar
Identifying Macro Phases Across the Negotiation Lifecycle	Baber, William W	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen link met BPM
Process-Driven Data Quality Management Through Integration of Data Quality into Existing Process Models: Application of Complexity-Reducing Patterns and the Impact on Complexity...	Glowalla, Paul; Sunyaev, Ali	Tijdschriftartikel	2013	Nee	Geen uitleg wat crossings zijn

## Longlist deelvraag 2

Onderstaand de longlist voor de deelvraag *Wat wordt onder begripbaarheid van procesmodellen verstaan?*

Tabel C2: Resultaat zoekproces voor deelvraag 2

Titel bron	Schrijvers	Soort bron	Jaartal	Naar shortlist	Reden
A Guidelines framework for understandable BPMN models	F. Corradini, A. Ferrari, F. Fornari, S. Gnesi, A. Polini, B. Re and G. O. Spagnolo	Tijdschriftartikel	2018	Ja	De zoektermen komen in de keywords voor
An empirical investigation of intuitive understandability of process diagrams	G. Jošt, J. Huber, M. Heričko and G. Polančič	Tijdschriftartikel	2016	Ja	De zoektermen komen in de keywords voor
Improving cognitive effectiveness of business process diagrams with opacity-driven graphical highlights	G. Jošt, J. Huber, M. Heričko and G. Polančič	Tijdschriftartikel	2017	Ja	In samenvatting uitleg understandability
Theoretical foundations and implementation of business process diagrams' complexity management technique based on highlights	G. Jošt, G. Jošt, M. Heričko, M. Heričko, G. Polančič and G. Polančič	Artikel	2019	Ja	De zoektermen komen in de samenvatting voor
Visual suggestions for improvements in business process diagrams	R. Laue and A. Awad	Tijdschriftartikel	2011	Ja	Goede uitleg over wat BPMN is
Making sense of business process descriptions: An experimental comparison of graphical and textual notations	A. Ottensooser, A. Fekete, H. A. Reijers, J. Mendling and C. Menictas	Tijdschriftartikel	2012	Ja	De zoektermen komen in de keywords voor
Designing secure business processes with SecBPMN	M. Salnitri, F. Dalpiaz and P. Giorgini	Tijdschriftartikel	2017	Ja	De zoektermen komen in de samenvatting voor
The Influence of Using Collapsed Sub-processes and Groups on the Understandability of Business Process Models	O. Turetken, A. Dikici, I. Vanderfeesten, T. Rompen and O. Demiroz	Tijdschriftartikel	2020	Ja	De zoektermen komen in de keywords voor
The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in BPMN	O. Turetken, T. M. P. Rompen, I. Vanderfeesten, A. Dikici, J. van Moll, M. La Rosa, P. Loos and O. Pastor	Conference paper	2016	Ja	De zoektermen komen in de keywords voor
A Study into the Factors that Influence the Understandability of Business Process Models	Hajo A. Reijers and Jan Mendling	Snowball	2010	Ja	Onderzoek naar invloed van persoonlijke en model factoren op begripbaarheid
From BPMN process models to DMN decision models	E. Bazhenova, F. Zerbato, B. Oliboni and M. Weske	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Mobile Cloud Business Process Management System for the Internet of Things: A Survey	C. Chang, S. Srirama and R. Buyya	Tijdschriftartikel	2017	Nee	BPMN gericht op IoT
An Interval-Valued Approach to Business Process Simulation Based on Genetic Algorithms and the BPMN	M. Cimino and G. Vaglini	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Gericht op BP-simulatie
Formalising and animating multiple instances in BPMN collaborations	F. Corradini, C. Muzi, B. Re, L. Rossi and F. Tiezzi	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunten in samenvatting met understandability
Dynamic skipping and blocking, dead path elimination for cyclic workflows, and a local semantics for inclusive gateways	D. Fahland and H. Völzer	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen aanknopingspunten in samenvatting met understandability
Value-Based Process Model Design	F. Hotie and J. Gordijn	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Visual modeling of RESTful conversations with RESTalk	A. Ivanchikj, A. Ivanchikj, C. Pautasso, C. Pautasso, S. Schreier and S. Schreier	Tijdschriftartikel	2018	Nee	In samenvatting geen aanknopingspunten met de zoektermen
Process mining using BPMN: relating event logs and process models	A. A. Kalenkova, A. A. Kalenkova, W. M. P. van der Aalst, W. M. P. van der Aalst, I. A. Lomazova, I. A. Lomazova, V. A. Rubin and V. A. Rubin	Tijdschriftartikel	2017	Nee	BMN als procesmining (data gedomineerd)
A methodology for the semantic and structural restructuring of BPMN models	W. Khlif, H. Ben-Abdallah and N. E. Ben Ayed	Tijdschriftartikel	2017	Nee	Geen aanknopingspunt in samenvatting over begripbaarheid.

A system for deduction-based formal verification of workflow-oriented software models	R. Klimek	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Understanding niet gebruikt in de context van BPMN-modellen
Process Approach to Knowledge Management	M. Kotarba	Tijdschriftartikel	2011	Nee	Artikel gericht op kennismanagement en KMBoost tool
A semi-automated BPMN-based framework for detecting conflicts between security, data-minimization, and fairness requirements	Q. Ramadan, D. Struber, M. Salnitri, J. Jürjens, V. Riediger and S. Staab	Tijdschriftartikel	2020	Nee	Gericht op Business requirements en de rol van BPMN daarin
BPMN-E2: a BPMN extension for an enhanced workflow description	M. Ramos-Merino, M. Ramos-Merino, J. M. Santos-Gago, J. M. Santos-Gago, L. M. Álvarez-Sabucedo, L. M. Álvarez-Sabucedo, V. M. Alonso-Roris, V. M. Alonso-Roris, J. Sanz-Valero and J. Sanz-Valero	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Gericht op uitbreiding BPMN-elementen
BPMN MUSIM: Approach to improve the domain expert's efficiency in business processes modeling for the generation of specific software applications	J. Solis-Martinez, J. P. Espada, B. C. P. G-Bustelo and J. M. C. Lovelle	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Gericht op het modelleren van BPMN ipv begrijpen
Modeling languages for business processes and business rules: A representational analysis	M. zur Muehlen and M. Indulska	Tijdschriftartikel	2010	Nee	Gericht op begrip tussen beleid en procedures

## Longlist deelvraag 3

Onderstaand de longlist voor de deelvraag *Op welke manier wordt begripbaarheid van BPMN-procesmodellen gemeten?*

