



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur in de beleidsinformatica

### **Masterthesis**

***Een kader om de geschiktheid van conformance checking technieken te toetsen voor  
auditdoeleinden***

### **Toon Van Camp**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur in de beleidsinformatica

### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Mieke JANS

### **BEGELEIDER :**

Mevrouw Manal LAGHMOUCH



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)  
Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2021**  
**2022**



# Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur in de beleidsinformatica

## ***Masterthesis***

***Een kader om de geschiktheid van conformance checking technieken te toetsen voor  
auditdoeleinden***

### **Toon Van Camp**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur in de beleidsinformatica

### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Mieke JANS

### **BEGELEIDER :**

Mevrouw Manal LAGHMOUCH



## Voorwoord

Voor u ligt de scriptie ‘Een kader om de geschiktheid van conformance checking technieken te toetsen voor auditdoeleinden’.

In een tijdperk waar de metafoor ‘*data is the new oil*’ steeds meer gehoor krijgt, heb ik een grote interesse ontwikkeld voor het creëren van waarde met data. Net zoals onbewerkte olie weinig nut heeft, is ook data enkel waardevol als we manieren vinden om er waarde uit te halen. Dit heeft dan ook mijn interesse getriggerd in onderzoek naar hoe conformance checking technieken, die waarde creëren uit procesdata, ingezet kunnen worden op maat van het auditberoep.

Het proces verliep niet altijd even vlekkeloos. Zo zijn er momenten geweest dat ik op een dood spoor zat en de uitweg niet direct vond. Gelukkig ben ik op deze momenten altijd goed begeleid geweest, waarvoor ik ook graag mijn dank wil betuigen.

Bedankt Professor Jans, om me te ondersteunen in het zoeken naar het juiste spoor. Naast de nuttige feedback, was het enorm bemoedigend dat u ook de positieve zaken benoemde, en zo mijn onzekerheid die regelmatig overheerste, omzette in motivatie.

Bedankt Manal Laghmouch, voor de steeds waardevolle feedback, die niet alleen heeft bijgedragen tot een betere tekst, maar me ook op een andere manier heeft leren kijken naar zaken. Zo werd het schrijven van deze masterproef een interessante leerervaring.

Bij deze wens ik u een aangename leeservaring.

Toon Van Camp  
Hasselt, juni 2022

# Een kader om de geschiktheid van conformance checking technieken te toetsen voor auditdoeleinden

Toon Van Camp<sup>a</sup>, Mieke Jans<sup>a</sup>, Manal Laghmouch<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Universiteit Hasselt, 3590 Diepenbeek, België*

---

## Abstract

Bedrijven zetten steeds meer in op informatiesystemen om hun bedrijfsprocessen te ondersteunen. Deze systemen registreren en capteren grote hoeveelheden data. De aanwezigheid van deze data opent nieuwe deuren voor het auditdomein. Process mining technieken bieden mogelijkheden om de beperkingen van een traditionele audit te overwinnen. Process mining is een verzameling van technieken en methodes om inzichten over bedrijfsprocessen uit informatiesystemen te halen. Het inzetten van deze technieken in een auditcontext kan een nieuw tijdperk voor het veld inluiden: auditing 2.0. Conformance checking is een subdomein van process mining, waarbij het geobserveerde gedrag, opgeslagen door informatiesystemen, vergeleken wordt met een vooropgesteld procesmodel. Ondanks dat de meerwaarde van conformance checking aangetoond is in de academische wereld, blijft een grootschalige adoptie door het auditdomein achterwege. De belangrijkste reden hiervoor is het feit dat de conformance checking technieken niet specifiek op maat ontwikkeld zijn van de auditor. Bovendien is er nog geen pasklaar antwoord op de vraag welke (eigenschappen van) conformance checking technieken voldoen aan de vereisten van de auditor. Deze studie tracht een bijdrage te leveren door in kaart te brengen in welke mate de eigenschappen van conformance checking technieken voldoen aan de vereisten van de auditor. Hiervoor worden eerst zowel de vereisten van het auditdomein als de kenmerken van conformance checking technieken in kaart gebracht. Nadien wordt een parallel getrokken tussen beide aspecten op basis van reeds onderzochte verbanden in de literatuur. Het resultaat van deze studie is een kader waarmee de geschiktheid van de mogelijke eigenschappen van conformance checking technieken getoetst kan worden aan de vereisten van de auditor.

*Keywords:* process mining, conformance checking, auditing, evaluatiekader

---

## 1. Inleiding

Bedrijven zetten steeds meer in op het digitaliseren en automatiseren van processen. De groei van nieuwe technologieën stelt bedrijven in staat meer informatie te genereren en deze sneller te analyseren. Deze revolutie resulteert in nieuwe mogelijkheden voor het auditveld (Vasarhelyi et al., 2005).

Een auditor dient te controleren of de organisatie haar bedrijfsprocessen binnen de vooropgestelde grenzen en regels uitvoert. Dit kunnen zowel externe grenzen zijn (bijvoorbeeld wetten opgelegd door de overheid) als interne grenzen (bijvoorbeeld interne regelgeving of procedures opgelegd door het bestuur van het bedrijf). Een externe audit focust zich op de naleving van de externe wetgeving en regulering. Het doel van een interne audit is minder strikt gedefinieerd en gaat breder dan het doel van de externe audit. Zo kan een interne audit zich focussen op de interne en externe grenzen, als ook op de efficiëntie van bedrijfsprocessen. Vervolgens trachten auditors na te gaan of er afwijkingen zijn tussen het gedrag dat de auditor observeert en gedrag dat verwacht wordt (Gantz, 2013). Traditioneel verifieert een auditor enkel een steekproef van de beschikbare data, aangezien het te tijdsintensief, en bijgevolg te duur is, om alle beschikbare data te controleren. Vanwege dezelfde reden wordt een audit slechts op periodieke momenten uitgevoerd. Dit heeft als nadelig gevolg dat de auditor zich enkel kan baseren op historische data (Appelbaum et al., 2017).

Eenzijds is er de opkomst van informatiesystemen die de bedrijfsprocessen ondersteunen en daarbij grote hoeveelheden data registreren. Anderzijds groeit het aanbod van nieuwe data-analysetechnieken om deze data snel te verwerken. Dit opent nieuwe wegen voor het auditberoep. Eerst en vooral kunnen huidige auditprocedures geautomatiseerd worden, wat resulteert in een hogere efficiëntie en dus lagere kosten. Daarnaast bieden deze nieuwe data-analysetechnieken de mogelijkheid om alle beschikbare data te verifiëren. Waar een traditionele audit enkel een steekproef ter beschikking heeft, kunnen de toekomstige auditprocedures dus een globaal overzicht bieden. Tot slot stelt de nieuwe technologie bedrijven ook in staat real-time controles uit te voeren en zelfs voorspellingen te maken wanneer een lopend proces een grens dreigt te overschrijden (van der Aalst et al., 2011; Appelbaum et al., 2017; Lombardi et al., 2015).

Een van de veelbelovende data-analysetechnieken om deze nieuwe vorm van auditing te realiseren is *process mining* (van der Aalst et al., 2010). Process mining bestaat uit een verzameling van technieken voor het analy-

seren van processen. Het doel van process mining is het winnen van procesgerelateerde inzichten uit event logs. In een event log wordt informatie opgeslagen over de gebeurtenissen die plaatsvinden in een proces (i.e. event data). Deze event data wordt geregistreerd door (procesbewuste) informatiesystemen die het bedrijfsproces ondersteunen (van der Aalst, 2016). Process mining kan onderverdeeld worden in verschillende subdomeinen. Deze studie focust zich op het subdomein *conformance checking*. Conformance checking technieken controleren in welke mate de geregistreeerde event data overeenkomt met het vooropgestelde procesmodel (Rozinat and van der Aalst, 2008). Het doel van conformance checking is het vinden van overeenkomsten en afwijkingen tussen het geobserveerde gedrag en het gemodelleerde gedrag. De conformance check resulteert in output op globaal en lokaal niveau. Op globaal niveau beschrijft de conformance check aan de hand van een percentage in welke mate het geobserveerde gedrag overeen komt met het gemodelleerde gedrag. Op lokaal niveau brengt de conformance check in kaart waar de afwijkingen zich bevinden (van der Aalst, 2016). Hier kan een parallel getrokken worden met het doel van een audit, waarbij de auditor het werkelijke gedrag binnen een bedrijf vergelijkt met het vooropgestelde standaardgedrag. Ongewenste afwijkingen tussen de data in de event log en het procesmodel suggereren dat er fraude heeft plaatsgevonden. Dit benadrukt de potentiële waarde van het gebruik van conformance checking technieken in een auditcontext (Jans et al., 2013).

Ondanks dat de potentiële meerwaarde van conformance checking technieken in een auditcontext aangetoond is in de academische wereld, zijn ze nog niet ver genoeg ontwikkeld voor een volledige adoptie in het auditveld (Jans and Hosseinpour, 2018). Niet alleen kost de adoptie door auditors tijd voor het aanleren van de specifieke vaardigheden, ook moeten de auditors overtuigd zijn dat de technologie voldoet aan hun professionele vereisten (Jans et al., 2013). Er is dus nood aan verder onderzoek om de huidige conformance checking technieken in praktijk te brengen voor auditors. In Jans and Hosseinpour (2018) wordt volgende onderzoeksmogelijkheid voorgesteld: "Om deze (conformance checking) technieken toepasbaar te maken, dienen de vereiste input- en outputspecificaties van deze technieken aangepast te worden aan het auditdomein.". Bovendien is er in de literatuur een waaier aan conformance checking technieken beschikbaar. Initieel controleerden de technieken enkel de volgorde van activiteiten in het proces (Rozinat and van der Aalst, 2008). Nadien is dit uitgebreid met technieken die ook het data-perspectief in acht nemen (bijvoorbeeld de persoon die de activiteit

heeft uitgevoerd) (de Leoni et al., 2012). Doordat het data-perspectief in acht nemen tijdsintensief is, wordt in de Leoni et al. (2014) een methode voorgesteld om de conformance check efficiënter te laten verlopen. Alizadeh et al. (2015) stelt een techniek voor die focust op de verklaarbaarheid van afwijkingen tussen het werkelijke gedrag en het normatieve proces. Dit zijn vier voorbeelden van het feit dat elke techniek zijn eigen kenmerk en meerwaarde heeft. Niet ieder kenmerk is daarom vanzelfsprekend een meerwaarde voor het auditveld. Er is per slot van rekening ook nog geen pasklaar antwoord op de vraag welke (delen van) technieken geschikt zijn voor auditing.

Deze studie tracht een bijdrage te leveren door *een kader aan te bieden dat de geschiktheid van conformance checking technieken toetst voor auditdoeleinden*. Op die manier kan in kaart gebracht worden in welke mate de (eigenschappen van) technieken voldoen aan de vereisten van een audit en aan welke vereisten nog voldaan moet worden. Deze studie vertrekt daarom vanuit de vereisten van de auditor. Vervolgens wordt een parallel getrokken tussen deze vereisten en de mogelijke eigenschappen van conformance checking technieken op basis van reeds onderzochte relaties in de literatuur. Het resultaat is een kader dat in kaart brengt welke mogelijke eigenschappen van een conformance checking techniek tegemoetkomen aan de noden van de auditor. Het kader kan ingezet worden om na te gaan in welke mate een conformance checking techniek uit de literatuur geschikt is voor auditdoeleinden, alsook als hulpmiddel bij de ontwikkeling van nieuwe technieken op maat van het auditberoep.

Het vervolg van deze paper is als volgt gestructureerd. In Sectie 2 wordt de achtergrond van process mining in kaart gebracht en hoe het conceptueel kan toegepast worden in het auditdomein. De methodologie van deze studie wordt vervolgens besproken in Sectie 3. Om na te gaan welke eigenschappen voldoen aan de vereisten van het auditveld, worden in Sectie 4 de vereisten van een audit in kaart gebracht. In Sectie 5 worden de mogelijke eigenschappen van conformance checking technieken beschreven en geclassificeerd in dimensies. Vervolgens wordt in Sectie 6 getoetst welke eigenschappen van de technieken voldoen aan de opgesomde requirements. In Sectie 7 volgt een kritische discussie van het kader. Tot slot wordt deze paper geconcludeerd in Sectie 8.



