UNIVERSITÄT KOBLENZ · LANDAU

IWVI

Survey of Compliance Violation-Pattern Classification

BACHELORARBEIT

Zur Erlangung des Grades eines Bachelor im Studiengang Wirtschaftsinformatik

vorgelegt von

Pascal Kilian

216201179

Koblenz, im März 2020

Erstgutachter:	Prof. Dr. Patrick Delfmann (Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik, FG Delfmann)
Zweitgutachter:	M.Sc. Carl Corea (Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik, FG Delfmann)
Betreuer:	M.Sc. Carl Corea (Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik, FG Delfmann)

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Es wurden keine anderen als die angegebenen Quellen und Hinweise verwendet.

	Ja	Nein
Mit der Einstellung dieser Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden.	☐	☒

Niederelbert, März 2020

Pascal Kilian

Zusammenfassung

In Anbetracht der wachsenden Zahl an gesetzlichen Regelungen, die Unternehmen betreffen, sollte ihnen die Möglichkeit geboten werden ihr Compliance Management durch Softwareunterstützung mithilfe von Regulationsmustern umzusetzen. Damit sie eine unternehmensinterne Effizienzsteigerung durchführen oder auf neue gesetzliche Regelungen schnell reagieren können, existieren Regulationsmuster, die Prozessfragmente strukturell und inhaltlich beschreiben. Derzeit existieren einige Forschungsbeiträge, die unterschiedliche Compliance Pattern diskutieren. Jedoch existiert zurzeit kein Katalog, der eine Liste von Regulationsmustern bereitstellt, die für Unternehmen von Bedeutung sind (Delfmann and Hübers, 2015). Die vorliegende Bachelorarbeit klassifiziert 80 Forschungsbeiträge hinsichtlich deren unterschiedlichen Ansätze von Compliance Pattern und stellt diese in einem Klassifikationszusammenhang dar. Zusätzlich werden die unternehmerischen Vorteile durch den Einsatz von Regulationsmuster dargelegt. Dafür wurde eine systematische Literaturanalyse vollzogen. Diese zeigt, dass vermehrt auf graphenbasierte Regulationsmuster in Kombination mit dem Überprüfungszeitpunkt während des Prozessdesigns zurückgegriffen wird. Im Anhang wird außerdem ein Katalog von 32 Compliance Pattern bereitgestellt, die in den analysierten Forschungsbeiträgen erfasst wurden.

Abstract

Regarding the rising amount of legal regulations, businesses should get the opportunity to use software to fulfill their Compliance Management with the usage of compliance pattern. These patterns are used to represent substantive and structural parts of the processes. This means companies can increase their efficiency and react to new regulations quickly to avoid possible violation which can lead to monetary losses or legal consequences. In the literature are many approaches that deal with compliance pattern but currently there does not exist any list with necessary compliance pattern that companies should face at (Delfmann and Hübers, 2015). The following bachelor thesis classifies 80 research contributions regarding their different approaches of compliance pattern. For that a systematic literature review was executed. As a result, the author developed a graphical classification context that provides an overview of connections between different compliance approaches. Furthermore, an appendix with 32 compliance patterns of the analyzed papers was developed that contains real-world patterns with the classification of the previous sections.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 3
1.1 Aufbau der Arbeit ... 4
1.2 Zielsetzung ... 4
2 Klassifikation von Compliance Pattern ... 5
2.1 Repräsentation ... 5
2.1.1 Graph ... 6
2.1.1.1 Prozessmodell ... 7
2.1.1.2 Petri-Netz ... 9
2.1.2 Datenbasiert ... 11
2.1.3 Logische Repräsentation ... 12
2.2 Ausrichtung ... 14
2.2.1 Konformes Regulationsmuster ... 14
2.2.1.1 Inverse Reihenfolge ... 16
2.2.1.2 Verschiedene Branches ... 16
2.2.1.3 Splitting Choice ... 16
2.2.1.4 Fehlende Aktivität ... 16
2.2.2 Nonkonformes Regulationsmuster (Anti-Pattern) ... 17
2.3 Bezugspunkt ... 18
2.3.1 Gesetzlich ... 18
2.3.2 Unternehmensintern ... 18
2.4 Überprüfungszeitpunkt ... 19
2.4.1 Design-Time ... 20
2.4.1.1 Logikbasierte Ansätze ... 21
2.4.1.2 Statisches Compliance Checking ... 21
2.4.2 Run-Time ... 22
2.4.2.1 Anfragebasierte Ansätze ... 22
2.4.2.2 Monitoringbasierte Ansätze (Keller and Ludwig, 2002) ... 23
2.4.2.3 Logik basierte Ansätze (Giblin *et al.*, 2005) ... 23
2.4.2.4 Model Checking basierte Ansätze ... 23
2.4.3 Post-Execution-Time ... 24
2.5 Kontrollregulationsmuster ... 26
2.5.1 Kontrollflussmuster ... 26
2.5.2 Zeitbasiert ... 30
2.5.3 Ressourcenbasiert ... 32
2.5.4 Informationsbezogen ... 33

2.5.5 High-Level Kontrollflussmuster (Namiri and Stojanovic, 2007) 34
2.5.5.1 Second Set of Eyes Muster 34
2.5.5.2 Business Document Control Muster 34
2.5.5.3 Inter-Activity Control Muster 34
2.5.5.4 Report Muster 35
2.5.5.5 Separation of Dutys Muster 35
2.5.5.6 Authorization Muster 35
2.5.5.7 Escalation Muster 35
2.5.6 System-Level Kontrollmuster 36
2.6 Taxonomie 38
2.6.1 Atomar 39
2.6.1 Zusammengesetzt 39
3 Methodisches Vorgehen 40
3.1 Forschungsfragen 40
3.2 Problemdefinition 40
3.3 Forschungsmethodik 41
3.4 Datenbanken 42
3.5 Literatursuche 43
4 Ergebnisse der Literaturanalyse 44
4.1 Suchergebnisse 44
4.2 Literarische Einordnung 45
4.3 Übersicht der Ergebnisse 50
4.4 Forschungstrends 51
4.4.1 Auswertung Repräsentationsform 51
4.4.2 Auswertung Kontrollregulationsmuster 53
4.4.3 Auswertung Überprüfungszeitpunkt 55
4.4.4 Verteilung Toolunterstützung 56
4.5 Klassifikationszusammenhang 57
4.6 Unternehmerischer Benefit & Herausforderungen der Umsetzung 59
5 Fazit 60
6 Literaturverzeichnis 62
Anhang 68

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Elemente zur Umsetzung eines Regulationsmusters (in Anlehnung an (Awad, Weidlich and Weske, 2011, p. 3), (Delfmann and Hübers, 2015, p. 72)) 7

Abb. 2.2: Beispiel Regulationsmuster in Form eines Prozessmodells (eigene Darstellung) 9

Abb. 2.3: Bedingungen zur Erfüllung der Löschung personenbezogener Daten nach Artikel 17 DSGVO (eigene Darstellung) 10

Abb. 2.4: Konformes Regulationsmuster (eigene Darstellung) 15

Abb. 2.5: Nonkonformes Regulationsmuster (eigene Darstellung) 17

Abb. 2.6: Bestellprozess Purchase-To-Pay (Namiri und Stojanovic, 2007) 36

Abb. 2.7: Unterscheidung zwischen atomaren und zusammengesetzten Regulationsmustern (Elgammal et al., 2012, S. 37) 38

Abb. 4.1: Verteilung der Kategorien anhand der untersuchten Literatur (eigene Darstellung) 50

Abb. 4.2: Repräsentationsform in chronologischer Reihenfolge (eigene Darstellung) 51

Abb. 4.3: Verteilung Repräsentationsform (eigene Darstellung) 52

Abb. 4.4: Kontrollregulationsmuster in chronologischer Reihenfolge (eigene Darstellung) 53

Abb. 4.5: Verteilung Kontrollregulationsmuster (eigene Darstellung) 54

Abb. 4.6: Überprüfungszeitpunkt in chronologischer Reihenfolge (eigene Darstellung) 55

Abb. 4.7: Verteilung Überprüfungszeitpunkt (eigene Darstellung) 56

Abb. 4.8: Verteilung toolunterstützter Forschungsbeiträge (eigene Darstellung) 56

Abb. 4.9: Klassifikationszusammenhang (eigene Darstellung) 57

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Quantoren der Logik (eigene Darstellung) 12

Tab. 2-2: Beispiel Log Daten Auswertung(in Anlehnung an (Knuplesch, 2019)) 25

Tab. 2-3: Kontrollflussmuster (in Anlehnung an (O Turetken et al.., 2012), (Ramezani et al., 2012)) 27

Tab. 2-4: zeitliche Kontrollmuster (in Anlehnung an (Elgammal et al., 2016), (O Turetken et al., 2012)) 30

Tab. 2-5: Ressourcenbasierte Kontrollmuster (in Anlehnung an (O Turetken et al., 2012)) 32

Tab. 3-1: Verwendete Datenbanken 42

Tab. 4-1: Suchergebnisse zu den entsprechenden Datenbanken 44

Tab. 4-2: Ergebnisse der Literaturanalyse (eigene Darstellung) 46

Tab. 6-1: Compliance Pattern Katalog (eigene Darstellung) 69

Abkürzungsverzeichnis

BSc ..... Bachelor of Science
BPCM ..... Business Process Compliance Management
BPMN ..... Business Process Modeling and Notation
D ..... Daten
DSGVO ..... Datenschutzgrundverordnung
DT ..... Design-Time
EPK ..... ereignisgesteuerte Prozesskette
fl ..... Kontrollfluss
G ..... Graph
i ..... informationsbasiert
L ..... Logik
r ..... ressourcenbasiert
RT ..... Run-Time
PET ..... Post-Execution-Time
SLA ..... Service Level Agreements
SSE ..... Second Set of Eyes
Th ..... Toolunterstützung
z ..... zeitbasiert

1 Einleitung

In den letzten Jahren hat der Stellenwert von Business Process Compliance Management (BPCM) deutlich zugenommen (Lohmann, Verbeek and Dijkman, 2009, p. 46). BPCM ist ein Managementansatz, bei dem die Verbesserung interner Strukturen insbesondere eine Effizienzsteigerung und die Verhinderung von Rechtsverletzungen im Vordergrund steht (Turetken *et al.*, 2011). Um die enorme Menge an Prozessen überwachen zu können und die Änderungen von gesetzlichen Regelungen im Unternehmen zu übernehmen, existieren so genannte Regulationsmuster, die Prozesse auf rechtliche und interne Belange prüfen können. Hierfür werden jene Regulationsmuster (Compliance Pattern) formuliert, die entweder ein konformes oder ein nonkonformes Prozessfragment beschreiben (Becker, Bergener, Delfmann, Eggert et al., 2011, S. 1). Anschließend werden unternehmerische Prozesse überprüft, indem die Regulationsmuster systematisch die Prozesse abgleichen und Verstöße feststellen (Delfmann and Hübers, 2015). Dies hat für Unternehmen einen großen Stellenwert, da hierdurch hohe Strafen und Ineffizienzen bereits vor der Ausführung des jeweiligen Prozesses vermieden werden können. Allein im Jahr 2017 führte die Missachtung von gesetzlichen Regelungen zu einem wirtschaftlichen Schaden in Organisationen in Höhe von 5 Billionen US-Dollar (Hashmi *et al.*, 2018, S. 2). Für die Umsetzung existieren verschiedene Ansätze (Kategorien), die in der folgenden Bachelorarbeit aufgeführt und erläutert werden. Diese unterscheiden sich sowohl in struktureller, zeitlicher sowie inhaltlicher Form. In der Literatur existieren einige Ansätze, die Regulationsmuster beschreiben. Allerdings existiert derzeit keine systematische Klassifikation von Regulationsmuster. Vorteil einer solchen Klassifizierung sind die unterschiedlichen Anwendungsbereiche von Regulationsmustern, die das Management unterstützen können Verstöße zu vermeiden (Delfmann and Hübers, 2015, p. 69). Aus dieser Motivation ergeben sich folgende Forschungsfragen. Zum einen soll ermittelt werden, wie sich verschiedene Ansätze von Regulationsmustern klassifizieren lassen. Außerdem soll der Mehrwehrt des Einsatzes von Regulationsmustern herausgearbeitet werden. Des Weiteren soll der Zusammenhang der verschiedenen Ansätze, die in der Literatur diskutiert werden, herausgearbeitet werden.

Das Überprüfen von Verstößen (Compliance Checking) wird in fünf Schritte gegliedert (Ramezani, Fahland and Van Der Aalst, 2012, p. 1):

1. **Bestimmung**: Ermittlung von Bedingungen die erfüllt werden müssen.
2. **Formalisierung**: Anforderungserhebung aus Gesetzen und internen Regulationen.

3. **Implementation**: Implementierung und Konfiguration von Informationssystemen zur Umsetzung.
4. **Überprüfung**: Korrektheits- und Plausibilitätsprüfungen von Prozessen.
5. **Verbesserung**: Iteratives Verbessern von Compliance im Unternehmen.

Diese Bachelorarbeit beschränkt sich auf das Überprüfen von Prozessen (Schritt 4) und klassifiziert verschiedene Ansätze von Regulationsmustern. Alle übrigen Schritte sind nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung.

1.1 Aufbau der Arbeit

Für die Umsetzung gliedert sich die Bachelorarbeit in folgende fünf Kapitel.

In Kapitel 1 wird eine Einführung gegeben, die die Problemstellung und Motivation, die Zielsetzung, Eingrenzung sowie den Aufbau der Bachelorarbeit darlegt.
In Kapitel 2 wird zunächst eine Definition von Regulationsmustern bereitgestellt, um die Grundlagen für die Klassifizierung verstehen zu können. Anschließend werden die verschiedenen Ansätze zur Kategorisierung von Compliance Pattern aufgelistet und erläutert. Im dritten Kapitel wird die Methodik der Bachelorarbeit erläutert. Zunächst werden die Forschungsfragen formuliert. Hier wird das Vorgehen einer systematischen Literaturanalyse dargelegt und erklärt welche Verfahren zur Ermittlung der Suchergebnisse angewendet wurden. Kapitel vier stellt die Ergebnisse der Literaturanalyse dar. Es wird die durch die Literaturrecherche gesammelte Literatur tabellarisch klassifiziert und graphisch visualisiert. Um die Ergebnisse zu veranschaulichen wird außerdem ein Klassifikationszusammenhang bereitgestellt. Dieser soll kategorienübergreifende Zusammenhänge aufzeigen. Im fünften Kapitel wird ein Fazit gegeben welches außerdem weitere Forschungsansätze bereitstellt.