Tabel C3: Resultaat zoekproces voor deelvraag 3

Titel bron	Schrijvers	Soort bron	Jaartal	Naar shortlist	Reden
Approaches to modeling business processes: a critical analysis of BPMN, workflow patterns and YAWL	E. Börger and E. Börger	Tijdschriftartikel	2012	Ja	
Mixed-Paradigm Process Modeling with Intertwined State Spaces	J. De Smedt, J. De Weerd, J. Vanthienen and G. Poels	Tijdschriftartikel	2016	Ja	Zoektermen komen in de samenvatting voor
A participative end-user method for multi-perspective business process elicitation and improvement	A. Front, D. Rieu, M. Santorum and F. Movahedian	Tijdschriftartikel	2017	Ja	
How do humans inspect BPMN models: an exploratory study	C. Haisjackl, P. Soffer, S. Y. Lim and B. Weber	Tijdschriftartikel	2018	Ja	Zoektermen komen in de samenvatting voor
A generic model decomposition technique and its application to the Eclipse modeling framework	Q. Ma, Q. Ma, P. Kelsen, P. Kelsen, C. Glodt and C. Glodt	Tijdschriftartikel	2015	Ja	Zoektermen komen in de samenvatting voor
Making sense of business process descriptions: An experimental comparison of graphical and textual notations	A. Ottensooser, A. Fekete, H. A. Reijers, J. Mendling and C. Menictas	Tijdschriftartikel	2012	Ja	Zoektermen komen in de samenvatting voor
The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in BPMN	O. Turetken, T. M. P. Rompen, I. Vanderfeesten, A. Dikici, J. van Moll, M. La Rosa, P. Loos and O. Pastor	Conferentie-verslag		Ja	De zoektermen komen overeen met samenvatting en zoektermen
A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques. Requirements Engineering	Gemino en Wand	Tijdschriftartikel	2004	Ja	Snowball via [25]
Theoretical foundations and implementation of business process diagrams' complexity management technique based on highlights	G. Jošt, G. Jošt, M. Heričko, M. Heričko, G. Polančič and G. Polančič	Artikel	2019	Ja	Via DV2
Business process point analysis: survey experiments	M. Baklizky, M. Fantinato, L. H. Thom, V. Sun and P. C. K. Hung	Tijdschriftartikel	2017	Nee	Vergelijk tussen twee technieken
Incorporating semantic bridges into information flow of cross-organizational business process models	N. Barnickel, J. Böttcher and A. Paschke	Conferentie-verslag		Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting gericht op IT
A model-driven method for enacting the design-time QoS analysis of business processes	P. Bocciarelli, P. Bocciarelli, A. D'Ambrogio and A. D'Ambrogio	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
An Interval-Valued Approach to Business Process Simulation Based on Genetic Algorithms and the BPMN	M. Cimino and G. Vaglini	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
BPMN extensions for automating cloud environments using a two-layer orchestration approach	R. Dukaric and M. B. Juric	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
A framework for automatic architectural synthesis in conceptual design phase	C. Hartmann, R. Chenouard, E. Mermoz and A. Bernard	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Derivation of trust federation for collaborative business processes	J. Hu and J. Hu	Tijdschriftartikel	2011	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Business Process Models: Change Management	D. Hutchison, T. Kanade and J. Kittler	E-Book	2013	Nee	Bron is niet akkoord
BAMN: a modeling method for business activity monitoring systems	C. Janiesch and M. Matzner	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Gericht op BAMN systemen
Module-based quality system functionality evaluation in production logistics	M. R. Khabbazi, J. Wikander, M. Onori, A. Maffei and D.-J. Chen	Tijdschriftartikel	2016	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting

Process Approach to Knowledge Management	M. Kotarba	Tijdschriftartikel	2011	Nee	Artikel gericht op kennismanagement en KMBoost tool
An Analysis and Evaluation of Security Aspects in the Business Process Model and Notation	M. Leitner, M. Miller and S. Rinderle-Ma	Conferentie-verslag	2013	Nee	Gericht op security
Service Oriented Architecture for Clinical Decision Support: A Systematic Review and Future Directions	S. R. Loya, K. Kawamoto, C. Chatwin and V. Huser	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Gericht op architectuur
Designing complex socio-technical process systems – the airport example	S. Mazhar, P. P.-Y. Wu and M. Rosemann	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Deontic BPMN	C. Natschläger	Hoofdstuk Boek	2011	Nee	Geen juiste bron
Deontic BPMN: a powerful extension of BPMN with a trusted model transformation	C. Natschläger, C. Natschläger, F. Kossak, F. Kossak, K.-D. Schewe and K.-D. Schewe	Tijdschriftartikel	2015	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Privacy-enhanced BPMN: enabling data privacy analysis in business processes models	P. Pullonen, J. Tom, R. Matulevičius and A. Toots	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Gericht op privacy in BPMN
Towards thresholds of control flow complexity measures for BPMN models	L. Sánchez-González, F. Ruiz, F. García and J. Cardoso	Conferentie-verslag	2011	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
The Enrichment of BPMN Business Process Model with SBVR Business Vocabulary and Rules	T. Skersys, L. Tutkute and R. Butleris	Tijdschriftartikel	2012	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
A framework for the alignment of business model and business processes	S. Solaimani and H. Bouwman	Tijdschriftartikel	2012	Nee	Gat tussen Business model en business processes
Querying business process models with VMQL	H. Störrle and V. Acretoiaie	Conferentie-verslag	2013	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
The influence of using collapsed sub-processes and groups on the understandability of business process models	O. Türetken, A. Dikici, I. T. P. Vanderfeesten, T. M. P. Rompen and O. Demirors	Tijdschriftartikel	2020	Nee	Gebruikt voor deelvraag 2 en 4
Predicting process performance: A white-box approach based on process models	I. Verenich, M. Dumas, M. La Rosa and H. Nguyen	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Automated conflict detection between medical care pathways	P. Weber, J. B. F. Filho, B. Bordbar, M. Lee, I. Litchfield and R. Backman	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
Decomposition of business process models into reusable sub-diagrams	P. Wiśniewski	Tijdschriftartikel	2017	Nee	Geen aanknopingspunt zoektermen en samenvatting
An Approach to Participatory Business Process Modeling: BPMN Model Generation Using Constraint Programming and Graph Composition	P. Wisniewski, K. Kluza and A. Ligeza	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Automatisch genereren van BPMN-modellen
Formalising and animating multiple instances in BPMN collaborations	F. Corradini, C. Muzi, B. Re, L. Rossi and F. Tiezzi	Tijdschriftartikel	2019	Nee	

## Longlist deelvraag 4

Onderstaand de longlist voor de deelvraag *Hoe wordt voorkennis van BPMN-modellen gemeten en welke indeling van kennisniveaus bestaan er?*