## 2. Achtergrond

In deze sectie wordt de achtergrond van process mining (2.1) en de toepassing van process mining in een auditcontext (2.2) beschreven.

### 2.1. *Process mining*

Process mining is een relatief jong onderzoeksgebied dat begin deze eeuw tot stand is gekomen vanuit de academische wereld. Process mining is ontwikkeld door informatici en vindt zijn oorsprong in het Business Process Management (BPM) domein (van der Aalst, 2018; Jans et al., 2014). Deze ontwikkeling is te danken aan de opkomst van procesbewuste informatiesystemen. Een voorbeeld van deze informatiesystemen zijn Enterprise Resource Planning systemen (ERP-systemen). ERP-systemen worden door bedrijven gebruikt ter ondersteuning van hun processen (bijvoorbeeld het purchase-to-pay proces). Een ander voorbeeld zijn Customer Relationship Management systemen (CRM-systemen) die alle interacties met de klant loggen (van der Aalst et al., 2007; van der Aalst and de Medeiros, 2005). Een gemeenschappelijk kenmerk van deze procesbewuste informatiesystemen is dat ze informatie over de gebeurtenissen in de systemen, event data, opslaan in een event log. Deze event data bevat proces-gerelateerde informatie over welke activiteit heeft plaatsgevonden, wie deze activiteit heeft uitgevoerd, op welk moment deze activiteit is uitgevoerd enzovoort. Een event is dus een specifieke gebeurtenis geregistreerd door het systeem. Een volgorde van bepaalde events wordt een trace genoemd. Ieder event maakt deel uit van een overkoepelende case of proces-instantie. Deze proces-instantie is het specifieke document dat het proces doorloopt (e.g. een aankooporder, een factuur). Voor de toepassing van process mining technieken moet de event log aan drie vereisten voldoen. Ten eerste moet ieder event een case-identificatienummer (i.e. case ID) bevatten, zodat het event gelinkt kan worden aan de overkoepelende proces-instantie. Ten tweede dient het event een label te bevatten dat verwijst naar een bepaalde taak of activiteit in het proces. Tot slot moeten de events geordend kunnen worden binnen de overkoepelende proces-instantie. Dit wordt meestal mogelijk gemaakt door de tijdstempel die het event krijgt (i.e. de datum en tijd waarop het event plaatsvond). Extra informatie zoals de uitvoerder van een activiteit is niet noodzakelijk vereist in een event log voor de toepassing van process mining, maar het kan wel additionele bruikbare inzichten opleveren (van der Aalst, 2016; Jans et al., 2019; Werner et al., 2021).

Process mining biedt een set van tools en technieken aan om inzichten te verkrijgen in de informatie die beschikbaar is in event logs. Op die manier stelt process mining bedrijven in staat om een beter beeld te krijgen van het werkelijke verloop van de bedrijfsprocessen (van der Aalst, 2016). Process mining technieken kunnen onderverdeeld worden in drie categorieën. De eerste categorie is *process discovery*. Process discovery technieken trachten het procesmodel uit de event log te halen zonder enige voorkennis te hebben van hoe het proces werkelijk ontworpen is (De Weerd et al., 2012). *Conformance checking* is de tweede categorie. Deze set van technieken vergelijkt de geobserveerde data in de event log met het vooropgestelde procesmodel. Op die manier kunnen afwijkingen tussen het verwachte gedrag en het werkelijke gedrag worden vastgesteld (Rozinat and van der Aalst, 2008). Tot slot is er nog *process enhancement*. Het doel van process enhancement is het aanpassen of verbeteren van het vooropgestelde proces op basis van de inzichten die uit de event log gehaald zijn (van der Aalst, 2016). Deze studie focust op het conformance checking domein.

## 2.2. De toepassing van process mining in een auditcontext

Sinds het ontstaan van process mining is er een waaier aan technieken en methodes ontwikkeld. Onderzoek naar process mining heeft zich hoofdzakelijk gefocust op de verbetering van deze technieken en algoritmes vanuit een technisch perspectief (vom Brocke et al., 2021). Van der Aalst en de Medeiros (2005) onderzochten het gebruik van process mining technieken voor het detecteren van inbreuken op de beveiliging van bedrijfssystemen. Een voorbeeld van zo een beveiligingsmechanisme is het vier-ogen-principe waarbij een bepaalde activiteit moet goedgekeurd worden door minimum twee personen. Het ontbreken van een goedkeuring in de event log kan wijzen op een afwijking die verder onderzocht moet worden (van der Aalst and de Medeiros, 2005). Hiermee wordt de potentiële waarde van process mining als analytische tool ter ondersteuning van beveiligingsmechanismes aangetoond. Nadien werd door Jans et al. (2010) en van der Aalst et al. (2010) voor het eerst specifiek in een auditcontext de toegevoegde waarde van process mining in kaart gebracht. Van der Aalst et al. (2010) introduceerde de term 'Auditing 2.0' voor deze nieuwe vorm van auditing waarbij process mining technieken worden gebruikt om een event log te analyseren (van der Aalst et al., 2010). Tot de dag van vandaag wordt nog steeds uitvoerig onderzoek gevoerd naar de adoptie van 'Auditing 2.0' (Jans et al., 2013, 2014; Jans

and Hosseinpour, 2018; Hosseinpour and Jans, 2019; Chiu and Jans, 2019; Werner, 2013, 2017; Werner et al., 2021).

Door het gebruik van process mining technieken is een auditor niet langer overgelaten aan de beperking van "what you see is what you get" (WYSIWYG). Dit houdt in dat een auditor enkel de informatie kan verifiëren die ze ook effectief kunnen observeren. Bij een traditionele audit gaat extra informatie zoals de tijdstippen van de transacties, de persoon die de transactie heeft uitgevoerd enzovoort, de zogeheten metadata, verloren. Deze informatie is echter waardevol voor een auditor. Metadata wordt wel gelogd door informatiesystemen en is bijgevolg beschikbaar in de event log. Bovendien wordt metadata automatisch geregistreerd, ongeacht de gegevens die door de gecontroleerde partij ingegeven zijn in het systeem. Met het gebruik van process mining technieken kan deze informatie dus geanalyseerd worden. Een voorbeeld waar metadata een belangrijke rol kan spelen is bij het plegen van fraude waarbij men de ingegeven boekingsdatum opmerkelijk laat afwijken van de actuele datum. De event log zal de werkelijke datum loggen, onafhankelijk van de boekingsdatum die ingegeven is door de gebruiker (Jans et al., 2010, 2013). Daarnaast pakt process mining het probleem aan dat traditioneel een auditor slechts een steekproef ter beschikking heeft, aangezien de technieken alle data in de event log analyseren (Jans et al., 2013). Verder zorgen process mining technieken er niet alleen voor dat de auditor meer transacties en extra informatie over transacties kan analyseren, maar ze stellen de auditor ook in staat patronen en inzichten in het werkelijk verloop van bedrijfsprocessen bloot te leggen die men anders over het hoofd zou zien. Process discovery technieken zorgen er namelijk voor dat transacties gedetecteerd kunnen worden die altijd gerelateerd zijn aan een bepaald tijdstip, aan een zekere werknemer of leverancier, enzovoort. (Jans et al., 2013).

Naast het feit dat process mining technieken beperkingen van een traditionele audit kunnen overwinnen, brengt deze nieuwe vorm van analyse op zijn beurt andere beperkingen met zich mee. De output is een te groot aantal individuele afwijkingen om allemaal verder te onderzoeken. Bovendien worden de afwijkingen die geïdentificeerd worden door de conformance checking technieken voorgesteld in een taal die vaak te technisch van aard is voor de auditor (Hosseinpour and Jans, 2019).

### 3. Methodologie

Om een kader te ontwikkelen voor na te gaan in welke mate conformance checking technieken voldoen aan de vereisten van een auditor, hanteert deze studie een design science benadering. Er wordt voor deze benadering geselecteerd, aangezien dit onderzoek vertrekt van het probleem dat de huidige conformance checking technieken nog niet voldoende op maat van het auditveld ontwikkeld zijn, en hier een praktische (tussen)oplossing voor tracht te introduceren. Het kader moet ingezet kunnen worden om na te gaan welke huidige conformance checking technieken reeds voldoen aan de vereisten van een auditor, of als een hulpmiddel voor toekomstig onderzoek naar de ontwikkeling van conformance checking technieken specifiek op maat van de auditor. De onderzoeksvraag van deze studie luidt dus als volgt: "Hoe kan de geschiktheid van conformance checking technieken voor auditdoeleinden getoetst worden?".

Deze studie focust op de eerste twee fases van Österle et al. (2011), die een stappenplan beschrijven voor design-georiënteerd onderzoek in informatiesystemen. Gedurende de eerste fase (i.e. de analysefase), dient allereerst het probleem in kaart gebracht te worden. Dit probleem werd reeds aangekaart in voorgaand onderzoek en werd gedurende de exploratieve fase van deze studie achterhaald. De nadruk van de analysefase ligt op het definiëren van de vereisten. Voor deze studie moeten de vereisten van het auditveld achterhaald worden. Deze vereisten werden bepaald op basis van de International Standards on Auditing (ISA) van het International Auditing and Assurance Standards Board (IAASB)<sup>1</sup>. De ISA zijn standaarden voor het voeren van een audit van de jaarrekening. Bovendien worden deze standaarden gehandhaafd door de Verenigde Staten en alle landen die deel uitmaken van de Europese Unie (Werner et al., 2021). De vereisten worden opgelijst in Sectie 4.

De tweede fase is de design-fase waarbij het artefact wordt ontwikkeld. Hierin wordt het kader opgesteld om de eigenschappen van conformance checking technieken te toetsen aan de opgesomde vereisten van het auditveld. Allereerst dienen de eigenschappen van conformance checking technieken te worden opgelijst. Iedere conformance checking techniek tracht een specifieke beperking te overwinnen of focust op een specifiek toepassingsdomein, en heeft bijgevolg zijn eigen kenmerken. Deze eigenschappen kunnen geclassi-

---

<sup>1</sup>[www.iaasb.org](http://www.iaasb.org)

ficeerd worden in overkoepelende dimensies. De basis voor het identificeren van de dimensies van conformance checking ligt in de studie van Jans et al. (2021). Deze paper beschrijft een brainstorming over de toekomst van conformance checking, waarbij de tekortkomingen van de huidige technieken, alsook uitdagingen en opportuniteiten voor dit subdomein van process mining worden aangehaald. Hierbij wordt de vraag gesteld aan onderzoekers in het domein van conformance checking om papers in te dienen die de grenzen van het onderzoeksveld verkennen. In de paper worden verschillende richtingen voorgesteld ter inspiratie. Deze mogelijke richtingen kunnen gezien worden als mogelijke dimensies van conformance checking technieken. De dimensies opgelijst in Jans et al. (2021) worden aangevuld met andere gevonden eigenschappen uit de literatuur. Het resultaat wordt besproken in Sectie 5.