Der Anhang stellt einen Katalog mit 32 Compliance Pattern bereit, die in den Forschungsbeiträgen ermittelt wurden.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Thesis ist es daher, eine systematische Literaturanalyse durchzuführen und anhand dessen Regulationsmustertypen zu extrahieren, diese zu kategorisieren und in einem Klassifikationszusammenhang darzustellen, um mögliche Zusammenhänge zwischen Kategorien herauszuarbeiten, die in der Literatur bereits diskutiert wurden. Außerdem sollen Forschungslücken in Bezug auf die unterschiedlichen Kategorien ermittelt werden. Des Weiteren beinhaltet diese Bachelorarbeit einen Anhang, der einen Katalog mit 32 Regulationsmustern bereitstellt, die in den Forschungsbeiträgen diskutiert wurden.

2 Klassifikation von Compliance Pattern

Das folgende Kapitel stellt den konzeptionellen Hintergrund der Bachelorarbeit dar und beinhaltet eine Klassifikation von Regulationsmustern nach unterschiedlichen Gesichtspunkten, die in der Literatur bereits beschrieben worden sind. Neben inhaltlicher Kategorisierung existiert auch eine technische, auf den Überprüfungszeitpunkt basierende und auf den Aufbau des jeweiligen Regulationsmusters bezogene Unterscheidung. Damit diese Bachelorarbeit an Aktualität nicht verliert, werden sich die jeweiligen Beispiele auf die Datenschutzgrundverordnung beziehen (Bundesregierung, 2018).

Unter einem Regulationsmuster versteht man ein Muster, welches einen Prozess auf der Meta-Ebene systematisch darstellt und dessen Struktur in formaler sowie inhaltlicher Form charakterisiert und spezifiziert (Delfmann and Hübers, 2014).

Mithilfe dieser Regulationsmuster wird der tatsächlich durchgeführte Prozess mit dem definierten Muster verglichen, um Abweichungen zu identifizieren. Dabei richtet sich die Überprüfung im Hinblick auf den Kontrollfluss wie beispielsweise die korrekte Reihenfolge, aufeinanderfolgende Aktivitäten oder im Hinblick auf die Organisationsstruktur des Prozesses wie beispielweise die korrekte Rollenverteilung innerhalb des Prozesses (Kneuper, 2015, p. 1).

Die gewählte Reihenfolge der verschiedenen Repräsentationsformen richtet sich nach der technischen Herangehensweise des Compliance Checkings. Es werden zunächst graphenbasierte Prozessmodelle reduziert, diese in Petri-Netzen übersetzt, damit diese dann in temporaler Logik zur Verarbeitung genutzt werden können (Awad, Weske and Decker, 2008, p. 332f).

2.1 Repräsentation

In der Literatur existieren verschiede Repräsentationsformen von Regulationsmustern. Da viele Prozesse in Form von Prozessmodellen dargestellt werden, werden Regulationsmuster häufig in Form eines Graphen dargestellt. Des Weiteren können Regulationsmuster in einer technischen Form dargestellt werden. In dem folgenden Abschnitt werden vier Ansätze der Darstellung erläutert, die in der Literatur vorhanden sind (Delfmann and Hübers, 2015).

2.1.1 Graph

Da in der Wirtschaft verschiedene Ansätze von Modellierungssprachen existieren wie beispielsweise Unified Modeling Language (UML), Business Process Modeling and Notation (BMPN) oder ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK), ist es für die Umsetzung der Compliance Pattern wichtig eine Form der Repräsentation zu wählen, die wiederverwendbar und generisch ist (Delfmann and Hübers, 2015, p. 72), (Awad, Weidlich and Weske, 2011, p. 3).

Graphen haben zwei grundlegende Eigenschaften. Zum einen besteht jedes Prozessmodell, unabhängig von der verwendeten Modellierungssprache aus beschrifteten Knoten (Aktivitäten) und den zugehörigen Kanten, die die jeweiligen Aktivitäten verbinden und deren Zusammenhang darstellen. Somit ist es irrelevant welche Modellierungssprache verwendet wird, da alle Sprachen dieser Struktur folgen. Lediglich die Art und Weise wie zwei Konten miteinander verknüpft werden können, variiert (Becker, Bergener, Delfmann and Weiß, 2011, p. 6).

Des Weiteren enthält jedes Prozessmodell, welches einem speziellen Regulationsmuster konform ist, eine Instanz der jeweiligen Regel, die das Regulationsmuster beschreibt (Awad, Weidlich and Weske, 2011).

Graphenbasierte Regulationsmuster können in verschiedenen Größen, Komplexitäten und Beschriftungen dargestellt werden. Aufgrund dessen eignen sich diese besonders für den Einsatz von Compliance Pattern (Becker, Bergener, Delfmann and Weiß, 2011, p. 6). Außerdem eignen sich Graphen besonders im nicht technischen Unternehmensumfeld, da kein fundiertes Fachwissen im Bereich Informatik benötigt wird um diese verstehen und lesen zu können (Hashmi *et al.*, 2018, S. 21).

2.1.1.1 Prozessmodell

Eine mögliche Repräsentationsform eines Graphen ist ein Prozessmodell. Um diese Prozessmodelle in unterschiedlichen Anwendungsszenarien etablieren zu können wurde eine Darstellungsform gewählt, die sich nicht an einer speziellen Modellierungssprache orientiert. Dadurch können die Prozessmodelle auf unterschiedliche Modellierungssprachen wie beispielsweise die EPK oder BPMN angewendet werden (Awad, Weidlich and Weske, 2011), (Becker, Bergener, Delfmann and Weiß, 2011).

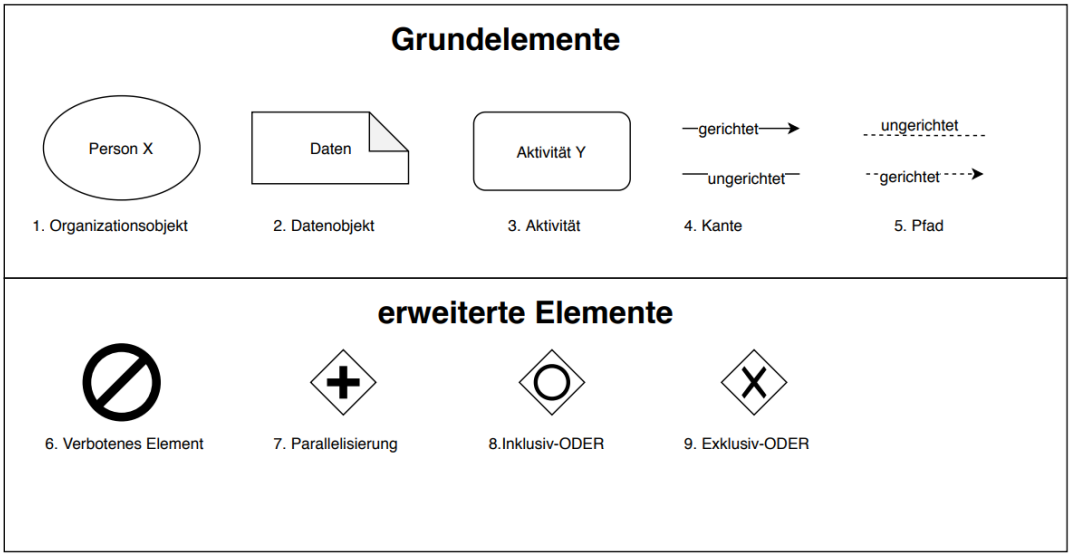

Abb. 2.1: Elemente zur Umsetzung eines Regulationsmusters (in Anlehnung an (Awad, Weidlich and Weske, 2011, p. 3)*,* (Delfmann and Hübers, 2015, p. 72)*)*

Wie in Abb. 2.1 zu erkennen ist, existieren zur Darstellung von graphenbasierten Regulationsmuster Grundelemente und erweiterte Elemente, die im Folgenden zusammengefasst werden. Zum einen gibt es das Organisationsobjekt. Dies kann stellvertretend für eine Organisationseinheit beziehungsweise einer Person stehen oder einer Rolle zugeordnet sein. Ein weiteres Grundelement ist das Datenobjekt, welches zur Visualisierung von existierenden Daten verwendet wird, die für den jeweiligen Prozess von Relevanz sind. Für die Darstellung von Ereignissen existieren Aktivitätssymbole, die mithilfe von Kanten beziehungsweise Pfaden miteinander verknüpft werden. Ein Pfad stellt im Vergleich zur Kante eine konkrete Abfolge des jeweiligen Prozesses dar und gibt somit die Chronologie und den Ablauf des Prozesses vor (Awad, Weidlich and Weske, 2011).

Das „verbotene Symbol“ wird verwendet um in Regulationsmustern verbotene Handlungen, Ereignisse oder Organisationsbezogene Eigenschaften darzustellen, die im Prozessverlauf nicht vorkommen dürfen. Außerdem können damit ablaufbedingte Strukturen modelliert werden, wie beispielsweise eine direkte Abfolge von zwei Aktivitäten ohne eine Aktivität, die zwischen beiden abläuft. Dies ist besonders in Anti-Pattern von Relevanz, die im Folgenden noch genauer erläutert werden. Um verschiedene Aktivitäten zu parallelisieren oder verschiedene Entscheidungen zu modellieren existieren so genannte Gateways. Ein UND-Gateway wird verwendet, um parallele Prozesse darzustellen. Ein ODER-Gateway wird verwendet, um zwei verschiedene Alternativen darzustellen, die sich nicht gegenseitig ausschließen. Das XOR-Gateway wird dazu verwendet um eine sich ausschließende Alternative darzustellen (Awad, Weidlich and Weske, 2011, p. 3).

Um alternative Bezeichnungen beziehungsweise Beschriftungen zu ermöglichen existieren so genannte Platzhalter, die Synonyme miteinschließen. In Prozessmodellen werden hierfür beispielsweise Begriffe symbolisch in Sternchen eingerahmt wie in Abb. 2.2 dargestellt (Delfmann and Hübers, 2015, p. 74).

Zur Überprüfung von Rechtsverletzungen beziehungsweise unternehmensinterne Ineffizienzen wird bei graphenbasierten Ansätzen Pattern Matching durchgeführt. Unter Pattern Matching versteht man das Abgleichen der Regulationsmustern mit den jeweiligen Prozessen oder das Überwachen während der Laufzeit mit den Prozessinstanzen (Delfmann and Hübers, 2015).

Beispiel: Art. 7 Abs. 1 DSGVO:

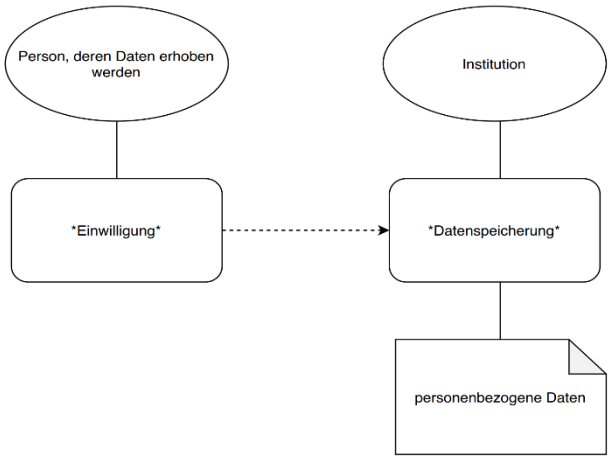

Abb. 2.2: Beispiel Regulationsmuster in Form eines Prozessmodells (eigene Darstellung)

Wie in Abb. 2.2 zu erkennen ist, wird laut Datenschutzgrundverordnung Artikel 7 Absatz 1 eine Einwilligung benötigt, die sich die Institution (Unternehmen, Staat) vorbehalten muss, um personenbezogene Daten für einen gewissen Zweck zu speichern. Dabei ist es von entscheidender Bedeutung, dass diese Einwilligung schriftlich vorliegt bevor personenbezogene Daten erhoben werden (Bundesregierung, 2018). Abb. 2.2 stellt diese Konstellation in einem einfachen Graphenmodell dar. Wie bereits im vorherigen Abschnitt erläutert, werden für die Bezeichnungen der Geschäftsprozessaktivitäten Platzhalter eingesetzt, damit das Compliance Checking wirksam vollzogen werden kann. Würde dies nicht verwendet werden kann durch Änderung der Begrifflichkeiten ein Verstoß nicht ermittelt werden (Delfmann and Hübers, 2015).

2.1.1.2 Petri-Netz

Ein spezieller Graph stellt das Petri-Netz dar, welches unter anderem zur Repräsentation für Regulationsmustern genutzt wird (Lohmann, Verbeek and Dijkman, 2009). Es stellt einen gerichteten Graphen mit einer Anfangsmarkierung M dar. Ein Petri-Netz besteht aus zwei Knotentypen. Eine Stelle beinhaltet Tokens die bei einem Schaltvorgang über eine Transition, die mit Kanten verbunden sind, übermittelt werden. Ein Schaltvorgang beschreibt eine Ausführung des jeweiligen Petri Netzes. Jede Kante kann eine Gewichtung enthalten, die angibt wie viele Tokens übermittelt werden (Murata, 1989).

Ein Petri-Netz ist ein Quintupel mit (Murata, 1989):

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ *mit einer endlichen Menge an Stellen*

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ *mit einer endlichen Menge an Transitionen*

$F \subseteq (S \times T) \cup (S \times T)$ *mit einer endlichen Menge an Kanten*

$W: F \rightarrow \{0,1,2,3, \dots\}$ *mit einer Gewichtung*

$M_0: S \rightarrow \{0,1,2, \dots\}$ *mit einer Anfangsmarkierung*

Mathematisch dargestellt wird das Petri-Netz ohne Anfangsmarkierung

N = (P, T, F, W) beziehungsweise mit Anfangsmarkierung N = (N, M_0).