Tabel C4: Resultaat zoekproces voor deelvraag 4

Titel bron	Schrijvers	Soort bron	Jaartal	Naar shortlist	Reden
Ownership relevance in aspect-oriented business process models	J. C. S. d. P. Leite, F. M. Santoro, C. Cappelli, T. V. Batista and F. J. N. Santos	Tijdschriftartikel	2016	Ja	
Deontic BPMN: a powerful extension of BPMN with a trusted model transformation	C. Natschläger, C. Natschläger, F. Kossak, F. Kossak, K.-D. Schewe and K.-D. Schewe	Tijdschriftartikel	2015	Ja	Wordt uitleg gegeven over BPMN
Ten years of visualization of business process models: A systematic literature review	V. Stein Dani, C. M. Dal Sasso Freitas and L. H. Thom	Tijdschriftartikel	2019	Ja	Wordt uitleg gegeven over BPMN
The influence of using collapsed sub-processes and groups on the understandability of business process models	O. Türetken, A. Dikici, I. T. P. Vanderfeesten, T. M. P. Rompen and O. Demirors	Tijdschriftartikel	2020	Ja	Zie DV3
L-SIM: simulating BPMN diagrams with a purpose built engine	A. Waller, M. Clark and L. Enstone	Conferentie-verslag	2006	Ja	Duidelijke uitleg wat BPMN is
How do humans inspect BPMN models: an exploratory study	C. Haisjackl, P. Soffer, S. Y. Lim and B. Weber	Tijdschriftartikel	2018	Ja	Zoektermen komen in de samenvatting voor
Understanding Conceptual Schemas: Exploring the Role of Application and IS Domain Knowledge	Vijay Khatri, Iris Vessey, V. Ramesh, Paul Clay, Sung-Jin Park	Tijdschriftartikel	2006	Ja	Snowball [11]
Inter-organizational business process verification in public administration	F. Corradini, A. Polini and B. Re	Tijdschriftartikel	2015	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Combining modelling and simulation approaches	S. Bisogno, A. Calabrese, M. Gastaldi and N. Levaldi Ghiron	Tijdschriftartikel	2016	Nee	Gaat over processimulatie door verschillende BPM-methoden
An MDA-based framework for collaborative business process modelling	K. Bouchbout, J. Akoka and Z. Alimazighi	Tijdschriftartikel	2012	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Using virtual worlds for collaborative business process modeling	R. Brown, J. Recker and S. West	Tijdschriftartikel	2011	Nee	Gaat over 3D modellering
DSOL: a declarative approach to self-adaptive service orchestrations	G. Cugola, C. Ghezzi and L. S. Pinto	Tijdschriftartikel	2012	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
BPMN extensions for automating cloud environments using a two-layer orchestration approach	R. Dukaric and M. B. Juric	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Wand and Weber's good decomposition conditions for BPMN	F. Johannsen, S. Leist and R. Tausch	Tijdschriftartikel	2014	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Module-based quality system functionality evaluation in production logistics	M. R. Khabbazi, J. Wikander, M. Onori, A. Maffei and D.-J. Chen	Tijdschriftartikel	2016	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Process Approach to Knowledge Management	M. Kotarba	Tijdschriftartikel	2011	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Towards semantically-aided domain specific business process modeling	N. Lagos, A. Mos and M. Cortes-cornax	Tijdschriftartikel	2018	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Development of sectoral brands with emphasis on structure and processes	M. T. d. A. Lourenção, L. Miyamaru, J. d. M. E. Giraldi and S. I. D. d. Pádua	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag
Ontology modeling for generation of clinical pathways	J. Tehrani, K. Liu and V. Michell	Tijdschriftartikel	2012	Nee	Gericht op verbeteren procesmodellering gezondheidszorg
Method of Educational Domain Knowledge Content Updating Based on Management Information Interactions	J. Tekutov, S. Gudas, V. Denisovas, A. Andziulis and J. Smirnova	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen aanknopingspunten met deelvraag



A Model of Domain Knowledge Content Updating Based on Management Information Interactions	J. Tekutov, S. Gudas, V. Denisovas and J. Smirnova	Tijdschriftartikel	2019	Nee	Geen engels
Visualisation of (distributed) process execution based on extended BPMN	M. Momotko and B. Nowicki	Conferentie-verslag	2003	Nee	Geen toegang tot het artikel
Enhancing understandability of process models through cultural-dependent color adjustments	Kummer, Tyge-F; Recker, Jan; Mendling, Jan	Tijdschriftartikel	2016	Nee	Snowball [15]
Conceptualizing Systems for Understanding: An Empirical Test of Decomposition Principles in Object-Oriented Analysis	Burton-Jones, Andrew; Meso, Peter N	Tijdschriftartikel	2006	Nee	Snowball [22]

## Bijlage D Shortlist literatuuronderzoek

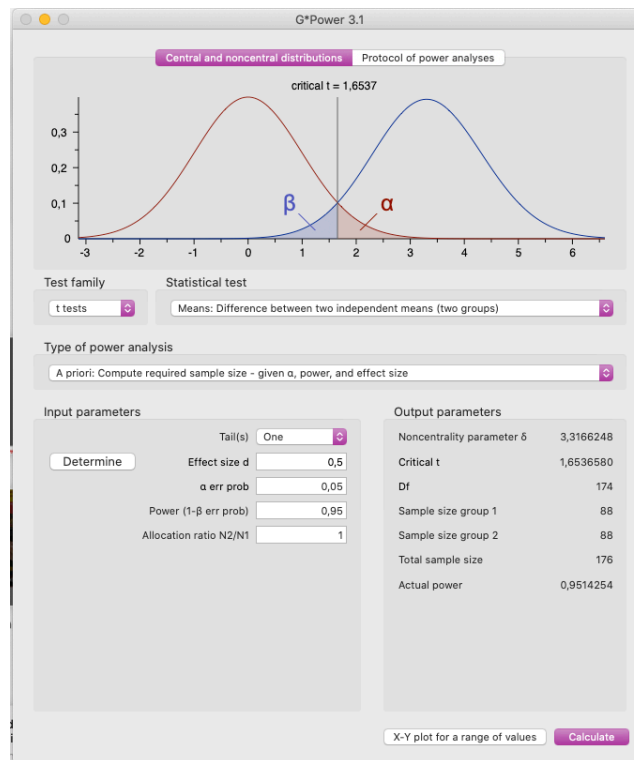
Onderstaande tabel het resultaat van het selectieproces in het literatuuronderzoek, waarbij de eerste kolom het nummer van de deelvraag aangeeft waarvoor de literatuurbron input is voor het beantwoorden van de betreffende deelvraag.

Tabel D1: Shortlist literatuuronderzoek

DV	Titel bron	Schrijvers	Jaar
1	A visual analysis of the process of process modeling	Claes, J; Vanderfeesten, I.T.P; Pinggera, J; More...	2015
1	Crossings and Planarization	Christoph Buchheim, Markus Chimani, Carsten Gutwenger, Michael Junger, Petra Mutzel	2004
1	Identifying and Quantifying Visual Layout Features of Business Process Models	Vered Bernstein and Pnina Soffer	2015
1	Larger crossing angles make graphs easier to read	Weidong Huang, Peter Eades, Seok-Hee Hong	
1	Modeling and enforcing secure object flows in process-driven SOAs: an integrated model-driven approach	Hoisl, Bernhard; Hoisl, Bernhard; Sobernig, Stefan; More...	2014
2	A Guidelines framework for understandable BPMN models	F. Corradini, A. Ferrari, F. Fornari, S. Gnesi, A. Polini, B. Re and G. O. Spagnolo	2018
2	A Study into the Factors that Influence the Understandability of Business Process Models	Hajo A. Reijers and Jan Mendling	2011
2	An empirical investigation of intuitive understandability of process diagrams	G. Jošt, J. Huber, M. Heričko and G. Polančič	2016
2	Designing secure business processes with SecBPMN	M. Salnitri, F. Dalpiaz and P. Giorgini	2017
2	Improving cognitive effectiveness of business process diagrams with opacity-driven graphical highlights	G. Jošt, J. Huber, M. Heričko and G. Polančič	2017
2	Theoretical foundations and implementation of business process diagrams' complexity management technique based on highlights	G. Jošt, G. Jošt, M. Heričko, M. Heričko, G. Polančič and G. Polančič	2019
2	Visual suggestions for improvements in business process diagrams	R. Laue and A. Awad	2011
2 en 3	Making sense of business process descriptions: An experimental comparison of graphical and textual notations	A. Ottensooser, A. Fekete, H. A. Reijers, J. Mendling and C. Menictas	2012
2 en 3	The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in BPMN	O. Turetken, T. M. P. Rompen, I. Vanderfeesten, A. Dikici, J. van Moll, M. La Rosa, P. Loos and O. Pastor	2016
2 en 4	The Influence of Using Collapsed Sub-processes and Groups on the Understandability of Business Process Models	O. Turetken, A. Dikici, I. Vanderfeesten, T. Rompen and O. Demirors	2020
3	A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques. Requirements Engineering	Gemino en Wand	
3	A generic model decomposition technique and its application to the Eclipse modeling framework	Q. Ma, Q. Ma, P. Kelsen, P. Kelsen, C. Glodt and C. Glodt	2015
3	A participative end-user method for multi-perspective business process elicitation and improvement	A. Front, D. Rieu, M. Santorum and F. Movahedian	2017
3	Approaches to modeling business processes: a critical analysis of BPMN, workflow patterns and YAWL	E. Börger and E. Börger	2012
3	Mixed-Paradigm Process Modeling with Intertwined State Spaces	J. De Smedt, J. De Weerd, J. Vanthienen and G. Poels	2016
3 en 4	How do humans inspect BPMN models: an exploratory study	C. Haisjackl, P. Soffer, S. Y. Lim and B. Weber	2018
4	Deontic BPMN: a powerful extension of BPMN with a trusted model transformation	C. Natschläger, C. Natschläger, F. Kossak, F. Kossak, K.-D. Schewe and K.-D. Schewe	2015
4	L-SIM: simulating BPMN diagrams with a purpose built engine	A. Waller, M. Clark and L. Enstone	2006
4	Ownership relevance in aspect-oriented business process models	J. C. S. d. P. Leite, F. M. Santoro, C. Cappelli, T. V. Batista and F. J. N. Santos	2016
4	Ten years of visualization of business process models: A systematic literature review	V. Stein Dani, C. M. Dal Sasso Freitas and L. H. Thom	2019