Vervolgens kan het kader worden opgesteld. Hiervoor wordt een parallel getrokken tussen de auditvereisten en de conformance checking technieken. Eerst wordt onderzocht welke auditvereisten gerelateerd zijn aan welke conformance checking dimensies. Nadien wordt voor iedere gevonden relatie nagegaan in welke mate de eigenschappen binnen de overkoepelende conformance checking dimensie voldoen aan de vereisten van de auditor. Dit wordt gedaan aan de hand van reeds aangetoonde relaties in de literatuur. Hiervoor wordt een literatuurstudie gehanteerd en werden de richtlijnen voor een literatuurstudie in onderzoek in informatiesystemen van vom Brocke et al. (2015) gebruikt. Voor de studie werd gebruik gemaakt van de universiteitsbibliotheek van de UHasselt en Google Scholar. Voor het ontdekken van de onderzoeksvraag is er gebruik gemaakt van de zoektermen *process mining AND auditing, conformance checking AND auditing, process mining AND application* en *compliance checking*. Daarnaast zijn er ook nog artikels gevonden door gebruik te maken van *backwards* en *forwards searching*. Dit betekent dat er artikels zijn gevonden aan de hand van de citaties in de artikels die gegenereerd werden door de zoektermen en door te kijken in welke artikels de huidige gevonden artikels geciteerd zijn. De artikels moesten voldoen aan een aantal criteria. Eerst en vooral werd enkel gezocht naar Engelstalige artikels. Dit omdat het grootste deel van de artikels over onderzoek in process mining in het Engels geschreven is. De tijdshorizon werd vastgelegd van 2005 tot op heden. De begindatum van 2005 werd gekozen, aangezien in dat jaartal het artikel van van der Aalst and de Medeiros (2005) voor het eerst een toepassing van process mining als controlemechanisme in kaart bracht. Bovendien werd rond dit tijdstip process mining als onderzoeksdomein ontwikkeld.

## 4. Vereisten van het auditdomein

Het algemeen doel van een financiële audit is het vergaren van een redelijke zekerheid dat de jaarrekening op een eerlijke en correcte manier voorgesteld wordt en bijgevolg vrij is van materiële afwijkingen (ISA 200). Een materiële afwijking wordt gedefinieerd als valse informatie in de financiële verslaggeving van een bedrijf, dewelke een redelijke invloed heeft op de economische beslissingen die gebruikers nemen op basis van deze verslaggeving. Deze afwijkingen kunnen ontstaan door een onopzettelijk fout, de afwezigheid van informatie of fraude. Daarnaast kan het voorvallen dat een afwijking individueel niet materieel is, maar wel in combinatie met andere afwijkingen (ISA 320). De auditor zijn conclusie is afhankelijk van de vereisten voor financiële verslaggeving. Hierbij is de auditor ook altijd verantwoordelijk om rekening te houden met de wet en regelgeving die van kracht zijn (ISA 700). De vereisten van de auditor voor het voeren van een financiële audit worden hieronder opgelijst.

### 4.1. *Efficiëntie*

De ISA stellen niet dat een auditor een absolute zekerheid moet vergaren dat de financiële rapportering vrij is van materiële afwijkingen. Dit is namelijk onmogelijk voor een auditor, aangezien er verschillende beperkingen verbonden zijn aan een audit. Een van die beperkingen is het feit dat een audit gevoerd moet worden binnen een bepaalde tijdsperiode en met beperkte financiële middelen. Bijgevolg is het voor een auditor niet haalbaar om alle beschikbare informatie te onderzoeken binnen een redelijke termijn (ISA 200). Toch stelt deze beperking de auditor niet in staat zijn conclusie te vormen op basis van onvoldoende aannemelijk bewijsmateriaal. Derhalve dient de auditor een planning op te stellen. Het doel van een auditplanning is het voeren van audit op een effectieve en efficiënte manier. Op die manier kan gegarandeerd worden dat er voldoende tijd en middelen beschikbaar zijn om de auditdoelstellingen te bereiken. Een belangrijk onderdeel van de auditplanning is het efficiënt inzetten van de hulpmiddelen van de auditor (ISA 300). Efficiëntie kan dus gezien worden als een belangrijke vereiste voor een auditor.

### 4.2. *Vermogen om materiële afwijkingen te identificeren*

Na het opstellen van de auditplanning, gaat de auditor over op het identificeren van risico's en het inschatten van hun impact op de financiële verslaggeving. Dit doet de auditor door een grondige analyse te voeren van de

gehele omgeving van de gecontroleerde entiteit. De auditor tracht hierbij in te schatten wat de waarschijnlijkheid van een afwijking is en wat de kans is dat het gaat om meerdere afwijkingen van hetzelfde type. Daarnaast tracht de auditor te achterhalen of de geïdentificeerde potentiële afwijkingen een materieel effect kunnen hebben op de financiële verslaggeving (ISA 315).

Zoals aangehaald in de vorige subsectie is het voor een auditor door de beperkte tijd en middelen van een audit niet haalbaar om alle mogelijke afwijkingen te evalueren. Materialiteit kan dus gezien worden als een referentiepunt dat bepaalt of een afwijking al dan niet significant is. Een voorbeeld van zo een referentiepunt kan zijn dat de auditor transacties van honderd euro of minder niet evalueert, aangezien afwijkingen in dit soort transacties geen significante impact zullen hebben op de gebruikers van de financiële verslaggeving. Toch kan de aggregatie van meerdere afwijkingen zonder directe impact wel een materieel effect hebben op de financiële verslaggeving. Daarom introduceren de ISA het begrip *uitvoeringsmaterialiteit*. Dit referentiepunt dient onder het niveau van de totale materialiteit te liggen. Uitvoeringsmaterialiteit verlaagt het risico dat de combinatie van meerdere kleine onjuistheden en weglatingen, die niet gedetecteerd werden door de auditor, leidt tot een overschrijding van het materialiteitsniveau (ISA 320).

Het niveau waarop de (uitvoerings)materialiteit gezet wordt, is afhankelijk van het professioneel oordeel van de auditor. Hierbij dient de auditor rekening te houden met noden van de gebruikers van de financiële informatie. De auditor wordt niet verantwoordelijk gesteld voor het detecteren van afwijkingen die geen materieel effect hebben op de gehele financiële verslaggeving (ISA 320). Om te bepalen of afwijkingen materieel zijn, zowel op individueel als geaggregeerd niveau, dient de auditor rekening te houden met de grootte en aard van de afwijking en met de impact van de afwijking (ISA 450).

#### *4.3. Vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs*

De ISA stellen dat de auditor met een redelijke zekerheid moet kunnen oordelen of de financiële verslaggeving al dan niet vrij is van materiële afwijkingen. Deze redelijke zekerheid verkrijgt de auditor wanneer hij voldoende en geschikt auditbewijs vergaard heeft. Voldoende en geschikt auditbewijs is noodzakelijk om het auditrisico (i.e. het vellen van een verkeerd oordeel over materiële afwijkingen in de financiële verslaggeving) in te perken (ISA 200).

Voldoende auditbewijs wordt gezien als de hoeveelheid die nodig is en is afhankelijk van de inschatting van de mogelijke risico's door de auditor. Hoe hoger het risico wordt ingeschat, hoe meer auditbewijs vergaard moet worden.

De geschiktheid van het auditbewijs staat voor de kwaliteit van het bewijs. De kwaliteit wordt bepaald door de aard en door de bron van de informatie, alsook door de relevantie van het bewijs. Beide aspecten zijn afhankelijk van elkaar. Hoe hoger de kwaliteit van het bewijs, hoe minder bewijs nodig kan zijn. Toch zijn beide aspecten even belangrijk. Een grote hoeveelheid bewijs rechtvaardigt immers niet dat het bewijs van lage kwaliteit mag zijn (ISA 500).

#### *4.4. Vermogen om managementfraude te detecteren*

Het voorkomen en detecteren van fraude is in eerste instantie de plicht van het management. Het management dient de mogelijkheden tot het plegen van fraude te minimaliseren. Dit kan bereikt worden door het implementeren van controlemechanismes die fraude voorkomen of detecteren. Bovendien moet een strenge handhaving en monitoring van de regels ervoor zorgen dat werknemers minder geneigd zijn om fraude te plegen. Het is belangrijk dat het management een waterdicht beleid uitrolt en een cultuur creëert waarbij eerlijk en ethisch verantwoord gehandeld wordt (ISA 240).

Aangezien het management de controlemechanismes beheert, is het voor een auditor moeilijker om materiële afwijkingen veroorzaakt door het management te identificeren dan wanneer de materiële afwijking veroorzaakt wordt door een werknemer. Het management is namelijk in de positie om de boekhouding en andere financiële informatie te wijzigen. Bovendien kan het management onopgemerkt acties uitvoeren die wel verhinderd werden indien ze uitgevoerd werden door werknemers. De mate waarin het management de machtiging heeft om controles te omzeilen, is sterk afhankelijk van bedrijf tot bedrijf. Door de onvoorspelbaarheid van de aard van de managementfraude, houdt deze vorm van fraude een significant risico in en is het voor de auditor van groot belang om een professioneel scepticisme te hebben tegenover de acties van het management. De ISA stellen dan ook dat wanneer de auditor een afwijking identificeert, al dan niet materieel, en hij een reden heeft om te vermoeden dat management betrokken is, een herevaluatie van het ingeschatte risico op materiële afwijkingen nodig is (ISA 240).

#### *4.5. In beschouwing nemen van wetten en regularisatie*

De wetten en regularisatie waar de gecontroleerde entiteit aan moet voldoen is afhankelijk van het wettelijk kader waaraan de entiteit onderworpen is. Dit wettelijk kader kan variëren van staat tot staat. Bovendien kunnen binnen eenzelfde staat industrieën sterker gereguleerd zijn dan andere. Zo



zullen entiteiten in de bankensector aan een strengere regelgeving onderworpen zijn dan de gemiddelde entiteit. Het niet naleven van het wettelijk kader kan een materieel effect hebben op de financiële verslaggeving. Daarom is het de verantwoordelijkheid van de auditor om materiële afwijkingen, veroorzaakt door de niet-naleving, te identificeren. Het is echter niet haalbaar voor de auditor om de naleving van alle regelgeving te evalueren. De auditor dient zich enkel te focussen op de naleving van wetten en regularisatie die zowel een direct als indirect materieel effect kunnen hebben op de financiële verslaggeving. Het is dus een belangrijke vereiste voor de auditor om de naleving van wetten en regularisatie door de gecontroleerde entiteit te verifiëren (ISA 250).

#### *4.6. Concluderen en communiceren van het auditoordeel*

De laatste fase in het auditproces is het vormen van een oordeel door de auditor op basis van de conclusies die hij getrokken heeft over het vergaarde auditbewijs (ISA 200). Nadien is het van belang dat de auditor de auditdocumentatie aan de hand van een geschreven rapport communiceert naar de betrokken partijen van de gecontroleerde entiteit (ISA 700). De ISA stellen dat de auditdocumentatie het vergaarde auditbewijs, de auditprocedures die de auditor heeft gevoerd en de conclusies van de auditor moet bevatten (ISA 230). Hierbij is van belang dat de auditor zijn oordeel, bewijsmateriaal en gevoerde auditprocedures op transparante wijze beschrijft (ISA 700).

## **5. Dimensies van conformance checking technieken**

In de literatuur zijn talrijke conformance checking technieken ontwikkeld. Iedere techniek is een unieke combinatie van verschillende eigenschappen zoals wat de techniek als input vereist, wat de techniek als output genereert en het proces om tot deze output te komen. Deze conformance checking kenmerken kunnen geclassificeerd worden in overkoepelende dimensies. In deze sectie worden de dimensies van conformance checking opgelijst.

### *5.1. Modelleertaal*

Een vereiste van conformance checking is de aanwezigheid van een procesmodel, aangezien de technieken afwijkingen detecteren tussen het vooropgesteld procesmodel en de geobserveerde data. Enerzijds zijn er bedrijven die weinig aandacht besteden aan het opstellen van bedrijfsprocessen. Anderzijds zijn er bedrijven met een hoge BPM-maturiteit waarbij de operationele

processen formeel gedocumenteerd zijn. Bedrijven die hun processen ondersteunen met procesbewuste informatiesystemen, kunnen aan de hand van process discovery technieken het procesmodel in kaart brengen. (van der Aalst, 2016; Mannhardt et al., 2018). De notatie om het proces te modelleren is afhankelijk van het process discovery algoritme dat de output genereert (De Weerd et al., 2012). Er is namelijk een waaier aan notatiemethodes beschikbaar om een procesmodel te modelleren (e.g. Petri Net, YAWL, BPMN, DECLARE enzovoort). Er bestaat echter geen consensus over welke notatie de standaardtaal is in het process mining domein (van der Aalst, 2012). Ook voor conformance checking technieken is het afhankelijk van techniek tot techniek welke notatie vereist is. Het merendeel van de technieken in de literatuur maakt gebruik van Petri Nets (Adriansyah et al., 2011; de Leoni et al., 2014; Werner, 2013).