Beispiel: Artikel 17 DSGVO

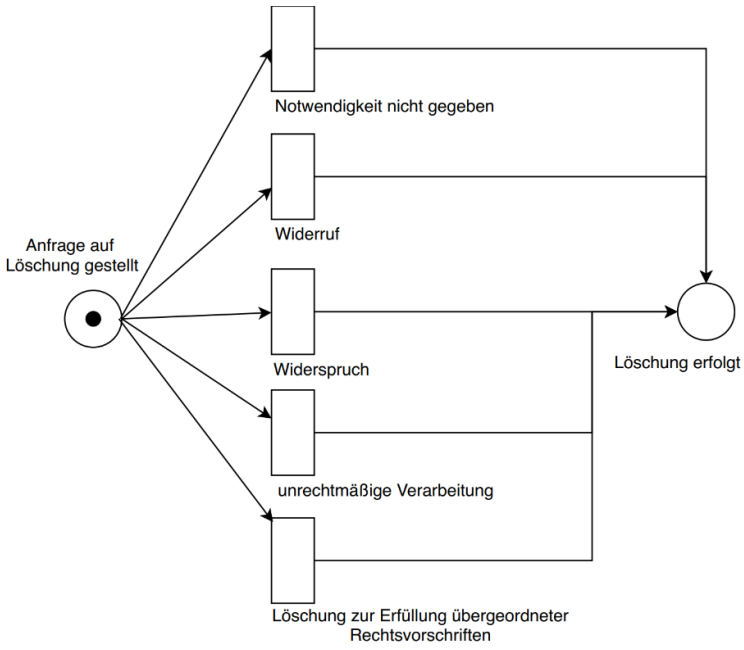

Abb. 2.3: Bedingungen zur Erfüllung der Löschung personenbezogener Daten nach Artikel 17 DSGVO (eigene Darstellung)

Wie in Abb. 2.3 zu erkennen ist wird Artikel 17 der DSGVO mithilfe eines Petri Netzes dargestellt.

In der Literatur unterscheidet man des Weiteren zwischen unterschiedlichen Petri-Netz Typen die aufgrund ihrer Struktur spezielle Bezeichnungen tragen (Murata, 1989).

Eine Transition ohne eine Eingangsstelle wird Quelltransition und eine Transition ohne Ausgangsstelle wird Endtransition genannt. Ein Paar aus einer Stelle p und einer Transition t nennt man Selbstschleife (Self-Loop). Besitzt ein Petri-Netz eine Kantengewichtung von 1 so bezeichnet man es als gewöhnliches Petri-Netz beziehungsweise ordinär (Murata, 1989).

Im Zusammenhang des Compliance Checkings werden Petri-Netze häufig verwendet, da sie eine formale Semantik aufweisen im Gegensatz zu Prozessmodellen, die beispielsweise in Form eines EPKs dargestellt werden. Dies ist für die Verifikation der Modelle von großer Bedeutung, da es nicht zu Inkonsistenzen in der Darstellung führt (Lohmann, Verbeek and Dijkman, 2009, p. 1).

2.1.2 Datenbasiert

Mithilfe der Logdaten von Event Logs können Prozesse datenbasiert ausgewertet und Verstöße geahndet werden. Diese Methode des Compliance Checking ist allerdings nur zur Laufzeit beziehungsweise nach Vollendung des jeweiligen Prozesses möglich und bedeutet, dass keine präventiven Maßnahmen zur Verhinderung des jeweiligen Verstoßes getroffen werden können. Folglich können disziplinarische Maßnahmen beziehungsweise monetäre Verluste nicht verhindert werden (Hashmi *et al.*, 2018), (Hany and Awad, 2010).

Bei einem Event Log handelt es sich um ein Ereignisprotokoll, welches Informationen zu einer bestimmten Aktivität speichert. Bei einer Aktivität handelt es sich um einen genau definierten Schritt in einem bestimmten Prozess. Jedes Ereignis, welches zur gleichen Prozessinstanz gehört, wird als ein Durchlauf des Prozesses dokumentiert (Trace). Event Logs können zusätzliche Informationen über Ereignisse wie Ressource (Person beziehungsweise Gerät), den Zeitstempel des Ereignisses oder mit dem Ereignis aufgezeichnete Datenelemente speichern. Datenelemente können Ereignisattribute sein, das heißt Daten, die durch die Aktivitäten eines Geschäftsprozesses erzeugt wurden oder Fallattribute, Daten die einer gesamten Prozessinstanz zugeordnet sind (Di Francescomarino *et al.*, 2018, S. 2).

2.1.3 Logische Repräsentation

In der Literatur existieren verschiedene Logik basierende Ansätze für die Repräsentation von Compliance Regeln wie beispielsweise Lineare Temporale Logik oder Computational Tree Logic. Bei dieser Ausarbeitung wurde sich für die Lineare Temporale Logik entschieden, da diese durch die Literaturanalyse am häufigsten in den Forschungsbeiträgen zu finden ist und dadurch der Stellenwert höher liegt. Mithilfe von Linearer Temporaler Logik können Aussagen über ein System spezifiziert werden. Hierfür stehen die logischen Operatoren zur Verfügung (∧,∨, ¬, ⟹, ⟺). Ergänzend werden so genannte temporale Quantoren verwendet, die Zustände über einen gewissen Zeitraum definieren. Es existieren folgende temporale Quantoren (Reichert and Knuplesch, 2011):

Tab. 2-1: Quantoren der Logik (eigene Darstellung)

Quantor	Schreibweise	Erläuterung
Always (G)	**G**(logischer Ausdruck)	Die definierte Eigenschaft gilt im gesamten Verlauf des Prozesses
Eventually (F)	**F**(logischer Ausdruck)	Die Eigenschaft wird innerhalb des Prozesses mindestens einmal wahr sein
Next (X)	**X**(logischer Ausdruck)	Die Eigenschaft gilt im nächsten Zustand des Prozessverlaufs
Until (U)	**U**(logischer Ausdruck)	Die Eigenschaft gilt bis zur definierten Aktivität

Beispiel: Artikel 17 Abs. 1 DSGVO (eigene Darstellung)

$$[(Notwendigkeit \vee Widerruf \vee Widerspruch \vee Unrechtmäßigkeit \vee gesetzlicher\ Grund \vee Erhebung\ aufgrund\ Artikel\ 8\ Abs.\ 1) = > G(Löschung\ der\ pers.\ bezogenen\ Daten)] \wedge (\neg Löschung\ U(Grund))$$

Temporale Logik eignet sich, um die Korrektheit von Software- und Hardwaredesign zu spezifizieren. In der Literatur unterscheidet man zwischen *bottom-up* und *top-down* Ansätzen für die Umsetzung des Compliance Checkings (Elgammal *et al.*, 2016).

Bei *bottom-up* Ansätzen werden zunächst mit der Hilfe von logischen Sprachen wie Linearer Temporaler Logik, die Compliance Regeln formal abgebildet. Gleichermaßen werden so genannte low-level Geschäftsprozessspezifikationen in eine formale Repräsentation umgewandelt. Diese formale Umwandlung erfolgt beispielsweise in ein Petri-Netz oder einen Zustandsautomaten. Anschließend werden beide Spezifikationen auf Verstöße in Bezug auf Compliance mit der Hilfe von Überprüfungstechniken verifiziert (Elgammal *et al.*, 2016).

Bei *top-down* Ansätzen werden Geschäftsprozessmodelle zunächst in einer abstrakten high-level Sprache dargestellt. Die Compliance Bedingungen werden dann durch die Benutzung einer temporal logischen Sprache repräsentiert. Mithilfe der Verifikationstechniken wie beispielsweise Model-Checking, wird das zuvor erstellte abstrakte Modell mit den Compliance Regeln verglichen. Im Falle von Konformität wird ein zugehöriges Prozessmodell (beispielsweise als BPMN) automatisch generiert (Elgammal *et al.*, 2016).

2.2 Ausrichtung

Zunächst kann ein Regulationsmuster einen konformen Prozess oder einen nonkonformen Prozess beschreiben. Zur Darstellung wurde die Repräsentation eines Graphen gewählt. In den Abschnitten 2.2.1.1 bis 2.2.1.4 werden vier mögliche Verstöße eines Regulationsmusters, die durch Awad, Smirnov and Weske, 2009b beschrieben worden sind, erläutert (Awad, Smirnov and Weske, 2009b). Damit Prozessmodelle mit automatischen oder semi-automatischen Compliance Checking Ansätzen überprüft werden können, muss die Terminologie der Begriffe standardisiert sein. Andernfalls werden nutzlose beziehungsweise nicht verwertbare Ergebnisse ermittelt, die keinen Mehrwert erzeugen (Delfmann and Hübers, 2015, p. 74).

2.2.1 Konformes Regulationsmuster

Unter einem konformen Muster (Compliance Pattern) versteht man ein Regulationsmuster, welches einen konformen Prozess beschreibt. Jenes Muster untersucht Geschäftsprozesse auf deren Korrektheit und charakterisiert keinen speziellen Verstoß, die innerhalb von Prozessen auftreten können (Delfmann and Hübers, 2015). Somit werden laufende Geschäftsprozesse mithilfe des Regulationsmusters abgeglichen. Hierbei spielt vor allem die Struktur des Prozesses für den Abgleich eine entscheidende Rolle (Delfmann and Hübers, 2015).

Artikel 16 Datenschutzgrundverordnung

Artikel 16 der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) sagt aus, dass eine betroffene Person, bei der die personenbezogenen Daten nicht korrekt gespeichert sind, das Recht darauf hat, die zuständige Person zu informieren und diese die Berichtigung der falschen Daten unverzüglich veranlassen muss. Außerdem erläutert Artikel 16, dass unvollständige Daten mittels einer ergänzenden Erklärung ebenfalls zu vervollständigen sind (Bundesregierung, 2018).

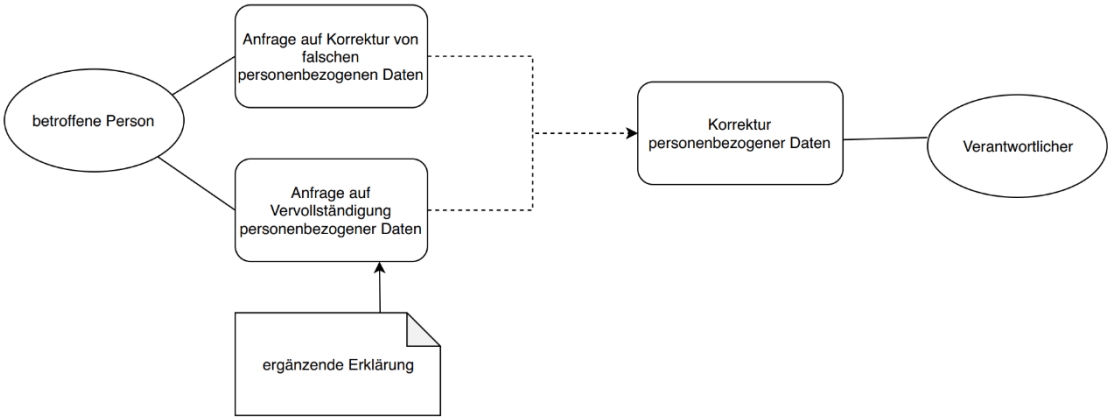

Abb. 2.4: Konformes Regulationsmuster (eigene Darstellung)

Abb. 2.4 stellt eine graphenbasierte Umsetzung des Artikel 16 der Datenschutzgrundverordnung dar. Für den jeweiligen Prozessverlauf ist es von Bedeutung, dass nach einer Anfrage der betroffenen Person die Korrektur von dem jeweiligen Verantwortlichen durchgeführt wird. Wird dies während der Laufzeit des Prozesses nicht erledigt stellt dies einen Verstoß dar. Aufgrund der nicht konkreten Formulierung des Gesetzestextes, ist es nicht ersichtlich wann die jeweilige Korrektur zu erfolgen hat. Aufgrund dessen ist dies im Regulationsmuster nicht modelliert. Würde es zwingend vorgeschrieben sein, dass eine Korrektur sofort nach Einreichung eines Änderungsantrages durchgeführt werden soll, so würde man eine weitere Aktivität zwischen Anfrage des Antragstellers und Korrektur des Verantwortlichen hinzufügen, die das Verbotensymbol enthält. Interpretiert würde dieses Muster wie folgt. Durch das Hinzufügen dieses Symbols ist kein weiterer Prozessschritt zwischen Antrag und Korrektur zulässig (Bundesregierung, 2018).

Grundsätzlich stellt dieses Regulationsmuster ein typisches *A leadsTo B* Kontrollflussmuster dar, welches in Abschnitt 2.5 weiter spezifiziert wird. Dabei entstehen vier unterschiedliche Szenarien in denen ein Verstoß gegen das Regulationsmuster möglich ist (Awad, Smirnov and Weske, 2009b, p. 10).

Im Folgenden werden vier verschiedene Kategorien aufgeführt, die die vier grundlegendsten Prozesskonformitätsverletzungen darstellen (Awad, Smirnov and Weske, 2009b).

2.2.1.1 Inverse Reihenfolge

Wird das Regulationsmuster aufgrund von inverser Reihenfolge verletzt, so existiert sowohl Aktivität A, also die Anfrage auf Korrektur beziehungsweise Vervollständigung sowie Aktivität B, also die Korrektur personenbezogener Daten. Im Prozessverlauf treten diese allerdings nicht chronologisch auf, sondern A folgt nach B. In dem obigen Beispiel wäre dies die automatische Korrektur der Behörde ohne Anfrage der betroffenen Person, welches den Verstoß gegen die DSGVO darstellt(Awad, Smirnov and Weske, 2009b, p. 9).

2.2.1.2 Verschiedene Branches

Eine weitere Möglichkeit der Rechtsverletzung besteht beispielsweise bei einem komplexeren Prozessverlauf, bei dem mittels Gateways eine Parallelisierung stattfindet. Hierbei könnte Aktivität A und Aktivität B parallel ausgeführt werden, welches ebenfalls zu einem Matching Fail des Regulationsmusters führt (Awad, Smirnov and Weske, 2009b, p. 10). Um diese Art der Verletzung zu verhindern muss bei einer Parallelisierung beziehungsweise einem XOR-Gateway die Prozesse sequentiell geändert werden, damit sie nicht auf zwei unterschiedlichen Pfaden stattfinden (Awad, Smirnov and Weske, 2009a).

2.2.1.3 Splitting Choice

Einen Verstoß einer Compliance Regel A LeadsTo B wird als Splitting Choice kategorisiert, wenn das Prozessmodell sowohl Aktivität A als auch Aktivität B enthält. Dabei führt ein Pfad von Aktivität A direkt zum Prozessende und es existiert keine Aktivität B oder es existiert ein Gateway nach Aktivität A, welches die Ausführung von B verhindert. (Awad, Smirnov and Weske, 2009a),(Awad, Smirnov and Weske, 2009b, p. 11).

2.2.1.4 Fehlende Aktivität

Durch die Existenz von Aktivität A und das Fehlen von Aktivität B ist die Prozessinstanz nicht rechtskonform (Awad, Smirnov and Weske, 2009b). In Bezug auf Abb. 2.6 würde der Aufforderung der Löschung der Daten keine Folge geleistet werden.