## Bijlage E Berekening steekproefgrootte

Onderstaand figuur E1 geeft de berekening weer van de minimale steekproefgrootte. Voor de berekening is uitgegaan van een t-toets voor twee onafhankelijk groepen, de experimentele groep en de controlegroep, eenzijdig getoetst. Voor de berekening is een gemiddeld effectgrootte als basis genomen en de betrouwbaarheid op  $p = 0,05$  gezet. Het resultaat van deze berekening is een steekproefgrootte van 176 respondenten.



Figuur E1: Berekening van de steekproefgrootte (GPower)

## Bijlage F Opzet demografische vragenlijst

---

Voor demografisch inzicht zijn zeven vragen opgesteld op basis van het onderzoek van Haisjackl et al. (2018) en Mendling et al. (2019).

1. Hoeveelste jaar HBO student ben je?

- Eerstejaars  Tweedejaars  Derdejaars  Vierdejaars  Vijfdejaars en ouder  Anders

2. Wat is je vooropleiding?

- MBO  HAVO  VWO  HBO Bachelor  WO Bachelor  Anders

3. Op welke manier ontvang je het liefst informatie?

- Verbaal  Beeldend  Grafisch-via Tekst

4. Hoeveel verschillende grafische procesmodellen heb je afgelopen 3 jaar gelezen?

- Geen een  1-10  11-25  26-50  Meer dan 50

5. Hoeveel verschillende grafische procesmodellen heb je afgelopen 3 jaar gemaakt?

- Geen een  1-10  11-25  26-50  Meer dan 50

6. In hoeverre ben je bekend met de BPMN-modelleringstechniek?

- Geen idee wat BPMN is  Ik heb er ooit van gehoord  Ik heb wel eens een BPMN-procesmodel gezien  Ik heb wel eens een BPMN-procesmodel gemaakt

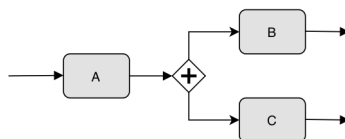
7. Hoe schat je je ervaringsniveau in van het begrijpen van BPMN?

- Zeer onervaren  Onervaren  Neutraal  Ervaren  Zeer ervaren

## Bijlage G Vragenlijst meten van kennisniveau BPMN

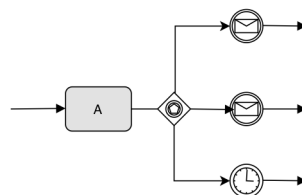
Om het BPMN-kennisniveau van respondenten te meten zijn twaalf vragen opgesteld, gebaseerd op de vragenlijst van O. Turetken et al. (2020).

1. Voor de start en het eindpunt van een BPMN-procesmodel wordt hetzelfde element gebruikt
2. Een ingeklapt subproces wordt weergegeven door een rechthoek met daarin een vierkantje met een '+' teken
3. Bekijk het onderstaande BPMN-procesfragment in figuur G1. Het parallelle (AND) kruispunt, die de activiteiten B en C met elkaar verbindt, geeft aan dat deze twee activiteiten op hetzelfde moment moeten worden uitgevoerd.



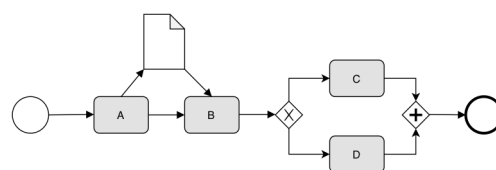
Figuur G1

4. Een exclusieve (XOR) gateway kan worden gebruikt om herhaling te modelleren.
5. Een op gebeurtenissen gebaseerde gateway (zoals aangegeven in figuur G2) kan één of meer paden activeren, maar niet alle.



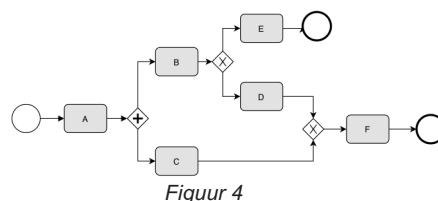
Figuur G2

6. Een pijl met een gestreepte lijn en een bolletje aan het eind geeft de informatiestroom weer tussen swimlanes.
7. Onderstaande procesflow maakt gebruik van een data object




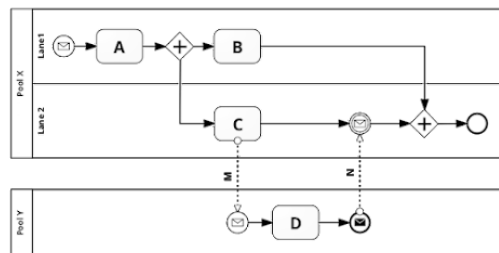
Figuur G3

8. Er zit een deadlock impasse (een situatie met vastgelopen activiteiten) in het onderstaande procesmodel, figuur 4.




Figuur 4

9. Het element van een cirkel met daarbinnen een envelop geeft een binnenkomend bericht weer dat een de start is van een processtroom .
10. Er zijn twee berichtenontvangst gebeurtenissen in het onderstaande procesmodel (figuur G5).



Figuur G5

11. Als een taak twee invoerpijlen heeft, is dat hetzelfde alsof de taak wordt voorafgegaan door een exclusieve (XOR-join) kruispunt .
12. In BPMN kunnen zowel 'pools' als 'lanes' banen een procesdeelnemer, een bedrijfseenheid of een softwaresysteem vertegenwoordigen.