Bovendien kunnen procesmodellen onderverdeeld worden in twee paradigma's. Enerzijds zijn er procedurele modellen (e.g. Petri Net, BPMN enzovoort) die de volgorde van activiteiten bepalen. Anderzijds zijn er declaratieve modellen (e.g. DECLARE, DPIL enzovoort) die de regels voorschrijven waaraan het proces moet voldoen. Zolang de regels gehoorzaamd worden, is elk gedrag mogelijk. Tot slot kunnen beide paradigma's gecombineerd worden (i.e. mixed-paradigma of hybride procesmodellen). Van Dongen et al. (2021) introduceren een conformance checking techniek die zowel het procedurele als declaratieve paradigma in beschouwing neemt (van Dongen et al., 2021).

## *5.2. Perspectief*

Een perspectief in process mining kan gezien worden als de informatie waarop gefocust wordt. Het merendeel van de conformance checking technieken in de literatuur focust op het control flow perspectief (i.e. de volgorde van procesactiviteiten). Informatiesystemen registreren echter veel meer informatie dan enkel deze volgorde. Indien conformance checking technieken abstractie maken van de uitvoerder van een activiteit, de tijdstippen en ander soort data, zullen veel afwijkingen onder de radar blijven (de Leoni et al., 2014).

Naast het control flow perspectief is er het organisatorisch perspectief. Hiervoor is het vereist dat de uitvoerder van de activiteit aanwezig is in de event log. Op die manier is het mogelijk om relaties tussen personen en activiteiten of tussen personen onderling te analyseren. Een analyse van de relaties tussen personen kan het overhandigen van werk in kaart brengen.

Naast de uitvoerders van de activiteiten, kan de event log ook de rollen van uitvoerders opslaan. Op die manier kan achterhaald worden of de uitvoerder de autoriteit heeft om een bepaalde taak uit te voeren. Verder beschrijft het tijdsperspectief de tijdstippen waarop activiteiten zijn gestart, gepauzeerd, gestopt, enzovoort. Zo kunnen allerlei duurtijden in kaart worden gebracht. Tot slot focust het case-perspectief op een individuele proces-instantie (e.g. een aankooporder). Indien een afwijking gedetecteerd is op basis van de voorgaande perspectieven, kan de afwijking hiermee verder in detail geanalyseerd worden (van der Aalst, 2016; Jans et al., 2014).

In principe kan ieder attribuut dat aanwezig is in de event log waardevol zijn voor verdere analyse (e.g. de kost). Het perspectief dat deze extra attributen in beschouwing neemt, wordt vaak omvat als het data-perspectief. De integratie van deze perspectieven in een geheel procesmodel wordt ook wel een multi-perspectiefmodel genoemd (Adriansyah et al., 2011; de Leoni et al., 2014).

### *5.3. Rekentijd*

De hoeveelheid data beschikbaar in event logs neemt alsmaar toe. Dit maakt het voor conformance checking technieken steeds tijdsintensiever om analyses te voeren (Jans et al., 2021). Bovendien zorgt de aanwezigheid van het data-perspectief ervoor dat de complexiteit van de analyse exponentieel toeneemt naarmate de grootte van het model (i.e. aantal activiteiten en attributen) (Valencia-Parra et al., 2021). In de literatuur worden verschillende mechanismes voorgesteld om de rekestijd van de conformance check te minimaliseren. De Leonie et al. (2014) stelt een decompositie-benadering voor. Hierbij wordt het grote conformance checking probleem ontbonden in verschillende kleinere problemen die elk efficiënter kunnen geanalyseerd worden, zonder dat de uitkomst van de analyse beïnvloed wordt. In het experiment van de Leoni et al. (2014) werd aan de hand van een voorbeeld aangetoond dat de rekestijd wanneer het model niet ontbonden was 52891 seconden betrof, terwijl met ontbinding de conformance check maar 52,94 seconden in beslag nam. Zonder een mechanisme om de rekestijd te minimaliseren, is het rekenkundig niet altijd haalbaar om conformance checking toe te passen op event logs uit de praktijk (Mannhardt et al., 2016). De rekestijd is dus een belangrijke dimensie van conformance checking om de technieken in te zetten in een realistische context.

#### 5.4. Conformance maatstaf

Conformance maatstaven drukken op een kwantitatieve wijze uit in welke mate de geobserveerde data in de event log overeenkomt met het vooropgestelde procesmodel (Jans et al., 2021). Deze maatstaven vloeien voort uit de vier criteria om de kwaliteit van het procesmodel gegenereerd door process discovery technieken te evalueren: *fitness*, *precision*, *generalization* en *simplicity* (Rozinat et al., 2007). Maatstaven voor deze criteria kunnen berekend worden op verschillende manieren, afhankelijk van wat de maatstaf exact tracht voor te stellen. Doorheen de jaren zijn dan ook allerlei conformance checking technieken ontwikkeld met diverse conformance maatstaven als output (Syring et al., 2019).

In de literatuur focussen conformance checking technieken voornamelijk op *fitness* (van der Aalst, 2016; Adriansyah et al., 2012). *Fitness* is een kwantitatieve voorstelling van het gedrag in de event log dat kan nagespeeld worden door het procesmodel. Een lage waarde betekent dat een groot deel van het geobserveerde gedrag niet wordt toegelaten volgens het model. Toch is het belangrijk om de oorzaak van de afwijkingen te analyseren, aangezien een afwijking tussen gedrag in de event log en het model niet noodzakelijk het gevolg is van een overtreding van de regels (Carmona et al., 2018c; Rozinat et al., 2007). Een voorbeeld waarbij een afwijking geen gevolg is van een overtreding van regels, is wanneer bij een aankooporder de gewenste hoeveelheid meerdere keren wordt gewijzigd. Ondanks dat het volgens de regelgeving toegelaten is om de hoeveelheid te wijzigen, kan het zijn dat dit niet als standaardgedrag werd gemodelleerd. Daarnaast weergeeft *precision* in welke mate het gemodelleerde gedrag terug te vinden is in de event log. Gedrag met een lage *precision* is gedrag dat gemodelleerd is, maar niet voorkomt in de log. Slechts een beperkt aantal conformance checking technieken ondersteunen dit criterium (Syring et al., 2019). *Generalization* en *simplicity* zijn in mindere mate relevant voor conformance checking technieken en worden daarom buiten beschouwing gelaten.

#### 5.5. Benadering

In de literatuur bestaan verschillende benaderingen om de geobserveerde informatie in de event log met het vooropgesteld procesmodel te vergelijken. Een eerste benadering is *token replay*. Hierbij worden de traces in de event log afgespeeld op het procesmodel. De events in de trace worden stap voor stap doorlopen in het model. Indien de uitvoering van een bepaald event niet mogelijk is volgens het procesmodel, wijst dit op een afwijking. Events die

uitgevoerd worden, dienen een token te consumeren als input en produceren een token als output. Indien een event dient uitgevoerd te worden volgens de event log, maar geen token van een voorgaand event als input beschikbaar heeft om te consumeren, wordt dit aangeduid als een ontbrekende token. Indien een event uitgevoerd is volgens de event log en bijgevolg een token heeft geproduceerd, maar deze token niet verder geconsumeerd wordt door een volgend event in het model, wordt dit aangeduid als een resterende token (van der Aalst, 2016; Carmona et al., 2018b).

Een tweede benadering is *alignments*. De *alignments* benadering kan gezien worden als de evolutie van *token replay* en vormt de kern van het merendeel van de conformance checking technieken (Carmona et al., 2018b). Hierbij wordt een trace uit de event log bovenop een mogelijke volgorde van events in het model gelegd (i.e. de uitvoeringsvolgorde). Indien zowel in de log trace als de uitvoeringsvolgorde van het model hetzelfde event wordt uitgevoerd, wordt dit bestempeld als een *synchronous move*. Indien een event uitgevoerd wordt volgens de event log, maar deze niet voorkomt in de uitvoeringsvolgorde van het model, wordt dit een *log move* genoemd. Indien een event uitgevoerd moest worden volgens de uitvoeringsvolgorde van het model, maar deze niet terug te vinden is in de trace uit de event log, wordt dit een *model move* genoemd. *Log* en *model moves* kunnen bijgevolg gezien worden als afwijkingen. De bijhorende uitvoeringsvolgorde van het model voor iedere trace wordt bepaald zodat er zo weinig mogelijk afwijkingen zijn. Bovendien dient niet iedere mogelijke afwijking een gelijke impact te hebben op de conformance. Zo kan men verschillende kosten toekennen aan bepaalde afwijkingen om deze zwaarder te straffen (van der Aalst, 2016; Adriansyah et al., 2011; Carmona et al., 2018b). García-Bañuelos et al. (2017) stellen dat de *alignments* benadering de meest geavanceerde methode is in het conformance checking domein.

Verder is er de *rule checking* benadering. Hierbij wordt gecontroleerd of de traces in de event log een verzameling van opgestelde regels gehoorzamen. Een voorbeeld van zo een regel kan zijn dat een aankooporder minimaal een keer geaccepteerd dient te worden. Indien voor een bepaalde trace dit event niet plaatsvindt, gaat het om een afwijking. Deze benadering is ideaal voor processen die los gestructureerd zijn, aangezien deze processen moeilijk procedureel gemodelleerd kunnen worden (Carmona et al., 2018b).

### 5.6. *Procesdiagnostieken*

De laatste dimensie betreft de output van de conformance check. Procesdiagnostieken bieden een meerwaarde aan de eindgebruiker door context en structuur toe te voegen aan de originele procesdata. Voorbeelden van deze procesdiagnostieken binnen conformance checking zijn de detectie van afwijkingen, analyse van de oorzaak van de afwijkingen, de groepering van afwijkingen en prestatie-analyse (Jans et al., 2021). Allereerst zijn er de globale conformance maatstaven. Deze maatstaven betreffen de kwantificering van de conformiteit van de gehele event log en geven analisten al een eerste beeld op een globaal niveau (Carmona et al., 2018b).

Toch kan het in veel gevallen belangrijk zijn om de oorzaak van de afwijkingen dieper te onderzoeken. Lokale diagnostieken brengen de punten in kaart waar de afwijkingen zich bevinden (van der Aalst, 2016). Een nadeel van de huidige conformance checking technieken is dat deze lokale diagnostieken vaak te technisch van aard zijn, waardoor ze moeilijk te begrijpen zijn door een analist zonder technische achtergrond (Hosseinpour and Jans, 2019). Verschillende studies onderzochten manieren om een gebruiksvriendelijkere betekenis te geven aan de feedback die conformance checking technieken als output produceren (de Leoni et al., 2014; García-Bañuelos et al., 2017; Hosseinpour and Jans, 2019; Mannhardt et al., 2016). De wijze van feedback kan onderverdeeld worden in visuele feedback en tekstuele feedback (García-Bañuelos et al., 2017). Zoals besproken in de vorige subsectie is de *alignments* benadering de meest gebruikte conformance checking benadering. De output in tabelvorm is echter omslachtig voor een menselijke eindgebruiker om te interpreteren. Onder meer Carmona et al. (2018a) en Mannhardt et al. (2016) stellen het gebruik van kleurencodes voor. Deze oplossing stelt de analist in staat om de locatie en frequentie van afwijkingen sneller te identificeren. Dit kan voor iedere trace individueel voorgesteld worden, maar ook voor het model in zijn geheel. Hierbij wordt dan het procesmodel gevisualiseerd. Zowel activiteiten als datavariabelen kunnen in kaart gebracht worden. Een mogelijkheid is dat hoe donkerder de activiteit of datavariabele gevisualiseerd wordt, hoe meer afwijkingen zich daar bevinden. Op die manier heeft de analist een overzicht over waar en in welke hoeveelheid de afwijkingen zich voordoen (Carmona et al., 2018a; Mannhardt et al., 2016).