2.2.2 Nonkonformes Regulationsmuster (Anti-Pattern)

Ein nonkonformes Regulationsmuster in der englischen Sprache auch Anti-Pattern genannt modelliert einen Prozess, der einen Verstoß des auszuführenden Prozesses darstellt. Hierbei wird systematisch überprüft, ob das zuvor erstellte Muster im Prozessablauf existiert. Sollte dies der Fall sein, handelt es sich um einen Verstoß. Problem dieses Ansatzes ist allerdings die meist unzureichende Abdeckung von allen mögliche Verstößen. Für jede Möglichkeit des Prozessabweichens muss ein solches Anti-Pattern formuliert sein, damit alle Verstöße ermittelt werden können. Insbesondere durch die sprachliche Gestaltung von Prozessen kann es vorkommen, dass Verstöße aufgrund von Synonym verwendeten Wörtern nicht als Verstoß geahndet werden können. Dies soll wie bereits in Abschnitt 2.2 erwähnt durch eine standardisierte Terminologie verhindert werden (Delfmann and Hübers, 2015, p. 74).

Artikel 16 Datenschutzgrundverordnung

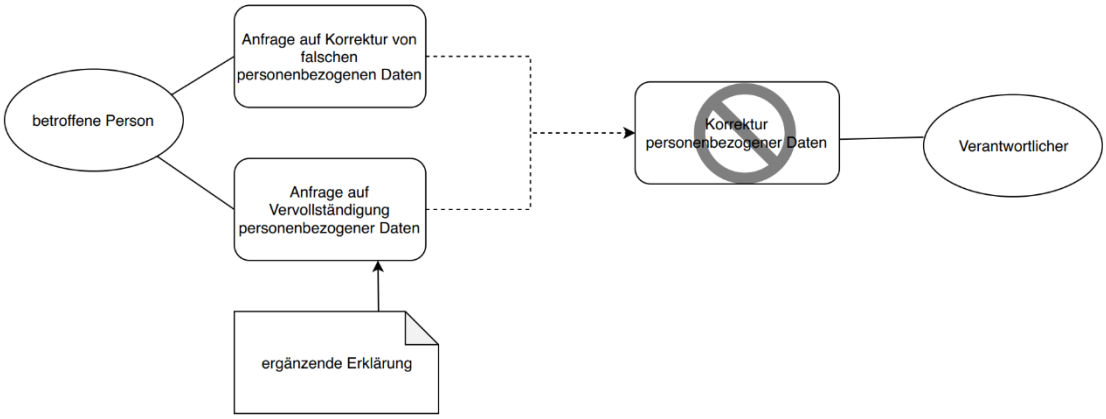

Abb. 2.5: Nonkonformes Regulationsmuster (eigene Darstellung)

Abb. 2.5 stellt das Anti-Pattern zu Artikel 16 der DSGVO dar. Im Gegensatz zu Abb. 2.4 wird hier bewusst nach Prozessen gesucht, die das Element der Korrektur nicht beinhalten. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass solche Prozesse ebenfalls nicht dem eigentlichen Prozessablauf entsprechen und somit einen Verstoß darstellen.

2.3 Bezugspunkt

Im Rahmen des Compliance Checkings unterscheidet man zwischen zwei Ausgangspunkten, die durch die Überprüfungen von Verstößen unterscheidbar sind. Zum einen werden mittels Regulationsmustern gesetzliche Rahmenbedingungen, die das jeweilige Unternehmen oder die Organisation zu erfüllen hat, abgedeckt. Im Vordergrund steht das Verhindern von disziplinarischen Maßnahmen und hohen Geldstrafen. Auf der anderen Seite stehen die unternehmensinternen Regulationen, die für die Einhaltung von Regeln und Verhinderung von monetären Verlusten sowie Effizienzbewahrung eingesetzt werden sollen. In der Literatur wird dabei zwischen den Begriffen Gesetzesdomäne und Prozessdomäne unterschieden(Hashmi *et al.*, 2018, S. 3).

Diese beiden Ansätze unterscheiden sich in vielen Aspekten, weisen allerdings auch Synergien auf. Durch die unterschiedlichen Anforderungen die von Gesetzgeber gefordert werden und die abweichenden unternehmensinternen Ziele können während der Entwicklung rechtskonformer und unternehmensinterner Prozesse Inkonsistenzen entstehen, die im Vorfeld ausgeschlossen werden sollten (Hashmi *et al.*, 2018, S. 3).

2.3.1 Gesetzlich

Die Gesetzesdomäne beschreibt in Bezug auf das Compliance Checking die Überprüfung von Prozessen auf deren Rechtskonformität. Dabei werden Bedingungen seitens des Gesetzgebers gestellt um Güter oder Personen zu schützen (Hashmi *et al.*, 2018, S. 3). Ein Beispiel in diesem Zusammenhang wäre die Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung.

2.3.2 Unternehmensintern

Im Gegensatz zur gesetzlichen Domäne wird bei der Unternehmensinternen beziehungsweise prozessorientierten Betrachtungsweise die Art und Weise der Prozessausführung mitberücksichtigt. Maßgeblich im Vordergrund stehen die Ziele und Regularitäten der jeweiligen Organisation.(Hashmi *et al.*, 2018, S. 3)

Dafür steht maßgeblich die Effizienzsteigerung und der Service des Unternehmens im Vordergrund. Interne Regulierungen und Vorschriften sowie Anforderungen der Stakeholder, die in dem jeweiligen Geschäftsprozess beteiligt sind, werden für die Erstellung der Regulationsmuster maßgeblich berücksichtigt. Beispiele hierfür wären die Umsetzung der Anforderungen der Stakeholder wie beispielsweise der Kunde und Einhaltung von internen Regulierungen zur Verhinderung von Effizienzverlusten (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4 Überprüfungszeitpunkt

Der Zeitpunkt der Überprüfung von Prozessen im unternehmerischen Kontext nimmt eine zentrale Rolle im Compliance Checking ein, da unterschiedliche Informationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Prozessverlaufs generiert werden (Kharbili *et al.*, 2008, S. 9). In der Literatur wird zwischen zwei Realisierungsformen des Compliance Checkings unterschieden. Zum einen gibt es das Forward Compliance Checking welches die Überprüfungszeitpunkte vor dem Ausführen des Prozesses charakterisiert (Design-Time) sowie die Überprüfung während der Laufzeit (Run-Time). Unter Backward Compliance Checking versteht man einen Ansatz der das Überprüfen nach der Laufzeit bestimmt (Kharbili *et al.*, 2008, S. 9).

Außerdem kann das Forward Compliance Checking noch in passives beziehungsweise aktives Compliance Checking unterschieden werden. Beim aktiven Compliance Checking überwacht der Konformitätsprüfungsprozess die konforme Ausführung des jeweiligen Geschäftsprozesses. Dabei wird nicht auf ein Anfordern einer Überprüfung durch den Geschäftsprozess gewartet. Der Geschäftsprozess wird aktiv überwacht. Der Überprüfungsprozess kann entscheiden ob ein Geschäftsprozess unterbrochen wird um eine Entscheidung zu fällen (Kharbili, Stein, *et al.*, 2008).

Beim passiven Compliance Checking entscheidet der ausführende Geschäftsprozess wann die Komponente zur Konformitätsprüfung aufgefordert wird eine Überprüfung durchzuführen (Kharbili *et al.*, 2008, S. 10).

2.4.1 Design-Time

Werden Prozesse währen der Design-Time Phase oder auch Pre-Execution Time Phase überprüft, so werden sie vor der eigentlichen Ausführung auf ihre rechtliche beziehungsweise unternehmensinterne Konformität überprüft. Dabei handelt es sich um eine Compliance-Management Strategie bei dem Geschäftsprozesse in einem frühen Stadium des Prozessdesigns überprüft werden und somit dem Unternehmen Zeit, Arbeit und Ressourcen erspart bleiben, da Verstöße bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden können (Hashmi *et al.*, 2018).

Entscheidender Nachteil dieses Überprüfungsansatzes ist, dass einige Informationen vor Ausführung des eigentlichen Prozesses nicht zur Verfügung stehen. Beispielsweise können zeitliche Einschränkungen oder Bedingungen zwischen Aktivitäten, die von dem Regulationsmuster gefordert werden, vor Ausführung nicht ermittelt werden. Außerdem ist die Rolle des jeweiligen Mitarbeiters vor Prozessausführung nicht immer konkret festgelegt, da ein Mitarbeiter durchaus mehrere Rollen einnehmen kann (Awad *et al.*, 2015, S. 1).

Grundsätzlich kann dieser Ansatz in zwei Subkategorien (*Design Time Compliance Checking* und Design Time *Compliance Verification*) unterteilt werden (Hashmi *et al..*, 2018, S. 17).

Beim *Design-Time Compliance Checking* wird während der Modellierungsphase auf rechtliche und interne Verstöße geprüft. Dies ermöglicht dem Prozessdesigner Korrekturmaßnahmen zu einem frühen Zeitpunkt. Dieser Ansatz weist einen geringen Grad von Automatisierung auf aufgrund der starren Implementierung und ist somit für Fälle geeignet, die individuell angepasst werden müssen, wie beispielsweise Verträge (Hashmi *et al.*, 2018, S. 17).

Im Gegensatz dazu wird die *Design-Time Verification* dazu genutzt, inwiefern ein bereits entwickelter Prozess vor Ausführung den jeweiligen Regulationen entspricht. Dieser Ansatz weist einen höheren Grad an Flexibilität auf und erlaubt somit einen höheren Grad an Automatisierung (Hashmi *et al.*, 2018).

Design-Time Verification kann aufgrund der Verwendung von unterschiedlichen Umsetzungstechniken weiter in: Logik basierte und statische Compliance Checking basierte differenziert werden (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.1.1 Logikbasierte Ansätze

Um einen Geschäftsprozess in Bezug auf die gegeben Vorschriften und Regulationen verifizieren zu können, müssen sowohl die Spezifikationen des Prozesses und die Spezifikationen der Vorschriften abgestimmt sein. Dies ist notwendig um die verschiedenen Verstöße, die den jeweiligen Prozess betreffen darzulegen und diese dann mit formaler Logik modellieren zu können (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.1.2 Statisches Compliance Checking

Beim statischen Compliance Checking wird das Systemverhalten analysiert, um mögliche Eigenschaften zu ermitteln, die nicht den gegebenen Vorschriften entsprechen. Da es sich um einen Ansatz handelt, der während der Design-Time Phase vollzogen wird, ist es nicht notwendig, dass das System voll funktionsfähig ist. Statische Compliance Checking Ansätze bieten weitere Vorteile gegenüber Run-Time basierten Ansätzen. Durch die Konformitätsprüfung vor der eigentlichen Ausführung können Szenarien ausgeführt werden die einen fiktiven Prozessverlauf darstellen (was wäre wenn), um mögliche Szenarien zu simulieren und bewerten zu können (Hashmi *et al.*, 2018).

Pattern basierte Ansätze sind eine Subkategorie von statischen Compliance Checking Verfahren. Die Übersetzung von rechtlichen oder internen Vorschriften in Logik basierte Ansätze stellen eine hohe Komplexität und eine niedrige Benutzerfreundlichkeit dar. Um dem entgegenzuwirken können technische Repräsentationen der Regulationen in Form von graphenbasierten Regulationsmustern dargestellt werden, wie sie bereits in Kapitel 2.1.1 vorgestellt wurden, um diese dann mit den Prozessmodellen abgleichen zu können (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.2 Run-Time

Werden Prozesse während der Laufzeit überprüft, so spricht man von einem Run-Time basierten Ansatz des Compliance Checkings. Für die Umsetzung werden spezielle Softwarelösungen benötigt, die während der Prozesslaufzeit Berichte (Reports) anfertigen (Hashmi *et al.*, 2018, S. 3). Für diesen Überprüfungszeitpunkt sind die Prozessinstanzen Gegenstand der Betrachtung (Ly *et al.*, 2012). Dabei können monitoringbasierte Ansätze, logikbasierte Ansätze und modellbasierte Ansätze verwendet werden(Ly *et al.*, 2012, S. 8), (Hashmi *et al.*, 2018). In dem folgenden Unterkapitel wird jeweils ein Beispiel für die unterschiedlichen Ansätze gegeben, die in Forschungsbeiträgen bereits diskutiert wurden.

Run-Time basierte Ansätze können grundsätzlich in *Run-Time Compliance Monitoring* (RTCM) und *Run-Time Compliance Detection* (RTCD) klassifiziert werden. Beim RTCM werden ununterbrochen die laufenden Prozesse überwacht und überprüft ob interne Kontrollmechanismen oder Regeln verletzt werden. Für die Umsetzung wird entweder ein geeigneter Systembeobachter benötigt (manuell) oder eine Prozessengine (automatisch), die das Verhalten des Systems beobachten sowie das Auftreten von spezifischen Ereignissen während der Prozessausführung dokumentiert (Hashmi *et al.*, 2018, S. 25).

Ansätze bei denen RTCD eingesetzt wird liegt der Fokus auf dem Systemverhalten. Unerwünschtes Systemverhalten wird durch Vergleich des aktuellen Verhaltens mit dem zu erwartenden Systemverhalten verglichen und im Falle einer Auffälligkeit wird der Prozessdesigner über mögliche Verstöße informiert (Hashmi *et al.*, 2018, S. 25).

Run-Time basierte Ansätze für das Compliance Checking sind besonders wichtig für Prozesse mit Informationen, die während der Laufzeit des jeweiligen Prozesses generiert werden und im Vorfeld nicht existieren. Beispiele hierfür sind unter anderem die Einhaltung von Service Level Agreements, die ausschließlich während oder nach der Laufzeit des Prozesses überprüfbar sind (Kharbili *et al.*, 2008, S. 9).