### Antwoorden

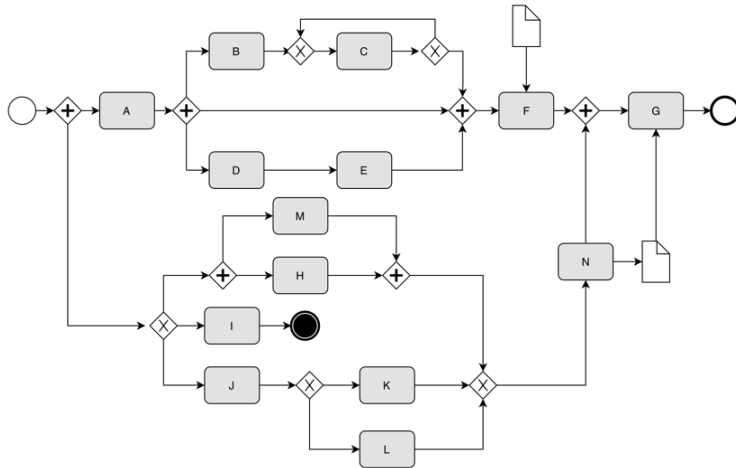
- 1: **Niet waar** (De activiteiten lopen parallel aan elkaar, maar hoeven niet tegelijkertijd uitgevoerd te worden)
- 2: **Waar** (Het proces wordt gesplitst door de XOR waarbij de activiteiten na de gateway opnieuw uitgevoerd kan worden)
- 3: **Waar** (Na een inclusieve gateway (OR) wordt een processtroom gesplitst waarbij activiteiten parallel aan elkaar lopen, maar niet tegelijkertijd uitgevoerd hoeven te worden).
- 4: **Niet waar** (De gateway in het figuur geeft aan dat er een nieuw proces wordt gestart voor iedere event na deze gateway)
- 5: **Waar** (De Event-based Gateway wordt altijd gevolgd door een binnenkomen bericht of taak en niet door een uitgaand event of taak)
- 6: **Waar** (Na een Exclusive gateway dient altijd een activiteit plaatst te vinden, er mag niet direct een eindpunt op volgen. De pools worden verbonden door een messageflow, dwz een pijl met stippellijn)
- 7: **Niet waar** (het model klopt)
- 8: **Niet waar**
- 9: **Niet waar** (het zijn er drie)
- 10: **Niet waar**
- 11: **Waar**
- 12: **Waar**

### Indeling kennisniveau

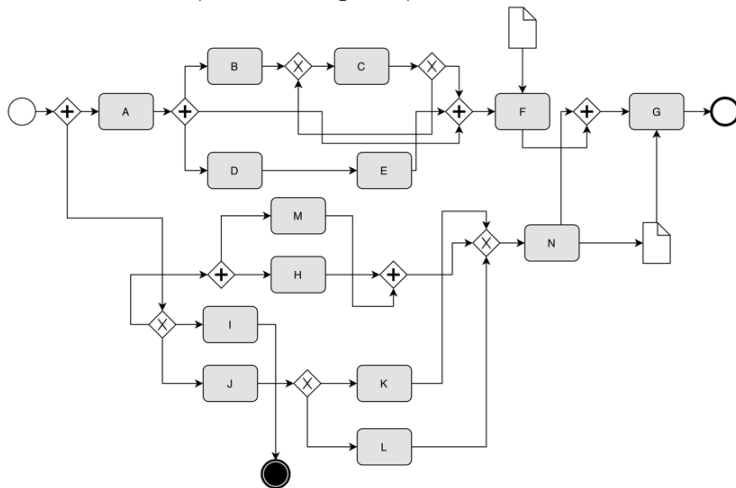
- Groep 1: 0, 1 of 2 correcte antwoorden
- Groep 2: 3 of 4 correcte antwoorden
- Groep 3: 5 of 6 correcte antwoorden
- Groep 4: 7 of 8 correcte antwoorden
- Groep 5: 9 of 10 correcte antwoorden
- Groep 6: 11 of 12 correcte antwoorden



### Procesmodel 2A (zonder Crossing Arcs)



### Procesmodel 2B (met Crossing Arcs)



Vragen worden beantwoord met: *Waar* – *Niet Waar*- *Ik weet het niet*

- Vraag 1: De output van activiteit N is de input voor activiteit G (1) (#Waar)  
 Vraag 2: Activiteit F wordt later uitgevoerd dan activiteit B (1) (#Waar)  
 Vraag 3: Activiteiten B en D zijn exclusieve (eenmalige) activiteiten (2) (#Waar)  
 Vraag 4: Activiteiten H en M worden meerdere keren uitgevoerd (2) (#Niet Waar)  
 Vraag 5: Activiteit E kan pas uitgevoerd worden als activiteit B is uitgevoerd (3) (#Niet Waar)  
 Vraag 6: De activiteiten I en J worden niet tegelijkertijd uitgevoerd (3) (#Waar)  
 Vraag 7: Activiteit L kan herhaald worden (4) (#Niet Waar)  
 Vraag 8: Activiteit A kan nooit herhaald worden (4) (#Waar)  
 Vraag 9: Hoe makkelijk of moeilijk vond je dit procesmodel te begrijpen?  
*Erg makkelijk* – *Tamelijk makkelijk* – *Normaal* – *Tamelijk moeilijk* – *Erg moeilijk*

#### Soorten vragen:

1. Uitvoeringsvolgorde, bv A moet altijd voor D (2)
2. Exclusiviteit, bv B en D zijn exclusief, C niet want deze kan worden herhaald (2)
3. Gelijktijdigheid, bv B kan eerder uitgevoerd worden dan D (2)
4. Herhaling, bv C kan herhaald worden (2)

Bron: Mendling et al. (2019)











## Bijlage I Voorkennis voor experimentele groep




De experimentele groep heeft voorkennis over BPMN gekregen. De voorkennis bestaat uit uitleg over BPMN-elementen en een voorbeeld proces. Het proces is gebaseerd op het procesmodel van Chinosi and Trombetta (2012). In deze bijlage de tekst zoals deze is gedeeld met de experimentele groep.


### BPMN-elementen




BPMN is een methodiek om processen te modelleren. Deze methodiek bestaat uit vastgestelde elementen en symbolen waarmee processen gemodelleerd kunnen worden. De elementen zijn verdeeld over een aantal categorieën: de Events, Activiteiten, Gateways, Swimlanes en Data. Bestudeer onderstaande, meest gebruikte, elementen met de bijbehorende uitleg goed. Hierover worden later vragen gesteld.

Categorie	Naam	Symbool	Uitleg
Events	Startpunt (Start event)		Een lege cirkel met een dunne, enkele rand geeft een <b>startpunt</b> aan van een processtroom.
	Eindpunt (End event)		Een lege cirkel met een dikke enkele rand geeft het <b>eindpunt</b> weer van een processtroom
	Start bericht (Message start)		Een envelop met daaromheen een dunne enkele rand geeft een <b>binnenkomend bericht</b> weer dat een processtroom doet starten
	Tussenbericht (Intermediate Message)		Een envelop met daaromheen een cirkel met dubbele rand betekent dat in een processtroom <b>gewacht wordt op een binnenkomend bericht</b> , waarna de processtroom weer verder kan.
	Tussen timer (Intermediate timer)		Een klok met daaromheen een cirkel met dubbele rand geeft aan dat er <b>gewacht wordt tot een bepaalde tijd is verstreken</b> voordat de processtroom verder gaat òf dat het proces vanaf een bepaald tijdstip wordt onderbroken.
	Beëindiging (End terminatie)		Een dichte cirkel met daaromheen een dikke rand geeft weer dat <b>een processtroom per direct wordt stopgezet</b> .