Daarnaast voorziet tekstuele feedback de analist van informatie over de afwijking in tekstvorm. García-Bañuelos et al. (2017) stellen een conformance checking techniek voor waarbij de afwijkingen beschreven worden aan de hand van verklaringen in natuurlijke taal. Door deze verklaringen zijn de

afwijkingen tussen het model en geobserveerde gedrag makkelijker te begrijpen voor de analist. Een voorbeeld van zo een verklaring is "In de event log vindt *Betaal factuur* plaats voor *Keur aankooporder goed*." (García-Bañuelos et al., 2017).

## 6. Parallel tussen vereisten van het auditdomein en dimensies van conformance checking

In Sectie 5 werden de dimensies van conformance checking technieken reeds opgelijst. Onder iedere dimensie vallen verschillende mogelijke eigenschappen van conformance checking technieken (e.g. '*Token replay*' kan gezien worden als een eigenschap van een conformance checking techniek voor de dimensie 'benadering', 'BPMN' kan gezien worden als een eigenschap van een conformance checking techniek voor de dimensie 'modelleertaal'). In deze sectie wordt een parallel getrokken tussen de auditvereisten en de conformance checking dimensies. Eerst wordt onderzocht welke dimensies gerelateerd zijn aan welke auditvereisten (Subsectie 6.1). Nadien wordt voor iedere gevonden relatie nagegaan welke eigenschappen van de conformance checking technieken binnen de overkoepelende dimensie het meest geschikt zijn voor de auditvereiste (Subsectie 6.2).

### 6.1. Relatie tussen vereisten van het audit domein en dimensies van conformance checking

In deze sectie wordt voor iedere auditvereiste onderzocht welke conformance checking dimensies gerelateerd zijn aan de vereiste. In tabel 1 wordt een visueel overzicht gegeven van de gevonden relaties.

#### 6.1.1. Efficiëntie

Een belangrijk onderdeel van de auditplanning is het efficiënt inzetten van de hulpmiddelen van de auditor (ISA 300). In deze sectie wordt nagegaan aan welke conformance checking dimensies deze vereiste gerelateerd is.

Mannhardt et al. (2016) stellen dat het rekenkundig niet altijd haalbaar is om traditionele conformance checking technieken toe te passen op event logs uit de praktijk. De hoeveelheid data in event logs wordt alsmaar groter en dit resulteert in een hoge complexiteit van de analyse. Om conformance checking technieken in te zetten in de praktijk, is het belangrijk dat de techniek de complexe event log kan verwerken binnen een redelijke tijdsduur (Jans et al., 2021; Valencia-Parra et al., 2021). Hieruit kan geconcludeerd worden dat

de vereiste van audit-efficiëntie gerelateerd is aan de rekentijd-dimensie van conformance checking technieken.

### 6.1.2. Vermogen om materiële afwijkingen te identificeren

Auditors dienen afwijkingen te identificeren die een materieel effect kunnen hebben op de financiële verslaggeving. Materialiteit kan gezien worden als een referentiepunt dat bepaalt of een afwijking een significante impact kan hebben op de financiële verslaggeving (ISA 315). In deze sectie wordt onderzocht aan welke conformance checking dimensies deze vereiste gerelateerd is.

Allereerst kan er een parallel getrokken worden tussen het vermogen om materiële afwijkingen te identificeren en de perspectief-dimensie van conformance checking technieken. Conformance checking technieken die alleen focussen op het control flow perspectief van het proces, kunnen belangrijke afwijkingen missen zoals de uitvoerder en het tijdstip van een activiteit (de Leoni et al., 2014). Zo kan de volgorde van de activiteiten *Stel aankooporder op* en *Keur aankooporder goed* toegelaten zijn vanuit het control flow perspectief. Indien er echter gekeken wordt vanuit het organisatorisch perspectief, kan het voorvallen dat beide activiteiten door dezelfde persoon zijn uitgevoerd, wat niet toegestaan is. Bovendien stelt de studie van Schultz et al. (2012) dat een externe auditor geïnteresseerd is in stroom van data doorheen het proces. Deze data bevindt zich in documenten zoals het aankooporder, het ontvangstbewijs en de factuur. Activiteiten in het proces die deze data als input gebruiken of als output wegschrijven, hebben bijgevolg een effect op de financiële verslaggeving (Schultz et al., 2012). Daarom is ook de informatie in deze documenten van belang voor de auditor. Aangezien de perspectief-dimensie beschrijft welke informatie de conformance checking techniek in beschouwing neemt, kan geconcludeerd worden dat er een relatie is tussen het perspectief van de conformance checking techniek en de auditvereiste om materiële afwijkingen te identificeren.

Ten tweede is het vermogen om materiële afwijkingen te identificeren gerelateerd aan de benadering-dimensie van conformance checking. De conformance checking techniek dient enkel rekening te houden met afwijkingen die een materieel effect hebben op de financiële verslaggeving (ISA 315). Traditionele conformance checking technieken genereren een overvloed aan afwijkingen (Hosseinpour and Jans, 2019). Niet iedere afwijking brengt echter ernstige gevolgen met zich mee. Het kan bijvoorbeeld voorvallen dat activiteit *Check documenten* tweemaal voorkomt in de event log, ondanks dat dit



niet als standaardgedrag is vooropgesteld. Toch zal deze afwijking voor de auditor van minder belang zijn, aangezien deze activiteit geen materieel effect heeft op de financiële verslaggeving van een bedrijf. Wanneer daarentegen de activiteit *Betaal factuur* tweemaal voorkomt in de event log, zal de auditor een groter belang hechten aan deze afwijking, aangezien dit een materieel effect kan hebben op de financiële verslaggeving het bedrijf (Adriansyah et al., 2011). Tijdens de risicobeoordelingsfase zal de auditor bepaalde afwijkingen dus een hoger risico toekennen met betrekking tot een materiële impact op de financiële verslaggeving. Bijgevolg is het wellicht waardevol voor de auditor indien de conformance checking techniek deze afwijkingen zwaarder straft. Zo zullen materiële afwijkingen makkelijker onderscheiden kunnen worden van afwijkingen zonder effect. Er kan dus geconcludeerd worden dat er een relatie is tussen de benadering van de conformance checking techniek en de auditvereiste om materiële afwijkingen te identificeren.

### *6.1.3. Het vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs*

Het is een vereiste van de auditor om voldoende en geschikt auditbewijs te verzamelen, om zo het auditrisico (i.e. het vellen van een verkeerd oordeel over materiële afwijkingen in de financiële verslaggeving) in te perken (ISA 200). In deze sectie wordt onderzocht aan welke conformance checking dimensies deze vereiste gerelateerd is.

Voldoende auditbewijs staat voor de hoeveelheid bewijs die nodig is, terwijl geschikt auditbewijs staat voor de kwaliteit van het bewijs. Conformance checking technieken dienen dus zowel informatie te verschaffen aan de auditor over het aantal keer dat een afwijking voorkomt, als over de relevantie en betrouwbaarheid van de afwijkingen. De informatie die aan de auditor verschaft wordt, is afhankelijk van de output van de conformance checking techniek. Bijgevolg kan deze auditvereiste gerelateerd worden aan de procesdiagnostieken-dimensie. Onder meer de Leoni et al. (2014) stellen een conformance checking techniek voor waarbij met kleurencodes gewerkt wordt in de output. De locaties waar geen afwijkingen voorkomen, worden voorgesteld met een witte kleur. Naarmate er meer afwijkingen van hetzelfde type voorkomen, kleurt de locatie van de afwijking steeds roder. Dit type output kan gelinkt worden aan het vergaren van voldoende auditbewijs.

Daarnaast resulteren traditionele conformance checking technieken in een overvloed aan afwijkingen die gedetecteerd zijn. Dit maakt het bijgevolg moeilijk voor de auditor om deze verder te analyseren (Hosseinpour and Jans, 2019). Hosseinpour en Jans (2019) onderzochten in welke categorieën

auditors afwijkingen classificeren op vlak van de volgorde van activiteiten in een proces. Hieruit blijkt dat auditors drie overkoepelde groepen van afwijkingen erkennen: activiteiten die missen, activiteiten die dubbel voorkomen en activiteiten die voorkomen op een andere plaats dan verwacht. Het categoriseren van afwijkingen geeft de auditor een beter inzicht in de frequentie van de afwijkingen op een hoger niveau. Bovendien zijn afwijkingen op een laag niveau vaak te technisch en weinigzeggend voor de auditor. (Hosseinpour and Jans, 2019). Dit bemoeilijkt wellicht het proces van de auditor om geschikt auditbewijs te vergaren.

Een gelijkaardige parallel kan worden getrokken met de modelleertaal. De procesdiagnostieken, die het resultaat zijn van de conformance check, kunnen weergegeven worden op procesmodelniveau (de Leoni et al., 2014). Hierbij is de voorstelling van het procesmodel belangrijk voor de begrijpelijkheid van de resultaten (Kalenkova et al., 2015). Een geschikte voorstelling van het procesmodel kan de auditor ondersteunen bij het vergaren van informatie over de structuur van het proces en de controlemechanismes, alsook over materiële afwijkingen (Boritz et al., 2012). Er kan dus geconcludeerd worden dat naast de procesdiagnostieken, ook de modelleertaal gerelateerd is aan de auditvereiste om voldoende en geschikt auditbewijs te vergaren.

#### *6.1.4. Vermogen om managementfraude te detecteren*

Het management van een bedrijf zit vaak in een positie om controlemechanismes onopgemerkt te omzeilen. Dit bemoeilijkt het proces van de auditor om materiële afwijkingen veroorzaakt door het management te identificeren. Acties van het management vergen bijgevolg extra aandacht van de auditor (ISA 240). In deze sectie wordt nagegaan aan welke conformance checking dimensies deze auditvereiste gerelateerd is.

Allereerst is het noodzakelijk dat de auditor acties van het management kan onderscheiden van acties van de werknemers. De conformance checking techniek dient dus in beschouwing te nemen door wie de activiteiten in het proces zijn uitgevoerd. Dit kan gelinkt worden aan het perspectief van de conformance checking techniek. Daarnaast kan het vermogen om managementfraude te detecteren gerelateerd worden aan de benadering-dimensie. Aangezien ISA 240 stelt dat afwijkingen waarbij het vermoeden heerst dat het management betrokken is een hoger risico inhouden, is het voor de auditor mogelijk waardevol dat de conformance checking techniek een hogere ernst aan deze afwijkingen toekent. Op die manier kan de auditor extra aandacht schenken aan deze afwijkingen. Er kan dus geconcludeerd worden

dat het vermogen om managementfraude te detecteren gerelateerd is aan de perspectief-dimensie en benadering-dimensie van conformance checking technieken.

#### *6.1.5. In beschouwing nemen van wetten en regularisatie*

ISA 250 stelt dat de auditor de naleving van externe wetten en regularisatie door de gecontroleerde entiteit dient te controleren, indien de overtreding een materieel effect kan hebben op de financiële verslaggeving. Hieronder wordt nagegaan aan welke conformance checking dimensies deze auditvereiste gerelateerd is.

Het wettelijk kader waaraan de gecontroleerde entiteit moet voldoen, beschrijft het vooropgesteld standaardgedrag. De entiteit kan vrij handelen, zolang gehoorzaamd wordt aan de wetten en regulatie die van kracht zijn. Dit komt overeen met het declaratief procesmodel, waarbij zolang aan de vooropgestelde regels gehoorzaamd wordt, elk gedrag mogelijk is. De auditvereiste om wetten en regularisatie in beschouwing te nemen kan bijgevolg gelinkt worden aan de modelleertaal-dimensie van conformance checking.