2.4.2.1 Anfragebasierte Ansätze

Anfrage basierte Ansätze verfolgen das Ziel die während der Laufzeit generierten Ausführungsspuren von Prozessinstanzen mit definierten Patternanfragen zu können. Wird bei dieser Anfrage mindestens ein Pattern zurückgegeben wird ein Verstoß geahndet. Die Identifikation solcher Regulationsmustern kann entweder automatisch oder manuell erfolgen (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.2.2 Monitoringbasierte Ansätze (Keller and Ludwig, 2002)

Eine Architektur für die Überwachung von Service Level Agreements (SLA) in beispielsweise Webservices wird durch (Keller and Ludwig, 2002) beschrieben. Zunächst werden die SLA automatisch von dem Systemadministrationsblock generiert um eine weitere Interaktion mit der so genannten Web Service Level Agreement (WSLA) Monitoring Umgebung zu ermöglichen. Die *WSLA Monitoring Phase* wird in zwei Subphasen unterteilt: Die Measurement Service Phase beinhaltet eine Messung aller SLA Parameter, die durch den Systemadministrationsblock generiert wurden. In der *Condition Evaluationsphase werden* die SLA Parameter mit den in den SLA vertraglich festgelegten Bedingungen verglichen. Wird ein Verstoß während des Monitorings festgestellt, so wird eine Warnmeldung an die beteiligten Parteien der jeweiligen SLA bereitgestellt. Die Verifikation kann entweder periodisch oder bei Verfügbarkeit neuer SLA erfolgen (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.2.3 Logik basierte Ansätze (Giblin *et al.*, 2005)

Giblin et al. hat einen Logik basierenden Ansatz des Run-Time Compliance Checkings entwickelt, mithilfe des REALM Modell, welches eine modellgetriebene automatische Compliance Methode für Regulationen und Event Monitoring darstellt. Das Meta-Modell von REALM unterstützt die Anwendung von temporaler Reihenfolge und Zeitperioden in Form von temporalen Modalitäten in Echtzeit. Dieser Ansatz berücksichtigt jedoch nur temporale Bedingungen. Kontrollfluss, Daten und Ressourcen werden nicht berücksichtigt (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.2.4 Model Checking basierte Ansätze

Bei Model Checking basierten Ansätzen werden die Systemspezifikationen mit definierten Eigenschaften verifiziert. Damit ein System als konform bezeichnet wird müssen alle definierten Bedingungen in allen Zuständen des Systems erfüllt sein. Für die Umsetzung werden Model Checker eingesetzt, welche Softwarelösungen darstellen, die mit den Modellen und den Richtlinien befüllt werden. Der Model Checker durchsucht das Modell hinsichtlich der definierten Richtlinien und generiert Gegenbeispiele sofern gegen Richtlinien verstoßen wird (Hashmi *et al.*, 2018).

2.4.3 Post-Execution-Time

Bei diesem Überprüfungsansatz werden Prozesse nach deren Ausführung auf Rechtswidrigkeit beziehungsweise Ineffizienz überprüft. Hierfür werten spezielle Compliance Berater manuell Log Daten aus, die während der Prozessausführung generiert wurden oder es werden mithilfe von Process Mining Prozessmodelle erstellt (Hashmi *et al.*, 2018 S. 3). Die Notwendigkeit der Auswertung bereits abgeschlossener Prozessinstanzen ist dahin gehend zu begründen, dass Prozesse mit neu entstehenden Compliance Regeln abgeglichen werden müssen oder so genannten Audits entsprechen, die die genannten Standards und Anforderungen definieren (Knuplesch, 2019, p. 31).

Prozesse, die nicht mittels Prozessmodellen abgebildet sind, können durch Process Mining abgebildet werden. Process Mining ist ein Ansatz, bei dem aus Logdaten Prozessmodelle entwickelt werden, um Unternehmen und Organisationen eine Beurteilung der ausgeführten Prozesse zu ermöglichen. Dadurch kann eine Automatisierung der Auswertung von bereits ausgeführten Prozessen durchgeführt werden (Hany and Awad, 2010).

Entscheidender Nachteil dieses Ansatzes ist es, dass Ineffizienzen und Rechtsverletzungen nicht verhindert werden können. Außerdem kann die Überprüfung nur manuell vollzogen werden, sofern kein Process Mining durchgeführt wurde, wodurch ein hoher Zeit- und Ressourcenaufwand die Folge sind (Hashmi *et al.*, 2018 S. 3).

Dieser Ansatz beschreibt das Auswerten von Log Daten aus so genannten Eventlogs, die bereits in dem Klassifikationsansatz „Datenbasiert“ erläutert wurden.

Tab. 2-2: Beispiel Log Daten Auswertung(in Anlehnung an (Knuplesch, 2019))

#	Aktivität
1	A
2	B
3	C
4	B

Compliance Regel	Aktivierung	Zustand
A LeadsTo B	(1|A)	erfüllt
B LeadsTo C	(4|B)	verletzt
C LeadsTo B	(3|C)	erfüllt
C LeadsTo A	(3|C)	verletzt

Wie in Tab. 2-2 zu erkennen ist, befinden sich in der zweiten Spalte die Aktivitäten in deren chronologischer Reihenfolge. In Spalte 3 sind die Compliance Regeln abgetragen, die durch Aktivierung der jeweiligen Aktivitäten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Anhand dessen lässt sich feststellen, dass unterschiedliche Aktivierungen der Aktivitäten zu unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf Konformität führen. Die rechte Tabelle stellt den Event Log dar, der mittels der linken Tabelle ausgewertet werden kann (Knuplesch, 2019).

2.5 Kontrollregulationsmuster

Betrachtet man Regulationsmuster auf der Geschäftsebene so lassen sie sich in vier verschiedene Kategorien unterteilen(Becker *et al.*, 2011, S. 360), (Fellmann and Zasada, 2014). Man kann sie in Kontrollflussmuster, zeitbasierte Regulationsmuster, ressourcenbasierte Regulationsmuster und datenbasierte Regulationsmuster unterteilen (Thao Ly *et al.*, 2013, S. 2ff).

Kontrollregulationsmuster bieten eine weitere Differenzierung im Hinblick auf deren Wirkungsweise. Hierbei werden präventive und detektive Ansätze unterschieden. Präventive Kontrollregulationsmuster unterstützen das Verhindern von Verletzungen im Vorfeld. Beispiele hierfür sind Autorisierung, Segregation von Unternehmenspositionen oder auch Zustimmung des Vorgesetzen für bestimmte Handlungen. Im Gegensatz dazu bieten detektive Ansätze die Möglichkeit Prozessstrukturen auszuwerten, die bereits durchgeführt wurden (O Turetken *et al.*, 2012, S. 6).

2.5.1 Kontrollflussmuster

Kontrollflussregulationsmuster beinhalten Elemente, die dem Kontrollfluss dienen. Es existieren unterschiedliche Kategorien, die in den folgenden Tabellen aufgelistet sind. Reihenfolgeregulationsmuster (Order Patterns) beschreiben das Verhalten von Prozessspezifikationen. Kontrollflussmuster, die sich auf die Existenz von Strukturen oder Bedingungen beziehen werden als Occurence Pattern bezeichnet (Turetken *et al.*, 2012, S. 7).

Tab. 2-3: Kontrollflussmuster (in Anlehnung an (O Turetken et al.., 2012), (Ramezani et al., 2012)*)*

Kontrollregulationsmuster			Beschreibung (P, Q, S, T: Repräsentation von Prozesselementen)
Reihenfolge	einfach	Q Precedes P	P ist der Nachfolger von Q
		P LeadsTo Q	P führt nicht zwangsweise unmittelbar zu Q
		P XLeadsTo Q	Q muss unmittelbar nach P vorkommen
		P PLeadsTo Q	P und Q existieren und müssen sequentiell auftreten
	erweitert	(P, S, …) Chain LeadsTo (Q, T, …)	Es besteht eine Kettenabhängigkeit von Aktivitäten
		(Q, T, …) ChainPrecedes (P, S, …)	P,S, … sind Nachfolger von Q,T, …
		P LeadsTo Q Else S Else T …	Sequenzielle Abfolge von Aktivitäten. Bei Abwesenheit existieren alternative Optionen
Vorkommen	einfach	P Exists	Aktivität P muss im Prozessverlauf existieren.
		P Absent	P darf nicht im Prozessverlauf existieren.
		P Universal	P muss innerhalb des Prozessverlaufes gültig sein.
	erweitert	A BoundedExistence	Begrenzt die Anzahl an Existenzen einer Aktivitäten im Prozessverlauf.
		P CoExists Q	Ist P existent so muss auch Q existieren.
		P CoAbsent Q	Ist P nicht existent so darf Q auch nicht existieren.
		P Exclusive Q	Entweder P oder Q kann gleichzeitig existieren
		P Inclusive Q	Die Existenz eines Ereignisses A setzt die Existenz von B ebenfalls voraus.
		A Response B	Begrenzt das Auftreten eines bestimmten Ereignisses B als Reaktion auf ein Ereignis A.
		D,E… ChainResponse B,C…	Limitiert das Auftreten von Ereignissen B,C, … als Reaktion auf Ereignisse D,E,…
		P CoRequisite Q	P und Q müssen entweder beide existieren oder beide abstinent sein

		P Prerequisite Q	Die Abwesenheit von Aktivität P führt zur Abwesenheit von Q.
		P Substitute Q	Eine gegebene Aktivität P ersetzt das Fehlen von Aktivität Q.

Wie in Tab. 2-3 zu erkennen ist werden unterschiedliche Typen von Order Pattern definiert. Hierfür wurde eine einfache und eine erweiterte Darstellung gewählt. Letzteres bildet komplexere Strukturen ab (O Turetken *et al.*, 2012).

Zum einen gibt es Regulationsmuster, die die Reihenfolge von Prozessmodellen abbilden. Wie bereits im Abschnitt 2.1.1 erläutert wird für die Korrektur personenbezogener Daten eine Anfrage der betreffenden Person benötigt. Inhaltlich stellt dies ein Regulationsmuster dar, welches eine speziellen Nachfolgeraktivität beziehungsweise Vorgängeraktivität voraussetzt. Ein weiteres Regulationsmuster, welches Reihenfolgen definiert ist das so genannte „LeadsTo". Dies wird in unterschiedliche Granularitäten weiter unterteilt. Zum einen ist mit dem klassischen LeadsTo keine konkrete Vorgabe gegeben, wann die darauffolgende Aktivität im Prozessverlauf auftreten muss. Wird der Begriff mit einem „X" versehen so muss die Aktivität direkt auf die vorherige Aktivität folgen und es dürfen keine anderen Aktivitäten zwischenzeitlich durchgeführt werden. Wird der Begriff mit einem „P" versehen, so müssen die Aktivitäten sequenziell ablaufen (O Turetken *et al.*, 2012).

Eine weitere Kategorie in diesem Zusammenhang sind Regulationsmuster, die eine Existenz beziehungsweise Abwesenheit prozessbezogener Strukturen beschreiben. Diese schreiben vor, ob eine Aktivität im Prozessverlauf dauerhaft gelten muss beziehungsweise zwingend auftreten muss oder zwingend abwesend sein muss (O Turetken *et al.*, 2012).

Die Koexistenz beziehungsweise Koabwesenheit beschreibt Kontrollmuster, wo zwei Aktivitäten entweder gemeinsam Auftreten oder beide abwesend sind (O Turetken *et al.*, 2012).

Logische Zusammenhänge werden mittels „Inclusive" und „Exclusive" abgebildet. Inclusive erlaubt die Existenz von Aktivitäten A oder B sowohl einzeln als auch gleichzeitig. Exclusive hingegen erlaubt die Existenz entweder von A oder von B. Um das Auftreten von gewissen Aktivitäten in Abhängigkeit von anderen Aktivitäten darstellen zu können existiert das Kontrollflussmuster „Response", welches das Auftreten einer Aktivität B auf die Reaktion einer Aktivität A begrenzt. Dieses kann durch mehrere Aktivitäten in einem Kettenzusammenhang dargestellt werden. Sollen zwei Aktivitäten im Prozessverlauf existieren oder beide abwesend sein so kann man dies durch das Muster „CoRequisite" darstellen. Soll hingegen bei der Abwesenheit von Aktivität A Aktivität B ebenfalls abwesend sein so wird dies durch „PreRequisite" definiert. Das Fehlen einer Aktivität Q und das Ersetzen durch Aktivität A wird mittels „Substitute" dargestellt (Ramezani, Fahland and Van Der Aalst, 2012).

2.5.2 Zeitbasiert

Bei der Erfassung von Regulationen im unternehmerischen Kontext spielen zeitliche Bedingungen eine zentrale Rolle. In der Literatur unterscheidet man die zeitbasierte Betrachtung von Regulationsmuster in zwei Kategorien. Zeitliche Bedingungen können entweder qualitativ oder quantitativ sein. Qualitative Einschränkungen beziehen sich nicht auf eine bestimmte Zeitspanne, sondern spiegeln die zeitlichen Bedingungen zwischen Aktivitäten innerhalb eines Prozess wider. Genaue Angaben von zeitlichen Abfolgen sind daher nicht von Relevanz, sondern die genaue Abfolge von Aktivitäten. Beispiel hierfür wäre, dass Aktivität A vor/nach Aktivität B erfolgen muss(Becker, Bergener, Delfmann, Eggert, *et al.*, 2011, S. 7), (Thao Ly *et al.*, 2013, S. 2).

Quantitative Bedingungen hingegen datieren genaue Zeitangaben, in denen eine Aktivität oder ein gewisser Prozessschritt abgeschlossen sein muss, beziehungsweise in welcher Zeitspanne dieser zu erfolgen hat (Thao Ly *et al.*, 2013).

Tab. 2-4: zeitliche Kontrollmuster (in Anlehnung an (Elgammal *et al.*, 2016)*,* (O Turetken *et al.*, 2012)*)*

Kontrollregulationsmuster			Beschreibung (k = Zeiteinheit)
zeitlich	einfach	Innerhalb k	Innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls müssen die jeweiligen Aktivitäten ausgeführt worden sein.
		Nach k	Aktivität P muss nach k Zeiteinheiten durchgeführt werden.
		Genau	Aktivität P muss genau zu einem Zeitpunkt ausgeführt worden sein.
	erweitert	P existiert max/min k	Ereignis/Aktivität P existiert maximal beziehungsweise minimal k Zeiteinheiten.
		P existiert alle k	Iterative Existenz einer Aktivität innerhalb des Prozessverlaufs.

Kontrollregulationsmuster, die sich auf zeitliche Vorschriften beziehen, können wie in Tab. 2-4 voneinander differenziert werden. Es können Bedingungen gestellt werden, die innerhalb einer gewissen Zeiteinheit durchgeführt worden sind, nach K Zeiteinheiten oder zu einem speziellen Zeitpunkt. Außerdem können Regulationsmuster formuliert werden, die Aktivitäten eine minimale beziehungsweise maximale Existenz vorschreiben beziehungsweise vordefinierte wiederkehrende Zeitintervalle, in denen die Aktivitäten existieren. Jene zeitliche Regulationsmuster werden in Kombination mit flussbasierten Kontrollmustern dargestellt (O Turetken *et al.*, 2012).