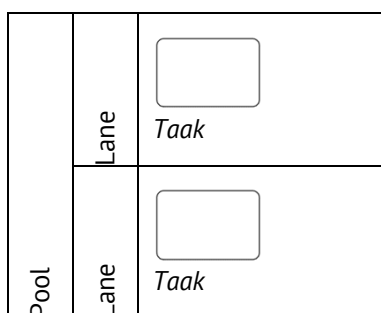
Categorie	Naam	Symbool	Uitleg
Activiteit	Activiteit (Task)		Een rechthoek met afgeronde hoeken geeft een <b>activiteit</b> weer waar een bepaalde tijd voor nodig is. In de activiteit wordt kort de naam van de activiteit weergegeven in de vorm van een werkwoord.
	Ingeklapt subproces (Collapsed subproces)		Een rechthoek met afgeronde hoeken waarbinnen een vierkantje met een + teken wordt weergegeven, is een <b>activiteit met onderliggende activiteiten</b> . Bij het gebruik van modelleringssoftware kan hierop geklikt worden en wordt de onderliggende processtroom zichtbaar.

Categorie	Naam	Symbol	Uitleg
Gateways	Kruispunt		Een ruit geeft aan dat <b>een processtroom wordt gesplitst of weer samenkomt</b> . De beslissing voor de splitsing wordt in de voorafgaande activiteit genomen.
	XOR-kruispunt (exclusive gateways)		Een ruit met een kruis geeft aan dat een processtroom maar <b>via één uitgaande stroom</b> verder loopt.
	Parallel Kruispunt		Een ruit met een plus geeft een splitsing aan waarna de uitgaande processtromen <b>tegelijktijd</b> gevolgd kunnen worden. Bij het samenkomen van processtromen in een parallel kruispunt, wordt de processtroom pas voortgezet als alle inkomende processtromen binnen zijn.

Categorie	Naam	Symbol	Uitleg
Data	Data object		Een rechthoek met een omgeslagen hoek geeft <b>informatie</b> weer, bijvoorbeeld zakelijke documenten, brieven of e-mails.

Categorie	Naam	Symbol	Uitleg
Overig	Normale flow (Sequence flow)		De pijl met doorgetrokken lijn geeft de <b>volgorde</b> aan waarin activiteiten uitgevoerd dienen te worden.
	Tekst annotatie	[...]	<b>Vrije tekst</b> wordt gebruikt om informatie te geven bij beslispunten
	Message flow		De pijl met gestreepte lijn en open bolletje geeft de <b>informatiestroom weer tussen organisaties</b> zoals in een processtroom bestaande uit een pool met meerdere swimlanes of verbindt meerdere pools met elkaar.
	Associatie		Een lijn of pijl met gestreepte lijn verbindt verschillende objecten zoals tussen een kruispunt en tekst. De gestreepte pijl geeft aan of een object een input of een output is van een activiteit.

Een proces kan in een pool met swimlanes getekend worden. Een pool en Swimlanes vertegenwoordigen organisaties, rollen of systemen. Onderstaand is een voorbeeld te zien van pools en lanes.



### Voorbeeld MP3-proces

Om een beeld te geven hoe de BPMN-elementen worden gebruikt is een voorbeeld proces op verschillende manieren uitgewerkt. Als eerste wordt een beschrijving gegeven van een proces. Deze beschrijving wordt in een tabel gestructureerd. Daarna volgen twee BPMN-procesmodellen waarbij de eerste concrete activiteiten weergeeft, de tweede geeft hetzelfde procesmodel weer maar dan met abstracte weergave zoals in de BPMN-modelleringsstechniek gebruikelijk is.

### Omschrijving

David gaat naar de winkel om een MP3-speler te kopen. In de winkel wordt de order aangenomen en in het magazijn van de winkel wordt gezocht naar de betreffende MP3-speler. Als de betaling van David akkoord is wordt de MP3-speler overgedragen aan David. Is de betaling niet akkoord dan wordt de order geannuleerd. David heeft weinig tijd en zal de winkel verlaten als hij langer dan tien minuten moet wachten.

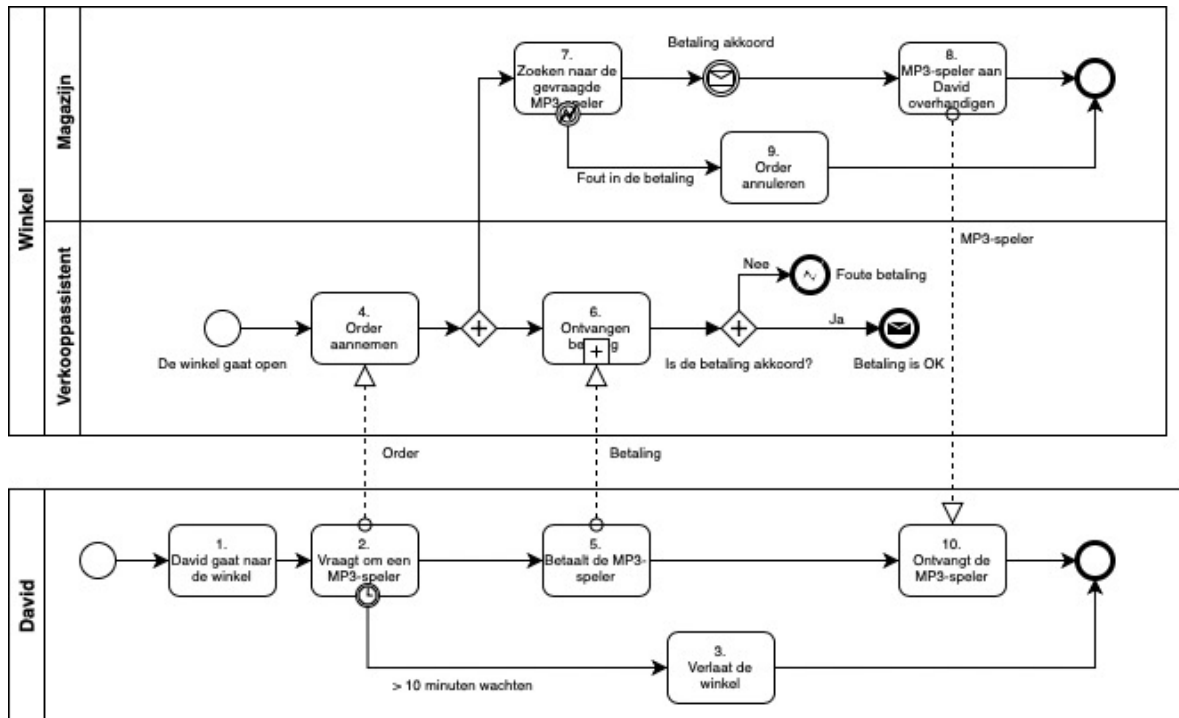
### Gestructureerde Uitleg MP3-proces

In de tabel hieronder wordt de aankoop van de MP3-speler per processtap uitgelegd. De rijen geven de processtappen weer. In de kolommen wordt zichtbaar wie de activiteit uitvoert.