#### *6.1.6. Concluderen en communiceren van het auditoordeel*

Tijdens de laatste fase dient de auditor het auditoordeel te vullen op basis van de conclusies die getrokken zijn over het verzamelde auditbewijs (ISA 200). Nadien dient de auditor het oordeel te communiceren naar de betrokken partijen (ISA 700). Hieronder wordt nagegaan aan welke conformance checking dimensies deze auditvereiste gerelateerd is.

Bij het vullen van het auditoordeel, is de auditor vereist te besluiten of de geïdentificeerde afwijkingen de aanvaardbare tolerantie overschrijden (ISA 530). Verder dient de auditor de aard van de afwijking, alsook de grondoorzaak te communiceren naar de gecontroleerde entiteit (ISA 330). Procesdiagnostieken kunnen de auditor hier wellicht bij ondersteunen. Een nadeel van de huidige conformance checking technieken is dat de output vaak te technisch en weinigzeggend voor de eindgebruiker is. Dit kan het proces om het auditoordeel te vormen bemoeilijken. Gebruiksvriendelijke procesdiagnostieken zoals onder meer het categoriseren van afwijkingen en de frequentie van afwijkingen kunnen de auditor hiermee helpen (Hosseinpour and Jans, 2019). Het concluderen en communiceren van het auditoordeel kan bijgevolg gelinkt worden aan de de procesdiagnostieken-dimensie.

		Conformance checking dimensies					
		Modeller- taal	Perspectief	Rekentijd	Conformance maatstaf	Benadering	Procesdiag- nostieken
Auditvereisten	Efficiëntie			x			
	Vermogen om materiële afwijkingen te identificeren		x			x	
	Vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs	x					x
	Vermogen om management- fraude te detecteren		x			x	
	In beschouwing nemen van wetten en regularisatie	x					
	Concluderen en communiceren van het auditoordeel						x

Tabel 1: Relatie tussen auditvereisten en conformance checking dimensies

## 6.2. Impact van conformance checking eigenschappen op de auditvereisten

In Subsectie 6.1 werd voor iedere auditvereiste vastgesteld aan welke conformance checking dimensies de vereiste gerelateerd is. In deze subsectie wordt voor iedere gevonden relatie nagegaan welke eigenschappen binnen de overkoepelende conformance checking dimensie geschikt zijn voor de auditvereiste.

### 6.2.1. Efficiëntie

Zoals besloten in Subsectie 6.1 is de rekentijd van conformance checking technieken gerelateerd aan het efficiënt inzetten van audithulpbronnen. Doordat traditionele technieken de complexe event logs niet verwerkt krijgen, is er nood aan een mechanisme dat de prestatie van conformance checking technieken verbetert. In de literatuur zijn verschillende methodes voorgesteld. Decompositie is een veelgebruikte methode. Hierbij wordt het conformance checking probleem opgedeeld in kleinere problemen, die elk efficiënter opgelost kunnen worden. Er is aangetoond dat decompositie het resultaat niet beïnvloedt (de Leoni et al., 2014). Verschillende varianten op de decompositiemethode zijn voorgesteld (van der Aalst and Verbeek, 2013; Leemans et al., 2018; de Leoni et al., 2014; Munoz-Gama et al., 2014; Valencia-Parra et al., 2021). Daarnaast stellen Bauer et al. (2022) een methode voor waarbij met een steekproef wordt gewerkt. Hierbij wordt slechts een fractie van de beschikbare data in beschouwing genomen. Vervolgens worden de *fitness* en andere diagnostieken over de afwijkingen benaderd. Het grote verschil tussen de decompositie-methode en de steekproef-methode is dat de eerstgenoemde wel alle events uit de event log in beschouwing neemt. Wanneer de conformance check uitgevoerd wordt met als doel de naleving van standaardgedrag te controleren, zoals bij een audit het geval is, is het noodzakelijk dat individuele afwijkingen verder onderzocht kunnen worden. De steekproef-methode is hier niet voor geschikt, aangezien de diagnostieken over de afwijkingen slechts een benadering zijn (Bauer et al., 2022). Deze bevindingen worden gevisualiseerd in tabel 2.

Traditionele conformance checking technieken schieten dus tekort op vlak van rekentijd, aangezien ze het aantal events in reële event logs niet verwerkt krijgen (Leemans et al., 2018). Om de efficiëntie van de audit te garanderen, kan vastgesteld worden dat een mechanisme om de prestatie van de conformance check te verbeteren noodzakelijk is. Hierbij is het vereist dat de auditor nog steeds in staat is om individuele afwijkingen verder te onderzoeken. De decompositie-methode is bijgevolg beter geschikt voor de auditor

dan de steekproef-methode.

		Rekentijd		
		Geen mechanisme	Decompositie	Steekproef
Efficiëntie	Verbeterde prestatie		x	x
	Vermogen om individuele afwijkingen verder te onderzoeken		x	

Tabel 2: Impact van conformance checking eigenschappen op efficiëntie

### 6.2.2. Vermogen om materiële afwijkingen te identificeren

In Subsectie 6.1 werd reeds aangetoond dat de perspectief-dimensie van conformance checking gerelateerd is aan de vereiste om materiële afwijkingen te identificeren. Hier wordt verder uitgeklaard welke perspectieven vereist zijn voor de auditor. Ten eerste is er het control flow perspectief. Mueller-Wickop et al. (2013) stellen dat de volgorde van activiteiten van belang is voor de auditor om de structuur van het proces en de werking van de controlemechanismes te valideren. Verder halen Mueller-Wickop et al. (2013) ook aan dat alleen naar de volgorde van verschillende procesactiviteiten bekijken niet voldoende is. Voor de auditor is het van belang om na te gaan welke documenten door de procesactiviteiten als input of output gebruikt worden en aan welke journaalposten deze documenten gerelateerd zijn (Schultz et al., 2012). Bijvoorbeeld bij de activiteit *Ontvang goederen* wordt ook het ontvangstbewijs aangenomen. De uitvoering van deze activiteit is bijgevolg gelinkt aan de journaalposten *Inventory* en *Goods Received/Invoices Received (GR/IR)*. Om materiële afwijkingen te identificeren, dient de auditor dus ook de documenten en journaalposten gerelateerd aan de procesactiviteiten te controleren (Werner and Gehrke, 2015). Deze informatie valt onder het data-perspectief. Tot slot is er het organisatorisch perspectief. Het onderzoek van (Schultz et al., 2012) stelt dat er voor de auditor een belangrijke

relatie is tussen de controlemechanismes in het proces en het organisatorisch aspect. Zo is het noodzakelijk om te weten welke personen verantwoordelijk en aansprakelijk zijn voor bepaalde activiteiten (Schultz et al., 2012). Bovendien kan de auditor aan de hand van het organisatorisch perspectief achterhalen welke werknemers gelinkt kunnen worden aan meerdere overtredingen. Op die manier kan de auditor de activiteiten van deze persoon verder analyseren (Chiu and Jans, 2019). Er kan dus geconcludeerd worden dat de combinatie van het control flow perspectief, data-perspectief en organisatorisch perspectief (i.e. multi-perspectief) in conformance checking technieken vereist is voor de auditor.

Daarnaast werd in Subsectie 6.1 vastgesteld dat het vermogen om materiële afwijkingen te identificeren gerelateerd is aan de benadering van de conformance checking techniek. De drie meestvoorkomende benaderingen zijn *token replay*, *alignments* en *rule checking* (Carmona et al., 2018b). Allereerst zal de auditor bij de risicobeoordelingsfase inschatten welke afwijkingen een materieel effect kunnen hebben op de financiële verslaggeving. Hierbij is het dus vereist dat de auditor hogere kosten kan toekennen aan afwijkingen met ernstigere gevolgen (Werner and Gehrke, 2015). Dit is mogelijk bij de drie genoemde benaderingen (Adriansyah et al., 2011; Alizadeh et al., 2015). Ten tweede is het belangrijk dat de auditor individuele afwijkingen en hun oorzaak verder kan onderzoeken. *Token replay* is beperkt op dit vlak, aangezien de benadering niet in staat is om de oorzaken van non-conformiteit op een nauwkeurige manier aan te wijzen (Alizadeh et al., 2015; Carmona et al., 2018b). *Alignments* en *rule checking* zijn hier wel toe in staat (Carmona et al., 2018b; Ramezani et al., 2012). Er kan dus geconcludeerd worden dat zowel de *alignments* als *rule checking* benadering tegemoetkomen aan de vereisten van de auditor. Toch kan *rule checking* al snel inefficiënt worden. Om ervoor te zorgen dat er geen afwijkingen onder de radar blijven, moeten vaak een hoog aantal regels gedefinieerd worden. Doordat er meer regels zijn, is de kans groter dat eenzelfde afwijking meerdere regels tegelijk overtreedt. Dit resulteert in een vertekend beeld over de mate van non-conformiteit (Carmona et al., 2018b). De bevindingen voor deze auditvereiste worden samengevat in tabel 3.

### 6.2.3. Vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs

In Subsectie 6.1 werd verondersteld dat de procesdiagnostieken die het resultaat zijn van de conformance check gerelateerd zijn aan het vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs. Om procesdiagnostieken op maat van de

		Perspectief		Benadering		
		Control flow perspectief	Multi-perspectief	Token replay	Alignments	Rule checking
Vermogen om materiële afwijkingen te identificeren	Vermogen om volgorde van activiteiten te onderzoeken	x	x			
	Vermogen om stroom van data te onderzoeken		x			
	Vermogen om uitvoerder van activiteiten te onderzoeken		x			
	Vermogen om afwijkingen met meer risico zwaarder te straffen			x	x	x
	Vermogen om oorzaak van afwijking verder te onderzoeken				x	x

Tabel 3: Impact van conformance checking eigenschappen op het vermogen om materiële afwijkingen te identificeren



auditor aan te bieden, moet enerzijds de vraag beantwoord worden 'wat' de diagnostieken moeten weergeven, en anderzijds 'hoe' deze voorgesteld moeten worden.

Eerst wordt nagegaan 'wat' de procesdiagnostieken moeten weergeven. Voldoende auditbewijs staat voor de hoeveelheid bewijs die nodig is. De auditor is bijgevolg vereist om informatie te verzamelen over de frequentie van de afwijkingen (ISA 500). Dit kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden door activiteiten een donkerdere kleur te geven naarmate er meer afwijkingen voorkomen op deze locatie. Zo kan de conformance checking techniek in kaart brengen waar de afwijkingen zich bevinden en met welke frequentie (de Leoni et al., 2014). Procesdiagnostieken dienen de auditor dus informatie te verschaffen over de frequentie van de afwijkingen. Geschikt auditbewijs daarentegen staat voor de betrouwbaarheid en relevantie van het bewijs. Hierbij is de auditor vereist om een gedetailleerd beeld te verkrijgen van de afwijkingen (ISA 500). Procesdiagnostieken dienen de auditor dus een beeld te verschaffen van de grondoorzaak van de gedetecteerde afwijkingen.

Vervolgens wordt nagegaan 'hoe' deze informatie weergegeven moet worden. Bij het vergaren van voldoende auditbewijs dient de auditor zich dus te informeren over de frequentie van een afwijking. Aangezien de frequentie van afwijkingen gaat over het vinden van informatie op een hoog niveau, stellen Ritchi et al. (2020) dat een visuele voorstelling effectiever is voor de auditor. Onder meer de diagnostieken met kleurencodes op procesmodelniveau van de Leoni et al. (2014) lijken hier dus een geschikte oplossing. De geschiktheid van het auditbewijs daarentegen vergt een gedetailleerder begrip van de oorzaak van de afwijkingen (ISA 500). De studie van Schultz and Mueller-Wickop (2014) stelt vast dat voor het interpreteren van gedetailleerde informatie over de auditresultaten, de auditor een voorkeur heeft voor verhalende documentatie. Diagnostieken met een tekstuele uitleg over de grondoorzaak van de afwijking lijken hier dus een geschikte oplossing.