2.5.3 Ressourcenbasiert

Ressourcen sind im Hinblick auf das Verwenden von Regulationsmustern von großer Bedeutung. Hierbei werden Bedingungen festgelegt, die sich auf die Ressource Arbeitskraft beziehen und besonders die Zuweisung von Aufgaben an Personen beziehungsweise Rollen richtet. In diesem Zusammenhang geht man davon aus, dass Aufgaben Rollen zugewiesen werden und diese von Benutzern ausgeführt werden. Diese Vorgaben können sowohl gesetzlich vorgeschrieben sein oder auch aus unternehmensinternen Strukturen hervorgehen (Elgammal *et al.*, 2016, S. 20).

Tab. 2-5: Ressourcenbasierte Kontrollmuster (in Anlehnung an (O Turetken *et al.*, 2012)*)*

Kontrollregulationsmuster			Beschreibung
Ressource	einfach	P PerformedBy Q	Aktivität P muss von Rolle Q ausgeführt werden.
		P SegregatedFrom Q	Aktivitäten P und Q müssen von unterschiedlichen Rollen und von unterschiedlichen Personen ausgeführt werden.
		P USegregatedFrom Q	Aktivität P und Q müssen von verschiedenen Personen durchgeführt werden.
		P BondedWith Q	Aktivität P und Q muss der gleichen Rolle und der gleichen Person zugewiesen sein.
		P RBondedWith Q	Aktivität P und Q müssen der gleichen Rolle zugewiesen aber von verschiedenen Personen durchgeführt werden.
	erweitert	(P,Q,S,…;m) Multi-Segregated	Eine Menge von Aktivitäten (P,Q,S,…) muss von einer bestimmen Anzahl m verschiedenen Personen durchgeführt werden.
		(P,Q,S,…) Multi-Bonded	Eine Menge von Aktivitäten (P,Q,S,…) müssen alle von der gleichen Rolle und Person durchgeführt werden.

Zum einen unterscheidet man bei ressourcenbasierten Regulationsmustern zwischen einer Rolle und einer Person. Eine Rolle stellt einen Aufgabenträger dar, bei dem die Aufgaben im Vorfeld definiert sind. Diese Rolle kann von jeder dafür qualifizierten Person eingenommen werden. Somit werden Personen Rollen zugewiesen (Elgammal *et al.*, 2016).

Wie in Tab. 2-5 zu entnehmen ist, werden Regulationsmuster formuliert, die Aktivitäten spezielle Rollen zuteilen. Zum einen können Vorschriften gelten, bei denen eine Aktivität nur von einer speziellen Rolle durchgeführt werden dürfen. Zum anderen können durch geeignete Regulationsmuster Aktivitäten durch Segregation verschiedene Rollen oder Personen zugeteilt werden (Elgammal *et al.*, 2016).

2.5.4 Informationsbezogen

Zusätzlich zu den Bedingungen an Aktivitäten innerhalb eines Prozesses werden auch Bedingungen an die zugehörigen Daten gestellt, die für den Prozess von Relevanz sind. Beispielsweise sollen sich Werte für bestimmte Aktivitäten durch die Ausführung des jeweiligen Prozesses ändern. Für die Umsetzung werden so genannte datenbewusste Regulationsregeln formuliert, die Bedingungen, Anforderungen oder auch Erwartungen an die Daten und die dazugehörigen Werte festlegen (Thao Ly *et al.*, 2013, S. 3).

Dabei unterscheidet man zwischen unären Bedingungen und erweiterten beziehungsweise konditionalen Bedingungen (Hany and Awad, 2010, p. 11). Unäre Bedingungen beziehen sich lediglich auf ein Datenobjekt und beschreiben dessen Eigenschaften, die gelten müssen. Erweiterte Bedingungen stellen Beziehungen zwischen Datenobjekten dar (Thao Ly *et al.*, 2013, S. 3).

Des Weiteren kann man eine Unterscheidung hinsichtlich der Datenherkunft treffen. Die Aktivitätsdaten werden beispielsweise als Input oder für die Verarbeitung des Prozesses verwendet. Wohingegen die Prozessdaten (Case Data) sich auf den kompletten Prozess beziehen und im gesamten Verlauf des Prozesses von Bedeutung sind (Thao Ly *et al.*, 2013, S. 3).

Ein Beispiel für die Bedeutung im unternehmerischen Kontext wäre eine Restriktion in Bezug auf die Daten, beziehungsweise deren Werte. Rabattaktionen für Kunden mit einem gewissen Status in dem jeweiligen Unternehmen wären als Beispiel zu nennen (Delfmann and Hübers, 2015).

2.5.5 High-Level Kontrollflussmuster (Namiri and Stojanovic, 2007)

Eine weitere Unterscheidung zwischen Kontrollflussmustern sind High-Level und System-Level Kontrollflussmuster. Diese unterscheiden sich im Hinblick auf deren technische Betrachtungsweise. High Level Kontrollflussmuster sind Regulationsmuster, die Strukturen abbilden, die nicht technischer Herkunft sind. Sie beschreiben unternehmensinterne Abläufe (Namiri and Stojanovic, 2007).

2.5.5.1 Second Set of Eyes Muster

Unter einem Second Set of Eyes (SSE) Regulationsmuster versteht man grundsätzlich ein Regulationsmuster, welches das Mehraugenprinzip beschreibt. In der Literatur wird zusätzlich noch zwischen Inter Role SSE und Intra Role SSE unterschieden (Namiri and Stojanovic, 2007).

Beim Inter Role SSE ist es von Bedeutung, dass die unterschiedlichen Personen für den Prozessverlauf unterschiedlichen Rollen zugeordnet sind. Beispielsweise muss Person A einen höheren Posten (Führungsposition) innehaben, um Entscheidungen durchzusetzen. Im Gegensatz dazu beschreibt Intra Role SSE, dass nur unterschiedliche Personen zugewiesen werden müssen, diese hingegen keine unterschiedliche Rollen innehaben müssen (Namiri and Stojanovic, 2007, p. 67).

2.5.5.2 Business Document Control Muster

Business Document Control Regulationsmuster lassen sich in Intra und Inter Business Document unterteilen. Hierbei stehen die Syntax und die Semantik des Geschäftsprozesses jeweils im Vordergrund. Unter diese Kategorie fallen Vollständigkeitsuntersuchungen auf der syntaktischen Ebene und Plausibilitätsprüfungen auf der semantischen Ebene (Namiri and Stojanovic, 2007, p. 67).

2.5.5.3 Inter-Activity Control Muster

Interaktivitätskontrollflussmuster beschreiben Regulationsmuster zur Überprüfung von Existenzen von Aktivitäten. Beispielsweise muss zur Freigabe eines Kredits zunächst eine Bonitätsprüfung stattfinden, damit dieser gewährt werden kann (Namiri and Stojanovic, 2007).

2.5.5.4 Report Muster

Basierend auf definierten Attributen oder Aktivitäten werden Berichte generiert, die im Nachhinein weiter ausgewertet werden können. Dabei zielt diese Form des Kontrollmusters nicht auf den Inhalt der Berichte, sondern auf die Generierung dieser ab. Es wird somit gewährleistet, dass Dokumente, die für den Geschäftsbetrieb notwendig sind, periodisch erfasst werden können (Namiri and Stojanovic, 2007).

2.5.5.5 Separation of Dutys Muster

Um Betrug und Missbrauch zu verhindern, werden Aktivitäten in Unteraktivitäten aufgeteilt, denen dann verschiedene Rollen oder Personen zugeordnet werden. Hier wird zwischen rollenbasierter und benutzerbasierter Aufteilung unterschieden (Namiri and Stojanovic, 2007, p. 8).

2.5.5.6 Authorization Muster

Autorisierungsmuster regulieren den Zugriff von Rollen beziehungsweise Personen auf spezielle Aktivitäten beziehungsweise Prozesse. Diese können sich entweder auf einen speziellen Zeitraum beziehen (temporal) oder dauerhaft gelten. Temporale Autorisierungsmuster werden außerdem in intra beziehungsweise inter Aktivität unterschieden.

2.5.5.7 Escalation Muster

Sollten ermittelte Verletzungen der Richtlinien ignoriert werden, so wird eine Weiterleitung dieser Information an verantwortliche Vorgesetze durchgeführt (Namiri and Stojanovic, 2007).

2.5.6 System-Level Kontrollmuster

Jedes High-Level Kontrollmuster wird auf ein System Level Kontrollmuster abgebildet, welches eine technische Implementation der High-Level Kontrollmuster repräsentiert. Jedes System-Level Kontrollmuster wird durch eine Kontrollstrategie beschrieben. Eine Kontrollstrategie definiert wie das Verhalten von Entitäten überwacht wird (Namiri and Stojanovic, 2007).

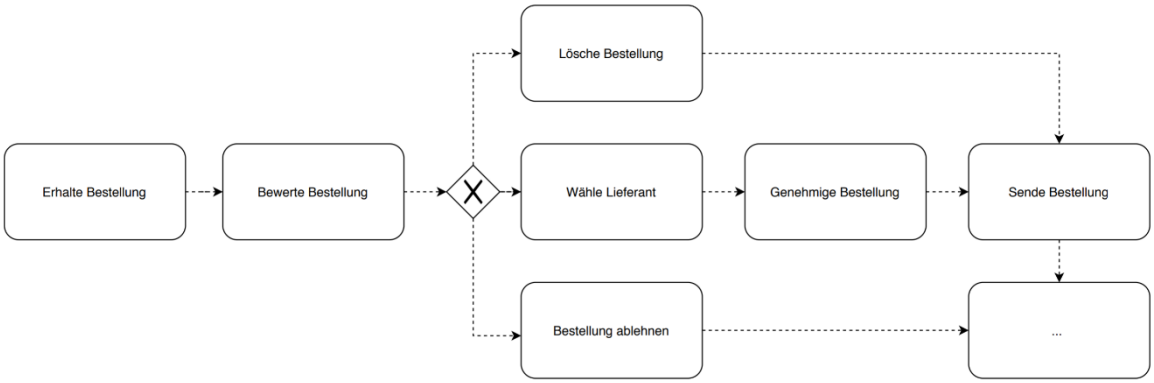

Abb. 2.6: Bestellprozess Purchase-To-Pay (Namiri und Stojanovic, 2007)

Abb. 2.6 stellt einen Purchase-To-Pay Prozess dar, bei dem eine Bestellung im Unternehmen eintrifft und diese mittels zuständigen Lieferanten abgewickelt wird. In diesem Zusammenhang werden Kontrollbedingungen an den Prozess definiert. Für ein Unternehmen stellt das unautorisierte Erstellen von Bestellungen und Bezahlungen von Lieferanten ein Risiko dar. Das zugehörige High-Level Kontrollmuster wird wie folgt definiert. Eine Bestellung, die einen definierten Warenwert überschreitet und gleichzeitig im vergangenen Jahr nicht geordert wurde, muss durch zwei unterschiedliche Mitarbeiter geprüft werden. Dabei handelt es sich in Bezug auf ein High-Level Kontrollregulationsmuster um ein Intra-Role SSE, da es sich um die gleiche Rolle, jedoch nicht um den gleichen Mitarbeiter handeln darf (Namiri and Stojanovic, 2007).

Das zuvor beschriebene Szenario kann wie folgt in ein System-Level Kontrollmuster übersetzt werden (Namiri and Stojanovic, 2007):

- **ControlTrigger** = Aktivität „Wähle Lieferant“
- **Scope** = Zwischen Aktivitäten „Wähle Lieferant“ und „Sende Bestellung“
- **Kontrollmuster** = Begrenzte Existenz n=2 von „Genehmige Bestellung“
- **Bedingungen** = amount > X€;
  GenehmigeBestellung.User$_1$.Role = Bestellabwickler;
  Genehmige Bestellung.User$_2$.Role = Bestellabwickler;
  GenehmigeBestellung.User$_1$.ID ≠ GenehmigeBestellung.User$_2$.ID

$$\forall t_i, \forall Bestell_Item_i \in \{Bestellung.Bestell_{Item_i}, BestellQueryFilter_i = Bestell_{Item_i}.lastOrderDate$$

$$t_i = BestellQuery(BestellQueryFilter) |\ t_i > 1\ Jahr\}$$

Der *ControlTrigger* definiert die Bedingungen zu welchem Zeitpunkt eine Kontrollstruktur ausgeführt wird. Der *Scope* beschreibt an welcher Stelle im Prozessverlauf die jeweilige Kontrollstruktur ausgeführt wird. In diesem Beispiel findet sie zwischen den Aktivitäten „Wähle Lieferant“ und „Sende Bestellung“ statt. Das *Kontrollmuster* beschreibt, dass die Genehmigung der Bestellung im Prozessverlauf genau zwei Mal auftreten muss, damit die Prüfung von zwei unterschiedlichen Personen durchgeführt werden kann (Namiri and Stojanovic, 2007).

In den Bedingungen werden die zuvor beschriebenen Regeln systematisch erfasst und auf die Prozessinstanz angewendet. Der Warenwert muss eine gewisse Summe X übersteigen. Des Weiteren müssen im Prozessverlauf zwei unterschiedlichen Personen die Bestellabwicklung überprüfen. Dies wird durch die Bedingung der unterschiedlichen Identifikationsnummer gewährleistet. Zuletzt muss der bestellte Artikel länger als ein Jahr nicht in der Bestellanfrage (BestellQuery) auftauchen (Namiri and Stojanovic, 2007).

2.6 Taxonomie

Betrachtet man Regulationsmuster auf der Strukturebene so lassen sie sich in zwei Subkategorien unterteilen. Jedes Regulationsmuster besteht aus einem oder mehreren atomaren Mustern. Atomare Regulationsmuster bilden das Grundelement jedes Regulationsmusters ab (Elgammal *et al.*, 2012, S. 37).

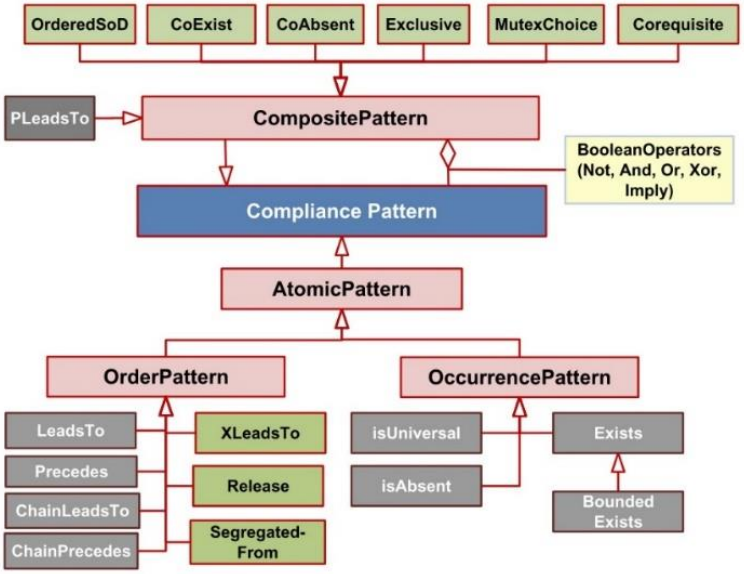

Abb. 2.7: Unterscheidung zwischen atomaren und zusammengesetzten Regulationsmustern (Elgammal et al., 2012, S. 37)

Abb. 2.7 stellt die Zusammensetzung eines Compliance Pattern in einem abstrakten Klassendiagramm dar. Ein Compliance Pattern wird mithilfe von atomaren Pattern zu einem zusammengesetzten Muster gebildet (Elgammal *et al.*, 2012).