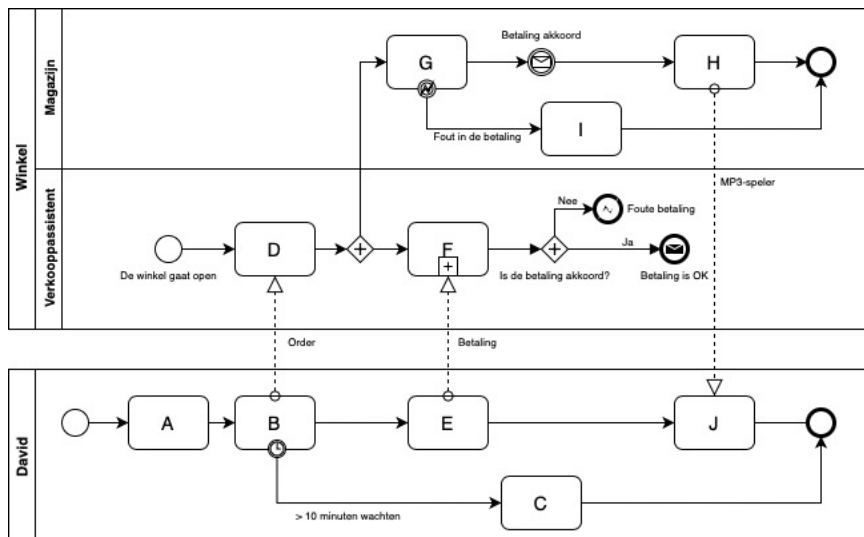
Proces-stappen	David	Verkoop assistent	Magazijn
Start		De winkel wordt geopend door de sales assistent	
1.	David gaat naar de winkel.		
2.	In de winkel vraagt David naar een MP3-speler.		
3.	Als David langer dan 10 minuten moet wachten gaat hij naar huis.		
4.		De order wordt ontvangen door de sales assistent	
5.	David betaalt de MP3-speler		
6.		De betaling wordt aangenomen	
7.			Het magazijn gaat op zoek naar het betreffende product
8.			Als de betaling akkoord is wordt de MP3-speler aan David overhandigd
9.			Als de betaling niet akkoord is wordt de order geannuleerd
10.	David neemt de MP3-speler mee		

## Procesmodel

In onderstaand figuur is het procesmodel weergegeven van de aankoop van de MP3-speler door David.



BPMN-procesmodellen kunnen ook weergegeven worden met alleen letters, de zogenaamde abstracte labels. Onderstaand figuur is een voorbeeld van eerder beschreven proces in abstracte labels.



## Bijlage J SPSS-output

In deze bijlage wordt de SPSS-output weergegeven. Er is een onderverdeling gemaakt tussen de effectiviteit en efficiency per hypothese en de detailanalyse.

### Hypothese 1 – SPSS-output Taak effectiviteit

In tabel J1 de resultaten van de T-toets waarbij getoetst is of een significant verschil zit tussen de effectiviteit van de variant zonder Crossing Arcs (A) en de variant met Crossing Arcs (B). Deze toets is voor model 1 en voor model 2 uitgevoerd. De alternatieve hypothese wordt eenzijdig getoetst, de significantiewaarde  $p$  uit de Independent Sample T-test wordt daarom gehalveerd.

Voor model 1 en 2 geldt dat voor beide modellen gelijkheid is in varianties wat blijkt uit de Levene's test (waarden zijn respectievelijk  $p=0.564$  en  $p=0.321$ , beide groter dan 0.05 wat inhoudt dat er gelijkheid is in variantie). De significantie waarde van model 1 op effectiviteit geeft  $p = 0.475$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ , dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat model 1A, zonder Crossing Arcs, beter scoort op effectiviteit dan model 1B, het model met Crossing Arcs. Voor model 2 geldt dat de significantie  $p = 0.0315$ , waardoor  $p < \alpha(0.05)$ . Hierdoor geldt dat er voldoende bewijs is dat model 2B beter scoort op effectiviteit dan model 2A bij een betrouwbaarheidsfactor van 0.05.

Tabel J1: Resultaat T-toets voor effectiviteit model 1 (1A en 1B) en model 2 (2A en 2B)

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Effectiviteit_model 1	Equal variances assumed	335	.564	-.062	127	.950	-.00346	.05540	-.11308	.10616
	Equal variances not assumed			-.063	124.892	.950	-.00346	.05498	-.11228	.10536

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Effectiviteit_model 2	Equal variances assumed	.991	.321	-1.878	127	.063	-.09249	.04926	-.18996	.00498
	Equal variances not assumed			-1.895	125.363	.060	-.09249	.04881	-.18909	.00411

### Hypothese 1 – SPSS-output Taak efficiency

In tabel J2 de resultaten van de T-toets waarbij getoetst is of een significant verschil zit tussen de efficiency van de variant zonder Crossing Arcs (A) en de variant met Crossing Arcs (B). Deze toets is voor model 1 en voor model 2 uitgevoerd.

Voor model 1 en 2 geldt dat er gelijkheid is in variantie, Levene's test geeft respectievelijk  $p = 0.354$  en  $p = 0.383$  aan. Voor model 1 geldt dat de significantie  $p = 0.105$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$  en dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat model 1A, het model zonder Crossing Arcs, beter scoort op efficiency dan model 1B, het model met de crossing arcs. Voor model 2 geldt dat  $p = 0.000$ , waardoor  $p < \alpha(0.05)$ . Hiervoor geldt dat er voldoende bewijs is dat model 2A significant anders scoort dan model 2B. Kijkend naar de

gemiddelde efficiency scoort 2B hoger dan 2A wat wil zeggen dat 2B beter te begrijpen is dan model 2A. Model 2B wordt dus significant beter begrepen dan model 2A.aan.

Tabel J2: Resultaat T-toets voor efficiency model 1 (1A en 1B) en model 2 (2A en 2B)

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Efficiency_model1	Equal variances assumed	.867	.354	-1.261	127	.210	-.25585	.20284	-.65723	.14553
	Equal variances not assumed			-1.250	117.232	.214	-.25585	.20461	-.66106	.14936

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Efficiency_model2	Equal variances assumed	.767	.383	-4.147	127	.000	-.71795	.17312	-1.06052	-.37537
	Equal variances not assumed			-4.213	126.712	.000	-.71795	.17042	-1.05518	-.38071

### Hypothese 2 – SPSS-output Taak effectiviteit

In tabel J3 de resultaten van de T-toets waarbij getoetst is of een significant verschil zit op effectiviteit tussen de experimentele groep respondenten (de groep meer voorkennis) en de controlegroep (de respondenten die geen voorkennis hebben gekregen). De effectiviteit is gemeten bij de modellen met de Crossing Arcs. De alternatieve hypothese wordt eenzijdig getoetst, de significantiewaarde p uit de Independent Sample T-test wordt daarom gehalveerd.

Model 1B en 2B scoren op de Levene's test respectievelijk  $p = 0.291$  en  $p = 0.136$  waardoor voor beide modellen geldt dat er gelijkheid in variantie is. Voor model 1B geldt dat de significantie  $p = 0.065$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$  en dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat respondenten uit de experimentele groep beter scoren op effectiviteit dan respondenten uit de controlegroep. Voor model 2B geldt dat  $p = 0.140$ , waardoor  $p > \alpha(0.05)$ . Voor model 1B en 2B geldt dat er op basis van effectiviteit onvoldoende bewijs is om  $H_0$  te verwerpen.

Tabel J3: Resultaat T-toets voor effectiviteit voor model 1B en model 2B

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Effect_1B	Equal variances assumed	1.135	.291	1.538	56	.130	.12599	.08191	-.03810	.29008
	Equal variances not assumed			1.621	44.823	.112	.12599	.07771	-.03054	.28252
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Effect_2B	Equal variances assumed	2.272	.136	1.091	69	.279	.07482	.06861	-.06205	.21169
	Equal variances not assumed			1.081	63.349	.284	.07482	.06924	-.06354	.21318

### Hypothese 2 – SPSS-output Taak efficiency

In tabel J4 de resultaten van de T-toets waarbij getoetst is of een significant verschil zit op efficiency tussen de experimentele groep respondenten (de groep meer voorkennis) en de controlegroep (de respondenten die geen voorkennis hebben gekregen). De effectiviteit is gemeten bij de modellen met de Crossing Arcs.