Tot slot kunnen de procesdiagnostieken van de conformance check weergegeven worden op procesmodelniveau. In Subsectie 6.1 werd dan ook vastgesteld dat de modelleertaal makkelijk te begrijpen moet zijn voor de auditor. Schultz en Mueller-Wickop (2014) constateren dat standaard modelleertalen zoals *Business Process Model and Notation* (BPMN) en Petri Nets in mindere mate gebruikt worden in het auditveld, aangezien deze modelleertalen niet volledig tegemoetkomen aan de specifieke vereisten van het auditdomein (Schultz and Mueller-Wickop, 2014). Voor de ontwikkeling van een modelleertaal op maat van het auditveld is er nood aan verder onderzoek. Dit kan

beschouwd worden als een studie op zichzelf. Daarom wordt hier niet verder ingegaan op de geschikte modelleertaal voor auditors. De resultaten van deze sectie worden voorgesteld in tabel 4.

		Procesdiagnostieken		Modelleertaal
		Frequentie van afwijkingen	Grondoorzaak van afwijkingen	
Vergaren van auditbewijs	Voldoende bewijs	x (visueel)		(Nood aan verder onderzoek)
	Geschikt bewijs		x (tekstueel)	

Tabel 4: Impact van conformance checking eigenschappen op het vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs

#### 6.2.4. Vermogen om managementfraude te detecteren

Allereerst werd vastgesteld dat het vermogen om managementfraude te detecteren gelinkt kan worden aan het perspectief van de conformance checking techniek. Hiervoor is de auditor vereist om de acties van het management te controleren (ISA 240). De conformance checking techniek moet de auditor dus in staat stellen na te gaan welke activiteiten het management uitvoert. Dit kan verwezenlijkt worden aan de hand van het organisatorisch perspectief. Daarnaast is het belangrijk voor de auditor dat de conformance checking techniek afwijkingen die het gevolg zijn van acties van het management als ernstig beschouwt. De benadering van de conformance checking techniek dient de auditor dus in staat te stellen zwaardere kosten toe te kennen aan afwijkingen van dit type. Het resultaat in deze sectie komt overeen met het resultaat in '6.2.2 Vermogen om materiële afwijkingen te identificeren'.

#### 6.2.5. In beschouwing nemen van wetten en regularisatie

Zoals beschreven in Subsectie 6.1 kan het wettelijk kader waaraan de financiële verslaggeving van de gecontroleerde entiteit aan moet voldoen, gerelateerd worden aan de modelleertaal van conformance checking technieken. Het wettelijk kader staat immers voor het vooropgesteld standaardgedrag,

wat gelinkt kan worden aan vooropgestelde procesmodel. Zoals aangehaald in Sectie 5, kan de modelleertaal onderverdeeld worden in twee paradigma's: procedureel (i.e. de volgorde van stappen die moeten gevolgd worden) en declaratief (i.e. de regels waaraan voldaan moet worden). In een hybride of mixed-paradigma procesmodel worden beide paradigma's gecombineerd (van Dongen et al., 2021). Het paradigma dat het best geschikt is voor auditdoel-einden, is afhankelijk van het gedrag dat gemodelleerd moet worden. Dit geldt zowel voor het wettelijk kader als voor het proces dat geaudit wordt. Zo zijn procedurele procesmodellen beter geschikt voor strikt gedrag waarbij weinig flexibiliteit mogelijk is betreffende de volgorde van taken, aangezien het voor strikte processen al snel complex wordt om deze op een declaratieve manier te modelleren. Voor dynamische omgevingen daarentegen, waar taken in veel verschillende volgordes kunnen worden uitgevoerd, zijn declaratieve procesmodellen beter geschikt (Westergaard and Slaats, 2013). De voordelen van beide paradigma's kunnen gecombineerd worden in het mixed-paradigma procesmodel (van Dongen et al., 2021). De bevindingen voor deze auditvereiste worden samengevat in tabel 5.

		Modelleertaal		
		Procedureel	Declaratief	Hybride
In beschouwing nemen van wetten en regularisatie	Dynamische procesvolgorde		x	x
	Strikte procesvolgorde	x		x

Tabel 5: Impact van conformance checking eigenschappen op het in beschouwing nemen van wetten en regularisatie

### 6.2.6. Concluderen en communiceren van het auditoordeel

Tot slot werd in Subsectie 6.1 aangetoond dat de procesdiagnostieken gerelateerd kunnen worden aan het concluderen en communiceren van het auditoordeel. Analoog aan het vergaren van voldoende geschikt auditbewijs, is het ook hier van belang dat de output van de conformance checking techniek makkelijk te begrijpen is voor de auditor. Voor het concluderen en communiceren van het auditoordeel werden geen specifieke noden gevonden waaraan de procesdiagnostieken moeten tegemoetkomen.

## 7. Discussie

Deze studie draagt bij aan de adoptie van process mining in het auditveld, door in kaart te brengen in welke mate de conformance checking technieken uit de literatuur tegemoet komen aan de noden van de auditor. Het kader dat het resultaat is van deze studie kan onderzoekers ondersteunen om na te gaan in welke mate huidige conformance checking technieken voldoen aan de vereisten van de auditor, alsook als hulpmiddel om technieken te ontwikkelen op maat van de auditor.

Bij het interpreteren van de bevindingen, valt het allereerst op dat de conformance maatstaf-dimensie niet gerelateerd kon worden aan een auditvereiste. Dit komt doordat conformance checking zowel ingezet kan worden voor het controleren van de naleving van het vooropgestelde standaardgedrag, alsook voor het beoordelen van de kwaliteit van het procesmodel. Een audit valt onder de eerstgenoemde categorie, terwijl de tweede categorie doelt op het vergelijken van process discovery algoritmes (Adriansyah et al., 2015). De conformance maatstaven zijn dan ook initieel ontworpen voor de output van process discovery algoritmes te kunnen beoordelen en vergelijken (Rozinat and van der Aalst, 2008). Het nagaan van de *fitness* maatstaf lijkt de meest natuurlijke aanpak binnen een auditcontext. *Fitness* beschrijft in welke mate het geobserveerde gedrag toegelaten wordt door het procesmodel. Dit geeft de auditor een beeld in welke mate de vooropgestelde regels en procedures opgevolgd worden, wat nauw overeenkomt met het doel van een audit. Toch kan het wellicht ook interessant zijn voor de auditor om na te gaan of het vooropgesteld procesmodel te veel gedrag toelaat (lage *precision*, hoge *generalization*), aangezien er zo inefficiënties van het vooropgesteld model in kaart kunnen worden gebracht. Hoe de conformance maatstaven een meerwaarde kunnen betekenen in een auditcontext, is bijgevolg een mogelijke onderzoekspiste voor toekomstig onderzoek.

Verder werd vastgesteld dat voor het vergaren van voldoende en geschikt auditbewijs, de conformance checking techniek informatie moet verschaffen aan de auditor over de frequentie en grondoorzaak van de afwijkingen. Vervolgens werd dit gelinkt aan 'hoe' deze output voorgesteld dient te worden op basis van de resultaten van onderzoeken naar de voorkeur van auditors. Verschillende studies naar de de meest geschikte manier om auditresultaten en procesmodellen voor te stellen werden geraadpleegd (Boritz et al., 2012; Carnaghan, 2006; Schultz et al., 2012; Schultz and Mueller-Wickop, 2014; Ritchi et al., 2020). In dit onderzoek werden de procesdiagnostieken van de con-

formance checking technieken gelinkt aan gelijkaardige taken van de geraadpleegde studies. Toch is er nood aan verder onderzoek naar de voorkeuren van de auditor over specifiek de voorstelling van de output van conformance checking technieken. Dit geldt eveneens voor de voorstelling van het procesmodel. Zoals vastgesteld in Subsectie 6.1 kunnen de procesdiagnostieken van de conformance check weergegeven worden op procesmodelniveau. Ook hier is nood aan verder onderzoek naar de ideale modelleertaal voor auditors.

Vervolgens is het een beperking van deze studie dat de eigenschappen enkel kwalitatief vergeleken worden op basis van de auditvereisten uit de ISA's. Hieruit blijkt dat *alignments* en *rule checking* geschikte benaderingen zijn voor de auditor. Verder onderzoek kan nagaan welke metrieken opgesteld kunnen worden om de kwaliteit van het resultaat van de verschillende benaderingen van conformance checking kwantitatief te vergelijken. Op die manier kan ook op basis van deze kwantitatieve data nagetrokken worden welke benadering het meest geschikt is voor auditdoeleinden.

Tot slot is deze studie beperkt in het feit dat er enkel gefocust wordt op de eigenschappen van conformance checking technieken zelf. Het resultaat van de conformance check is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de data in de event log, alsook van het vooropgesteld procesmodel dat de techniek als input gebruikt. Activiteiten die in de realiteit uitgevoerd worden, maar niet geregistreerd worden in de event log, kunnen leiden tot een vertekend beeld in het resultaat van de conformance check. Dit geldt eveneens voor een procesmodel dat te veel gedrag toelaat of net te precies is opgesteld. De betrouwbaarheid van het resultaat van de conformance check is een belangrijk aandachtspunt voor verder onderzoek.

## 8. Conclusie

Verschillende studies onderzochten de toepassing van process mining in een auditcontext. Enerzijds werd de potentiële meerwaarde van conformance checkig, een subdomein van process mining, voor de auditor reeds aangetoond. Anderzijds is er in de literatuur een waaier aan conformance checking technieken beschikbaar, maar deze technieken zijn niet specifiek op maat van het auditberoep ontwikkeld. Er is dus nood aan verder onderzoek om deze kloof te dichten.

Deze studie tracht een bijdrage te leveren aan het dichten van deze kloof door een kader aan te bieden om de geschiktheid van conformance checking technieken te toetsen voor auditdoeleinden. Op die manier kan nagegaan

worden in welke mate de eigenschappen van de huidige conformance checking techniek voldoen aan de vereisten van het auditveld. Hiervoor werden eerst de auditvereisten en de dimensies van conformance checking technieken in kaart gebracht. Vervolgens werd onderzocht welke dimensies gerelateerd zijn aan welke auditvereisten op basis van reeds onderzochte relaties in de literatuur. Tot slot werd per gevonden relatie nagegaan welke mogelijke conformance checking eigenschappen, binnen de overkoepelende dimensies, tegemoetkomen aan de auditvereisten.

Het resultaat is een kader waarbij voor de gevonden auditvereisten gecontroleerd kan worden welke mogelijke eigenschappen van een conformance checking techniek geschikt zijn voor de auditor. Hieruit blijkt onder meer dat het voor de auditor belangrijk is dat de conformance checking techniek de combinatie van het control flow, organisatorisch en data-perspectief in beschouwing neemt. Verder is het vereist dat de benadering van de techniek de auditor in staat stelt hogere kosten toe te kennen aan afwijkingen die een grotere impact op de financiële verslaggeving kunnen hebben, alsook de grondoorzaak van de afwijking verder te analyseren. Ten slotte werd vastgesteld dat er nood is aan verder onderzoek naar de voorkeur van auditors over hoe de output van de conformance checking techniek specifiek dient voorgesteld te worden.

Op die manier kunnen conformance checking technieken beter op maat van het auditberoep ontwikkeld worden, wat een belangrijke stap is in de adoptie van process mining door de auditor.