2.6.1 Atomar

Atomare Regulationsmuster können genutzt werden, um Anforderungen zu beschreiben, die sich auf die Reihenfolge oder auf die Existenz von Prozessabläufen beschränken, die im vorherigen Subkapitel bereits beschrieben worden sind (Elgammal *et al.*, 2016, S. 16), (Dwyer, Avrunin and Corbett, 1998, p. 6). Atomare Regulationsmuster bestehen aus Kontrollmustern. Sie können sowohl Existenzen definieren als auch Reihenfolgen im Prozessablauf bestimmen (Elgammal *et al.*, 2016).

2.6.1 Zusammengesetzt

Zusammengesetzte Regulationsmuster werden aus atomaren Pattern gebildet. Dabei werden diese mit logischen Operatoren (Not, And, Or, …) miteinander verknüpft. Zusammengesetze Regulationsmuster können auch Kettenabhängigkeiten darstellen (Elgammal *et al.*, 2012). Zu nennen wäre der Kettenvorrang oder die Chain Response. Wie bereits in Abschnitt 2.5 erläutert zählen diese Art der Regulationsmustern zu den zusammengesetzten Regulationsmustern (Elgammal *et al.*, 2012).

3 Methodisches Vorgehen

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen der Thesis erläutert. Hierbei werden außerdem die im Vorfeld definierten Forschungsfragen erläutert. Aufgabe des Autors war es eine systematische Literaturrecherche im Hinblick auf die verfügbaren Regulationsmustern zu vollziehen und diese dann anhand beschriebener Parametern zu klassifizieren. Durch die Untersuchung der Literatur arbeitete der Autor drei Forschungsfragen heraus, die er als essenziell erachtet. Es ergaben sich die folgenden Forschungsfragen:

3.1 Forschungsfragen

1. Wie können Compliance Pattern systematisch zu Kategorien zusammengefasst werden?
2. Welchen Mehrwert bietet der Einsatz von Regulationsmustern im unternehmerischen Kontext?
3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den unterschiedlichen Kategorien?

Im Vordergrund dieser Thesis stand die Auswertung von Literatur im Hinblick auf die Klassifizierung von Compliance Pattern. Dabei sollte der Autor anhand der gegebenen Informationen die unterschiedlichen Compliance Pattern sinnvoll klassifizieren.

3.2 Problemdefinition

In den letzten Jahren hat Business Process Compliance Management einen immer höheren Stellenwert für Unternehmen eingenommen. Durch die schnellen Änderungen von gesetzlichen Regelungen werden Unternehmen gezwungen rechtliche Regelungen durch automatische Softwarelösungen zu ersetzen. Neben gesetzlichen Vorschriften stellen auch interne Regulationen einen hohen Stellenwert für Unternehmen dar. Durch Verstöße können hohe Strafe verhängt werden und durch Ineffizienzen können monetäre Verluste entstehen (Delfmann and Hübers, 2015).

Um dies zu verhindern, werden die bereits im zweiten Kapitel vorgestellten Regulationsmuster verwendet. Diese bieten die Möglichkeit meist automatisch rechts- oder unternehmensbezogene Verstöße zu vermeiden oder zu mindestens aufzudecken, um Maßnahmen zu ergreifen beziehungsweise eine Ursachenforschung durchführen zu können. Für die Umsetzung sind bereits fundierte Methodiken entwickelt worden. Allerdings existieren bisher keine vollständigen Kataloge, die diese Regulationsmuster klassifizieren (Delfmann and Hübers, 2015).

Um den Unternehmen die Möglichkeit zu bieten, die unterschiedlichen Regulationsmuster im Unternehmen zu etablieren, zielt diese Bachelorarbeit ab mithilfe einer systematischen Literaturrecherche eine Auswahl an unterschiedlichen Regulationsmustertypen zu geben.

Außerdem soll diese Thesis die unterschiedlichen Forschungslücken aufzeigen, die im Zusammenhang mit den verschiedenen Ansätzen von Regulationsmustern entstehen.

3.3 Forschungsmethodik

In der hier vorliegenden Bachelorarbeit wurde eine Literaturanalyse vollzogen. Dabei wurde sich an den Leitfaden von vom Brocke et. al 2015 und an Cooper 1988 orientiert. Es handelt sich hierbei um eine systematisch methodische Literaturanalyse(Vom Brocke *et al.*, 2015). Es wurde sowohl eine Keywordsuche als auch eine Vorwärts- und Rückwärtssuche angewendet. In den folgenden Kapiteln werden die verwendeten Datenbanken aufgelistet und deren Relevanz für die Beantwortung der hier angestrebten Forschungsfragen gegeben.

Um den Umfang des Reviews zu bestimmen orientierte man sich an dem Framework von Cooper 1988 (Cooper, 1988).

Der Fokus der hier vorliegenden Bachelorarbeit liegt auf der Untersuchung von Forschungsergebnissen und deren Anwendung im unternehmerischen Kontext. Das Goal des Beitrags ist die Untersuchung von Forschungsbeiträgen der Vergangenheit in Bezug auf das Thema der Thesis, um diese zu klassifizieren und mögliche Zusammenhänge darzustellen. Für die Umsetzung wurde eine neutrale Perspektive gewählt, um das Compliance Verständnis in unterschiedlichen Bereichen verständlich zu machen. Diese Bachelorarbeit richtet sich sowohl an spezialisierte Wissenschaftler als auch an Personen, die mit dem Umgang von Compliance im Unternehmensumfeld betroffen sind. Die Abdeckung des Literatur Reviews ist erschöpfend und selektiv, da die Ergebnissuche zunächst durch eine Keywordsuche vollzogen worden ist (Cooper, 1988).

Für die Literatursuche wurde die von Google zur Verfügung gestellte Suchmaschine „Google Scholar“, ACM Digital Library, IEEE Xplore, SpringerLink, ScienceDirect und Arxiv verwendet. Die Suchergebnisse wurden durch die Zugänglichkeit vieler Artikel eingeschränkt. Dies wurde allerdings durch die Verwendung der anderen Datenbanken abgedeckt sowie die Verwendung der von Google bereitgestellten Suchmaschine Google Scholar (*Google Scholar*, no date). Die Auswahl der Datenbanken wurde durch den Fachbezug der jeweiligen Datenbank begründet. Ein weiteres Kriterium für die Auswahl war, dass der Bestand der jeweiligen Datenbank ausreichend groß sein musste, um möglichst viele Suchergebnisse zu liefern.

3.4 Datenbanken

Tab. 3-1: Verwendete Datenbanken

Datenbank	**Sprache**	**Fachbereich**	**Referenz**
SpringerLink	Englisch/ Deutsch	interdisziplinär	(*SpringerLink*)
ACM Digital Library	Englisch	Informatik	(*ACM Digital Library*)
IEEE Xplore	Englisch	Informatik	(*IEEE Xplore*)
Science Direct	Englisch	interdisziplinär	(*Science Direct*)
Arxiv	Englisch	Informatik	(*Arxiv*)

3.5 Literatursuche

Der Autor untersuchte die Einstiegsliteratur, die er von der Beschreibung der Thesis entnommen hat auf relevante Fachbegriffe. Dabei wurden verschiedene Schlüsselwörter herausgearbeitet, die für die Literaturrecherche als notwendig erachtet wurden.

Es ergaben sich die folgenden Schlüsselwörter:

- Business Process Compliance
- Compliance Pattern
- Compliance Checking
- Classification

Die Auswahl der aufgelisteten Schlüsselbegriffe ist anhand deren Suchergebnisse zu begründen. Durch das Verwenden von Teilwörtern wurden zu viele beziehungsweise zu unspezifische Ergebnisse geliefert.

Mithilfe der oben aufgelisteten Schlüsselbegriffe wurden Suchanfragen hinsichtlich des Titels der Forschungsbeiträge gestellt. Diese Suchanfragen wurden des Weiteren mit den Verfügbaren Schlüsselwörtern kombiniert, um spezifischere Suchergebnisse zu erhalten. Um dies zu gewährleisten wurde der Operator ‚AND' beziehungsweise ‚OR' verwendet.

Die erhaltenen Ergebnisse wurden dann zunächst hinsichtlich ihres Titels und des Abstracts analysiert und anschließend selektiert. Die bei den Suchergebnissen nicht frei zur Verfügung gestellten Forschungsbeiträge wurden mittels Titelsuche über die Suchmaschine Google Scholar ermittelt. Sofern diese zur Verfügung standen, wurde sie in die Analyse miteinbezogen. Andernfalls wurden sie für die Auswertung nicht herangezogen.

4 Ergebnisse der Literaturanalyse

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse dar. Dabei wurden 58 Quellen anhand der in Kapitel 3 dargelegten Schlüsselwörter ausgewertet.

Anschließend werden die in der Tabelle festgehaltenen Kategorien in einer Graphik dargestellt, die die Zusammenhänge der unterschiedlichen Compliance Ansätze charakterisiert.

4.1 Suchergebnisse

Tab. 4-1: Suchergebnisse zu den entsprechenden Datenbanken

Datenbank:	**ACM Digital Library**	**IEEE Xplore**	**Arxiv**	**SpringerLink**	**ScienceDirect**	**Gesamt**
Suchtreffer:	44	75	58	328	102	607
Relevant:	8	13	1	29	3	54
Artikel:	5,5%	9,3%	1,8%	24,1%	5,6%	46,3%
Konferenz:	9,2%	14,8%	0%	29,6%	0%	53,7%
Konsolidiert:	14,7%	24,1%	1,8%	53,7%	5,6%	100%

Zusätzlich zu den durch die Keywordsuche ermittelten Forschungsbeiträge wurden weitere Beiträge über die Vorwärts- und Rückwärtssuche für die Literaturanalyse hinzugezogen und bewertet. Daraus resultierten weitere 26 Forschungsbeiträge für die Literaturanalyse. Mit einem Anteil von 53,7% machen Konferenzen den größten Anteil an Forschungsbeiträgen in der hier vorliegenden Bachelorarbeit aus. Die Datenbank SpringerLink macht mit 53,7% den größten Anteil der Ergebnisse aus. Mithilfe der Datenbanken IEEE Xplore wurden 24,1% und mit ACM Digital Library 14,7% der Forschungsbeiträge ermittelt. Science Direct (5,6%) und Arxiv (1,8%) stellten den geringsten Anteil an Forschungsbeiträgen bereit.

4.2 Literarische Einordnung

In diesem Kapitel werden die für diese Thesis verwendete Literatur anhand der in Kapitel zwei extrahierte Klassifikation tabellarisch eingeordnet. Dabei wurden die wesentlichen Kriterien aus Kapitel zwei als Grundlage für die Auswertung herangezogen. Die Klassifikation anhand der Taxonomie, High-Level beziehungsweise Systemlevel Kontrollregulationsmuster, Bezugspunkt und Ausrichtung sind nicht Gegenstand der Literaturanalyse, da bei diesen Kategorien die Ergebnisse aus Forschungsbeiträgen zu gering ausfiel, um einen Zusammenhang innerhalb der Klassifikation darstellen zu können.

Die unten aufgeführten Tabellen beinhalten Abkürzungen, die im Folgenden erläutert werden. Die Repräsentationsformen werden in Graph (G), Logik (L) und Datenbasierte Auswertung (D) unterschieden.

Kontrollmuster werden in zeitlich basierte (z), flussbasierte (fl), ressourcenbasierte (r) und informationsbasierte (i) Ansätze unterschieden.

Der Überprüfungszeitpunkt wird in Design-Time (DT), Run-Time (RT) und Post-Execution-Time (PET) differenziert.

Außerdem wurde die Literatur im Hinblick auf deren Beitragsart der Compliance Kategorien klassifiziert. Es wurde zwischen Ansätzen die unter Einbeziehung eines Umsetzungstools (Tl) und Forschungsbeiträge, die ausschließlich ihre Ergebnisse ohne Hilfe eines Tools darstellten unterschieden.