De Levene's test wijst uit dat voor procesmodellen 1B en 2B de varianties in beide groepen gelijk zijn (respectievelijk  $p = 0.282$  en  $p = 0.936$ , voor beide geldt  $p > 0.05$ ) waardoor de interpretatie van "Equal variances not assumed" toegepast mag worden. Voor model 1B geldt dat  $p = 0.458$ , dit is groter dan  $p > \alpha(0.05)$ , dit geeft aan dat er onvoldoende bewijs is dat op efficiency model 1B beter scoort bij de experimentele groep. Voor model 2B geldt dat  $p = 0.026$ , waardoor  $p < \alpha(0.05)$  dit geeft aan dat er voldoende bewijs is dat de experimentele groep op efficiency model 2B beter begrijpt dan de controlegroep.

Tabel J4: Resultaat T-toets voor efficiency voor model 1B en model 2B

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Efficiency_1B	Equal variances assumed	1.182	.282	-1.107	56	.916	-.03561	.33423	-.70516	.63394
	Equal variances not assumed			-.113	45.047	.911	-.03561	.31649	-.67304	.60182
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Efficiency_2B	Equal variances assumed	.006	.936	1.977	69	.052	.47986	.24277	-.00445	.96417
	Equal variances not assumed			1.971	67.432	.053	.47986	.24347	-.00604	.96576

### Detail analyse – SPSS-output moeilijkheidservaring model 2A

De respondenten is per procesmodel gevraagd hoe makkelijk of hoe moeilijk ze de begripsvragen vonden. Respondenten in de controlegroep ervoeren de begripsvragen bij alle modellen als moeilijker dan de respondenten uit de experimentele groep. Het uitvoeren van de independent sample t-test bij alle modellen tussen de experimentele- en de controlegroep resulteerde in een significant verschil tussen hoe makkelijk/moeilijk de respondenten het procesmodel 2A vonden te begrijpen. Zie tabel 4.18. Bij de overige drie procesmodellen is geen significant verschil geconstateerd. In tabel J5 de output van de Independent Sample T-test, waarbij eenzijdig wordt getoetst, de p waarde wordt gehalveerd

Tabel J5: Resultaat T-toets verschil in moeilijkheidservaring voor model 2A

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Ervaring begrip model 2A	Equal variances assumed	.187	.667	-2.116	56	.039	-.534	.252	-1.040	-.029
	Equal variances not assumed			-2.095	37.664	.043	-.534	.255	-1.051	-.018

### Detail analyse – SPSS-output vergelijk effectiviteit tussen leerjaren

Tweedejaars studenten scoren op effectiviteit voor alle modellen gemiddeld beter dan eerstejaars studenten. Het uitvoeren van de eenzijdige t-toets (waarbij de p-waarde wordt gehalveerd) geeft als resultaat een significant verschil in begrijpbaarheid (op basis van effectiviteit) van model 1A ( $p = 0.023$ ) en 1B ( $p = 0.003$ ) waarbij eerstejaars studenten significant slechter scoren dan de tweedejaars.

Tabel J6: T-Toets voor vergelijk effectiviteit 1A en 1B tussen eerste- en tweedejaars studenten

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Effect_1A	Equal variances assumed	1.120	.294	-2.039	67	.045	-.15657	.07678	-.30981	-.00332
	Equal variances not assumed			-2.054	66.631	.044	-.15657	.07623	-.30874	-.00439

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			95% Confidence Interval of the Difference			
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Effect_1B	Equal variances assumed	6.119	.016	-2.865	56	.006	-.21739	.07588	-.36940	-.06538
	Equal variances not assumed			-3.028	54.636	.004	-.21739	.07179	-.36127	-.07351



## Bijlage K Discussie in detail

---

In deze bijlage worden een aantal discussiepunten die van minder belang zijn besproken.

### **Discussie onderzoek – Soort procesmodel**

In het onderzoek van Störrle (2011) is de UML-methodiek gebruikt om de kwaliteit van lay-out voor procesmodellen te onderzoeken. Er zijn per UML-diagram tien vragen gesteld waarbij respondenten konden kiezen uit vier antwoorden: *Goed*, *Fout*, *Ik weet het niet*, *Geen antwoord*. De diagrammen zijn door groepen studenten zelf opgezet. Per diagram is een goede en slechte lay-out variant ontwikkeld. De respondenten kregen tien vragen over verschillende diagrammen met een goede en foute lay-out, maar geen enkele keer vragen over eenzelfde diagram. De respondenten zijn ingedeeld in drie verschillende kennisniveaus. De resultaten van het onderzoek heeft uitgewezen dat de begrijpbaarheid van de UML-modellen toeneemt naarmate de deskundigheid toeneemt, waarbij het effect groter is als het kennisniveau lager is. Störrle heeft de UML-modellen laten ontwikkelen door studenten en die modellen uitgekozen voor het onderzoek die het hoogste cijfer hebben gekregen. Dit heeft als voordeel dat de modellen een gelijkwaardig niveau hebben, realistisch zijn en in dezelfde fase (van de software lifecycle) zitten. In dit quasi-experiment zijn BPMN-procesmodellen door de onderzoeker ontwikkeld, waarbij rekening is gehouden met de moeilijkheidscategorie '*Easy to Understand*' van Sánchez-González et al. (2010b), zonder vooranalyse naar het niveau van de eerste- en tweedejaars studenten. Waar de procesmodellen van Störrle dicht bij de realiteit liggen is dat bij de procesmodellen in dit experiment een fictief procesmodel. Dit heeft tot gevolg dat het niveau van de procesmodellen niet overeenkomt met het niveau van de respondenten

### **Beperking onderzoek – Samenvoegen onderzoeksgroepen**

Bij het toetsen van hypothese 1 zijn de experimentele- en de controlegroep samengevoegd. Dit kan een onbetrouwbaar beeld geven omdat de groep met extra kennis een hogere score van begrijpbaarheid heeft. Bij een vervolgonderzoek zou een derde procesmodel getoetst moeten worden die door alle respondenten zonder extra kennis uitgevoerd moet worden om een zuiver beeld te krijgen of een procesmodel met meer Crossing Arcs lager scores op de begrijpbaarheid.

### **Beperking ethische aspecten**

Als tegemoetkoming voor de deelname aan het onderzoek zijn drie BOL.com bonnen van tien euro verloot onder de deelnemende studenten. De studenten konden daarvoor vrijwillig hun studentnummer na de laatste vraag invullen. De bonnen zijn digitaal per Saxion mail verstuurd. Doordat van dezelfde email-server gebruik is gemaakt heeft de onderzoeker bij het versturen de naam kunnen zien van de studenten die de bon hebben gewonnen, hierdoor waren deelnemers niet volledig anoniem. Dit had voorkomen kunnen worden door de mail te sturen vanaf een andere (privé-)emailadres zodat de namen niet zichtbaar werden.

Een ander ethisch aspect is dat geen volledige uitleg gegeven is over het onderzoek, de respondenten is niet meegedeeld dat ze zijn verdeeld in twee groepen waarbij één groep voorkennis heeft gekregen. Ook is niet verteld dat de kruisende lijnen onderdeel zijn van het onderzoek. Deze keuze is gemaakt om de respondenten zo blanco mogelijk de vragenlijst te laten invullen zonder voorkennis, verwachtingen of reden tot onderling (online) overleg.