## Referenties

- van der Aalst, W., 2016. Process mining: data science in action. Book, Whole. second;2nd 2016; ed., Springer, Berlin.
- van der Aalst, W., van Hee, K., van der Werf, J.M., Kumar, A., Verdonk, M., 2011. Conceptual model for online auditing. *Decision Support Systems* 50, 636–647. publisher: Elsevier B.V.
- van der Aalst, W.M., 2018. Process discovery from event data: Relating models and logs through abstractions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* 8, e1244. publisher: Wiley Online Library.
- van der Aalst, W.M.P., 2012. What makes a good process model?: Lessons learned from process mining. *Software and systems modeling* 11, 557–569. place: Berlin/Heidelberg Publisher: Springer-Verlag.
- van der Aalst, W.M.P., van Hee, K.M., van der Werf, J.M., Verdonk, M., 2010. Auditing 2.0: Using Process Mining to Support Tomorrow's Auditor. *Computer (Long Beach, Calif.)* 43, 90–93. place: New York, NY Publisher: IEEE.
- van der Aalst, W.M.P., de Medeiros, A.K.A., 2005. Process Mining and Security: Detecting Anomalous Process Executions and Checking Process Conformance. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 121, 3–21.
- van der Aalst, W.M.P., Reijers, H.A., Weijters, A.J.M.M., van Dongen, B.F., Alves de Medeiros, A.K., Song, M., Verbeek, H.M.W., 2007. Business process mining: An industrial application. *Information systems (Oxford)* 32, 713–732. publisher: Elsevier Ltd.
- van der Aalst, W.M.P., Verbeek, H.M.W., 2013. Process discovery and conformance checking using passages. *Fundamenta Informaticae* 20, 1–36.
- Adriansyah, A., van Dongen, B.F., van der Aalst, W.M.P., 2011. Conformance Checking Using Cost-Based Fitness Analysis, in: 2011 IEEE 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference, IEEE. pp. 55–64. conference Proceedings.

- Adriansyah, A., Munoz-Gama, J., Carmona, J., Dongen, B.F.v., van der Aalst, W.M., 2012. Alignment based precision checking, in: International conference on business process management, Springer. pp. 137–149.
- Adriansyah, A., Munoz-Gama, J., Carmona, J., Van Dongen, B.F., Van Der Aalst, W.M., 2015. Measuring precision of modeled behavior. *Information systems and e-Business Management* 13, 37–67. publisher: Springer.
- Alizadeh, M., De Leoni, M., Zannone, N., 2015. Constructing probable explanations of nonconformity: A data-aware and history-based approach, in: 2015 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, IEEE. pp. 1358–1365.
- Appelbaum, D., Kogan, A., Vasarhelyi, M.A., 2017. Big Data and Analytics in the Modern Audit Engagement: Research Needs. *Auditing : a journal of practice and theory* 36, 1–27. place: Sarasota Publisher: American Accounting Association.
- Bauer, M., van der Aa, H., Weidlich, M., 2022. Sampling and approximation techniques for efficient process conformance checking. *Information systems (Oxford)* 104, 101666. publisher: Elsevier Ltd.
- Boritz, J.E., Borthick, A.F., Presslee, A., 2012. The effect of business process representation type on assessment of business and control risks: Diagrams versus narratives. *Issues in Accounting Education* 27, 895–915. publisher: American Accounting Association.
- vom Brocke, J., Jans, M., Mendling, J., Reijers, H.A., 2021. A Five-Level Framework for Research on Process Mining. *Business & information systems engineering* 63, 483–490. place: Wiesbaden Publisher: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- vom Brocke, J., Simons, A., Riemer, K., Niehaves, B., Plattfaut, R., Cleven, A., 2015. Standing on the Shoulders of Giants: Challenges and Recommendations of Literature Search in Information Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems* 37, 9. place: Atlanta Publisher: Association for Information Systems.
- Carmona, J., van Dongen, B., Solti, A., Weidlich, M., 2018a. Aligning Event Data and Process Models, in: Carmona, J., van Dongen, B., Solti, A.,



- Weidlich, M. (Eds.), Conformance Checking: Relating Processes and Models. Springer International Publishing, Cham, pp. 125–158.
- Carmona, J., van Dongen, B., Solti, A., Weidlich, M., 2018b. Conformance Checking: Relating Processes and Models. Book, Whole, Springer International Publishing, Cham.
- Carmona, J., van Dongen, B., Solti, A., Weidlich, M., 2018c. Quality Dimensions for Relating Processes and Models, in: Carmona, J., van Dongen, B., Solti, A., Weidlich, M. (Eds.), Conformance Checking: Relating Processes and Models. Springer International Publishing, Cham, pp. 43–61.
- Carnaghan, C., 2006. Business process modeling approaches in the context of process level audit risk assessment: An analysis and comparison. *International Journal of Accounting Information Systems* 7, 170–204. publisher: Elsevier.
- Chiu, T., Jans, M., 2019. Process Mining of Event Logs: A Case Study Evaluating Internal Control Effectiveness. *Accounting horizons* 33, 141–156.
- De Weerd, J., De Backer, M., Vanthienen, J., Baesens, B., 2012. A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real-life event logs. *Information systems (Oxford)* 37, 654–676. publisher: Elsevier Ltd.
- van Dongen, B.F., De Smedt, J., Di Ciccio, C., Mendling, J., 2021. Conformance checking of mixed-paradigm process models. *Information Systems* 102, 101685. publisher: Elsevier.
- Gantz, S.D., 2013. *The Basics of IT Audit: Purposes, Processes, and Practical Information*. Book, Whole, Elsevier Science & Technology Books, Rockland, MA.
- García-Bañuelos, L., Van Beest, N.R., Dumas, M., La Rosa, M., Mertens, W., 2017. Complete and interpretable conformance checking of business processes. *IEEE Transactions on Software Engineering* 44, 262–290. publisher: IEEE.
- Hosseinpour, M., Jans, M., 2019. Process Deviation Categories in an Auditing Context. conference Proceedings.

- Jans, M., Alles, M., Vasarhelyi, M., 2013. The case for process mining in auditing: Sources of value added and areas of application. *International Journal of Accounting Information Systems* 14, 1–20.
- Jans, M., Alles, M.G., Vasarhelyi, M.A., 2014. A Field Study on the Use of Process Mining of Event Logs as an Analytical Procedure in Auditing. *The Accounting review* 89, 1751–1773. publisher: American Accounting Association.
- Jans, M., Hosseinpour, M., 2018. How active learning and process mining can act as Continuous Auditing catalyst .
- Jans, M., Soffer, P., Jouck, T., 2019. Building a valuable event log for process mining: an experimental exploration of a guided process. *Enterprise information systems* 13, 601–630. publisher: Taylor & Francis.
- Jans, M., Weerd, J.D., Depaire, B., Dumas, M., Janssenswillen, G., 2021. Conformance Checking in Process Mining. *Information systems (Oxford)* 102, 101851. publisher: Elsevier Ltd.
- Jans, M.J., Alles, M., Vasarhelyi, M.A., 2010. Process Mining of Event Logs in Auditing: Opportunities and Challenges. SSRN Scholarly Paper ID 1578912. Social Science Research Network. Rochester, NY.
- Kalenkova, A.A., van der Aalst, W.M.P., Lomazova, I.A., Rubin, V.A., 2015. Process mining using BPMN: relating event logs and process models. *Software and systems modeling* 16, 1019–1048. place: Berlin/Heidelberg Publisher: Springer Berlin Heidelberg.
- Leemans, S.J., Fahland, D., Van der Aalst, W.M., 2018. Scalable process discovery and conformance checking. *Software & Systems Modeling* 17, 599–631. publisher: Springer.
- de Leoni, M., Aalst, W.M.P., v.d., Dongen, B.F., v., 2012. Data- and resource-aware conformance checking of business processes. *Business Information Systems (15th International Conference, BIS 2012, Vilnius, Lithuania, May 21-23, 2012. Proceedings)* , 48–59. place: Berlin Publisher: Springer.

- de Leoni, M., Munoz-Gama, J., Carmona, J., van der Aalst, W.M.P., 2014. Decomposing Alignment-Based Conformance Checking of Data-Aware Process Models, in: Meersman, R., Panetto, H., Dillon, T., Misikoff, M., Liu, L., Pastor, O., Cuzzocrea, A., Sellis, T. (Eds.), *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2014 Conferences*, Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 3–20.
- Lombardi, D.R., Bloch, R., Vasarhelyi, M.A., 2015. The current state and future of the audit profession. *Current Issues in Auditing* 9, P10–P16. publisher: American Accounting Association.
- Mannhardt, F., Leoni, M. d., Reijers, H.A., Aalst, W.M.P, v.d., 2016. Balanced multi-perspective checking of process conformance. *Computing* 98, 407–437. place: Vienna Publisher: Springer Vienna.
- Mannhardt, F., de Leoni, M., Reijers, H.A., Aalst, W.M.v.d., Toussaint, P.J., 2018. Guided Process Discovery – A pattern-based approach. *Information systems (Oxford)* 76, 1–18. publisher: Elsevier Ltd.
- Mueller-Wickop, N., Schultz, M., Peris, M., 2013. Towards Key Concepts for Process Audits—A Multi-Method Research Approach. *Proceedings of the 10th ICESAL, Utrecht, The Netherlands* , 70–92.
- Munoz-Gama, J., Carmona, J., Van Der Aalst, W.M., 2014. Single-entry single-exit decomposed conformance checking. *Information Systems* 46, 102–122. publisher: Elsevier.
- Ramezani, E., Fahland, D., van der Aalst, W.M., 2012. Where did I misbehave? Diagnostic information in compliance checking, in: *International conference on business process management*, Springer. pp. 262–278.
- Ritchi, H., Jans, M., Mendling, J., Reijers, H.A., 2020. The influence of business process representation on performance of different task types. *Journal of Information Systems* 34, 167–194. publisher: Allen Press.
- Rozinat, A., van der Aalst, W.M.P., 2008. Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. *Information systems (Oxford)* 33, 64–95. publisher: Elsevier Ltd.

- Rozinat, A., Medeiros, A.K.A.d., Günther, C.W., Weijters, A., van der Aalst, W.M., 2007. The need for a process mining evaluation framework in research and practice, in: International Conference on Business Process Management, Springer. pp. 84–89.
- Schultz, M., Mueller-Wickop, N., 2014. Towards Auditors’ Preferences on Documentation Formats in Business Process Audits. Modellierung 2014 . publisher: Gesellschaft für Informatik eV.
- Schultz, M., Mueller-Wickop, N., Nüttgens, M., 2012. Key information requirements for process audits—an expert perspective. EMISA 2012—Der Mensch im Zentrum der Modellierung . publisher: Gesellschaft für Informatik eV.
- Syring, A.F., Tax, N., van der Aalst, W.M., 2019. Evaluating conformance measures in process mining using conformance propositions, in: Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency XIV. Springer, pp. 192–221.
- Valencia-Parra, , Varela-Vaca, J., Gómez-López, M.T., Carmona, J., Bergenthum, R., 2021. Empowering conformance checking using Big Data through horizontal decomposition. Information Systems 99, 101731.
- Vasarhelyi, M., Alles, M.G., Kogan, A., Sun, L., Warren, D., 2005. Continuous Monitoring and Assurance in a Real Time Economy. The Impact of European Integration On the National Economy: Business Information Systems. Babes-Bolyai University of Cluj-Napoca, Oct , 1–20.
- Werner, M., 2013. Colored petri nets for integrating the data perspective in process audits, in: International Conference on Conceptual Modeling, Springer. pp. 387–394.
- Werner, M., 2017. Financial process mining - Accounting data structure dependent control flow inference. International journal of accounting information systems 25, 57–80. publisher: Elsevier Inc.
- Werner, M., Gehrke, N., 2015. Multilevel Process Mining for Financial Audits. IEEE transactions on services computing 8, 820–832. publisher: IEEE.

- Werner, M., Wiese, M., Maas, A., 2021. Embedding process mining into financial statement audits. *International journal of accounting information systems* 41, 100514. publisher: Elsevier Inc.
- Westergaard, M., Slaats, T., 2013. Mixing paradigms for more comprehensible models, in: *Business Process Management*. Springer, pp. 283–290.
- Österle, H., Becker, J., Frank, U., Hess, T., Karagiannis, D., Krcmar, H., Loos, P., Mertens, P., Oberweis, A., Sinz, E.J., 2011. Memorandum on design-oriented information systems research. *European journal of information systems* 20, 7–10. place: London Publisher: Taylor & Francis.