Tab. 4-2: Ergebnisse der Literaturanalyse (eigene Darstellung)

	Repräsentation			**Kontrollmuster**				**Überprüfungszeitpunkt**			**Tool**
Literatur	**G**	**L**	**Db**	**Fl**	**Ztl**	**R**	**i**	**DT**	**RT**	**PET**	**Tl**
(Avrunin, Dwyer and Corbett, 1970)		x		x							nein
(Dwyer, Avrunin and Corbett, 1998)		x		x							nein
(Volonino, Gessner and Kermis, 2004)						x			x		nein
(Yu *et al.*, 2006)				x					x		nein
(Knodel and Popescu, 2006)	x							x	x		ja
(Sadiq, Governatori and Naimiri, 2007)	x			x	x	x	x	x	x		ja
(Förster *et al.*, 2007)	x	x		x				x			nein
(Ghose and Koliadis, 2007)	x							x			nein
(Küster, Ryndina and Gall, 2007)	x			x	x		x	x	x		nein
(Ghanavati, Amyot and Peyton, 2007)	x					x		x			nein
(Liu, Müller and Xu, 2007)	x			x	x		x	x			ja
(Namiri and Stojanovic, 2007)	x			x	x	x	x	x			ja
(Kirchner, Kopetz and Moreau, 2007)		x						x			nein
(Kharbili, Stein and Pulvermüller, 2008)										x	nein
(Kharbili, Stein, *et al.*, 2008)								x	x	x	nein
(Kharbili, de Medeiros, *et al.*, 2008)	x		x					x	x	x	nein
(Lu, Sadiq and Governatori, 2008)	x							x			ja
(Awad, Weske and Decker, 2008)	x	x						x			ja
(Lohmann, Verbeek and Dijkman, 2009)	x										nein

(Awad and Weske, 2009a)	x	x		x				x	x		nein
(Awad, Smirnov and Weske, 2009b)	x							x	x		nein
(Curbera and Doganata, 2009)								x	x		ja
(Awad, Smirnov and Weske, 2009a)	x			x				x			ja
(Arbab, Kokash and Meng, 2009)	x			x	x			x			nein
(Hoffmann *et al.*, 2009)	x			x		x	x	x	x		nein
(Gerke, Cardoso and Claus, 2009)				x				x		x	ja
(Arbab and Kokash, 2009)	x				x			x	x		ja
(Awad and Weske, 2009b)	x	x		x				x	x		nein
(Chesani *et al.*, 2009)			x	x	x	x			x		ja
(Hany and Awad, 2010)	x			x				x	x	x	nein
(Knuplesch *et al.*, 2010)	x							x			ja
(D'aprile *et al.*, 2010)				x	x	x	x	x			nein
(Elgammal *et al.*, 2010)	x			x				x			nein
(Schumm, Leymann and Streule, 2010)	x			x				x	x		ja
(Silveira *et al.*, 2010)							x	x			ja
(Birukou *et al.*, 2010)	x					x	x	x	x		ja
(Governatori and Rotolo, 2010)	x							x	x		nein
(Becker, Bergener, Delfmann and Weiß, 2011)	x							x			ja
(Awad, Weidlich and Weske, 2011)	x	x		x				x	x		ja
(Reichert and Knuplesch, 2011)	x	x		x				x	x		ja
(Becker, Bergener, Delfmann, Eggert, *et al.*, 2011)	x			x	x	x	x	x	x		ja

(Becker, Bergener, Breuker, *et al.*, 2011)	x					x		x			nein
(Ly *et al.*, 2011)	x							x	x		ja
(Schiefer *et al.*, 2011)	x			x	x			x	x		ja
(Turetken *et al.*, 2011)	x							x	x		ja
(Oktay Turetken *et al.*, 2012)		x		x				x	x	x	ja
(Ramezani, Fahland and Van Der Aalst, 2012)	x			x				x	x	x	ja
(Elgammal *et al.*, 2012)		x		x	x	x	x	x			ja
(Awad *et al.*, 2012)	x	x		x			x	x	x		nein
(Mulo, Zdun and Dustdar, 2012)	x			x			x		x	x	ja
(Becker *et al.*, 2012)	x							x			nein
(Knuplesch *et al.*, 2013b)	x			x	x	x	x	x	x		nein
(Thao Ly *et al.*, 2013)	x	x						x			nein
(Taghiabadi *et al.*, 2013)	x			x	x					x	ja
(Pflanzl *et al.*, 2013)	x								x		ja
(Awad, Weidlich and Weske, 2013)		x		x			x	x	x		nein
(Knuplesch *et al.*, 2013a)	x			x	x	x	x				nein
(Engels, 2014)	x			x				x			nein
(Delfmann and Hübers, 2015)	x							x			ja
(Awad *et al.*, 2015)	x			x		x		x	x		ja
(Alaküla and Matulevičius, 2015)	x						x	x	x		nein
(Governatori, 2015)		x					x				nein
(Governatori and Hashmi, 2015)		x							x		nein
(Höhenberger, Riehle and Delfmann, 2016)	x							x			ja
(Awad *et al.*, 2016)		x		x		x		x			ja
(Elgammal *et al.*, 2016)	x	x						x			ja
(Bretschneider, Peters and Delfmann, 2016)	x							x			ja
(Knuplesch and Reichert, 2017)	x			x	x	x	x	x			ja

(Hashmi *et al.*, 2018)				x				x	x	x	nein
(Zasada, 2018)		x		x							nein
(Shastri and Wasserman, 2019)											nein
(Knuplesch, 2019)	x			x	x	x	x	x	x	x	ja
(Kasse *et al.*, 2019)		x					x				ja
(Houy *et al.*, 2019)			x	x						x	nein
(Seyffarth, Kühnel and Sackmann, 2019)	x	x						x			nein
(Czepa, 2019)		x		x	x						nein
(Castellanos, Gallina and Muram, 2019)				x							nein

4.3 Übersicht der Ergebnisse

In dem folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Auswertung präsentiert. Zunächst wird ein Überblick über die Verteilung der unterschiedlichen Ansätze gegeben, die Gegenstand der literarischen Auswertung waren.

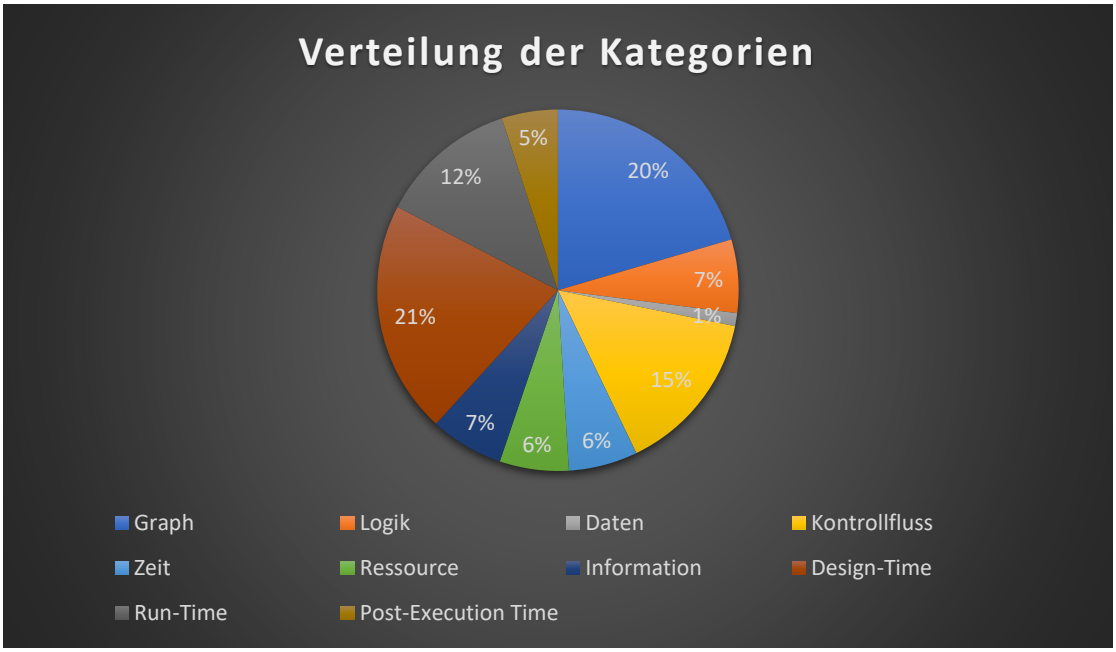

Abb. 4.1: Verteilung der Kategorien anhand der untersuchten Literatur (eigene Darstellung)

Die durch die Recherche ermittelte Literatur wurde unter den in der Tabelle aufgeführten Gesichtspunkten ausgewertet. Dabei ergab sich die folgende Zusammensetzung der unterschiedlichen Kategorien von Compliance Pattern sowie dessen Präsentationsform in der Literatur. Wurde in dem jeweiligen Forschungsbeitrag mehrere Typen von Compliance Pattern untersucht, so wurde dieser jeweils mehreren Kategorien zugewiesen.

Aus der Auswertung der Literatur ergab sich ein Anteil von 21%, der sich mit dem Überprüfungszeitpunkt während der Design-Time Phase der Prozessentwicklung beschäftigt. Run-Time basierte Ansätze wurden in 12% der ausgewerteten Literatur untersucht und diskutiert. Ansätze, die die Überprüfung der Prozesse nach Prozessablauf vollziehen wurden in 5% der ausgewerteten Literatur gefunden.

Kontrollmuster wurden hinsichtlich Kontrollfluss, zeitlich-, ressourcen-, und informationsbezogene Ansätze unterschieden. Es ergab sich ein Anteil von 15% an Kontrollflussmuster und jeweils 6% für die zeitbezogenen und ressourcenbezogenen Kontrollmuster. Informationsbezogene Kontrollmuster machten einen Anteil von 7% aus.

4.4 Forschungstrends

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Ansätze der Compliance Pattern systematisch chronologisch aufgeführt. Durch die Chronologie sollen die unterschiedlichen Forschungsschwerpunkte der untersuchten Jahre graphisch dargestellt werden.

4.4.1 Auswertung Repräsentationsform

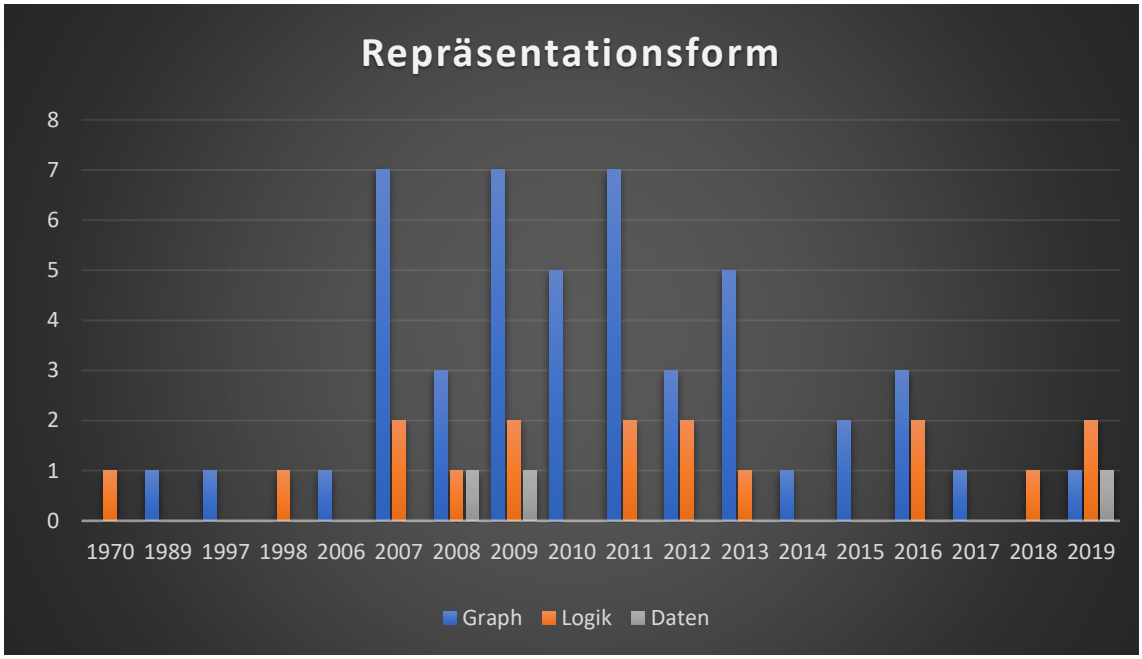

Abb. 4.2: Repräsentationsform in chronologischer Reihenfolge (eigene Darstellung)

Die Repräsentationsform wurde gegliedert in Graphen, Logik und Daten. Im Zeitverlauf ist zu erkennen, dass in den Jahren 2007 bis 2013 die meisten Forschungsbeiträge im Hinblick auf die Repräsentationsform gefunden worden sind. Die meisten graphenbasierten Ansätze wurden in den Jahren 2007 bis 2013 ermittelt. Logikbasierte Ansätze sind ebenfalls in diesem Zeitraum am häufigsten aufgetreten. Datenbasierte Ansätze sind ausschließlich 2008, 2009 und 2019 ermittelt worden.

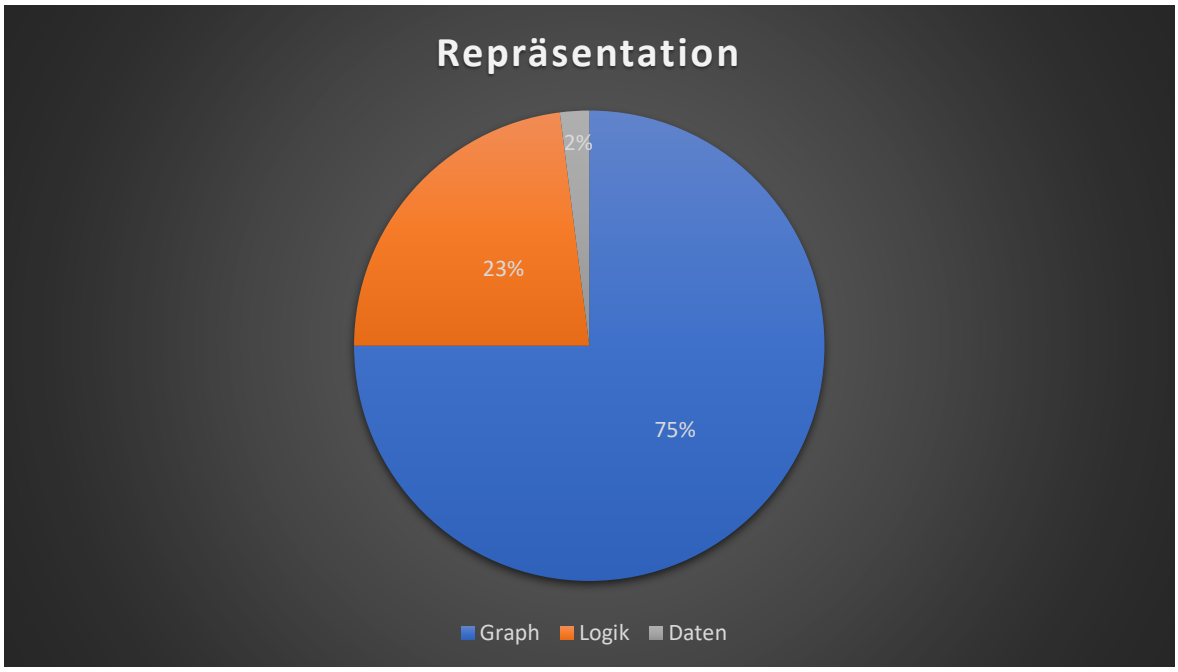

Abb. 4.3: Verteilung Repräsentationsform (eigene Darstellung)

Den größten Anteil mit 75% machte die Repräsentationsform Graph aus. Dies ist dahingehend zu begründen, dass im Unternehmensumfeld Mitarbeiter einfacher mit einer Graphen basierten Repräsentation von Geschäftsprozessen umgehen können. Aufgrund dessen werden Geschäftsprozesse als Prozessmodelle abgebildet. Logik basierte Ansätze machten einen Anteil von 23% der Forschungsbeiträge im Hinblick auf die Repräsentationsform aus. Lediglich 2% der Forschungsbeiträge beschrieben Verfahren zur Evaluierung von Geschäftsprozessen in Form von Daten basierten Ansätzen.

4.4.2 Auswertung Kontrollregulationsmuster

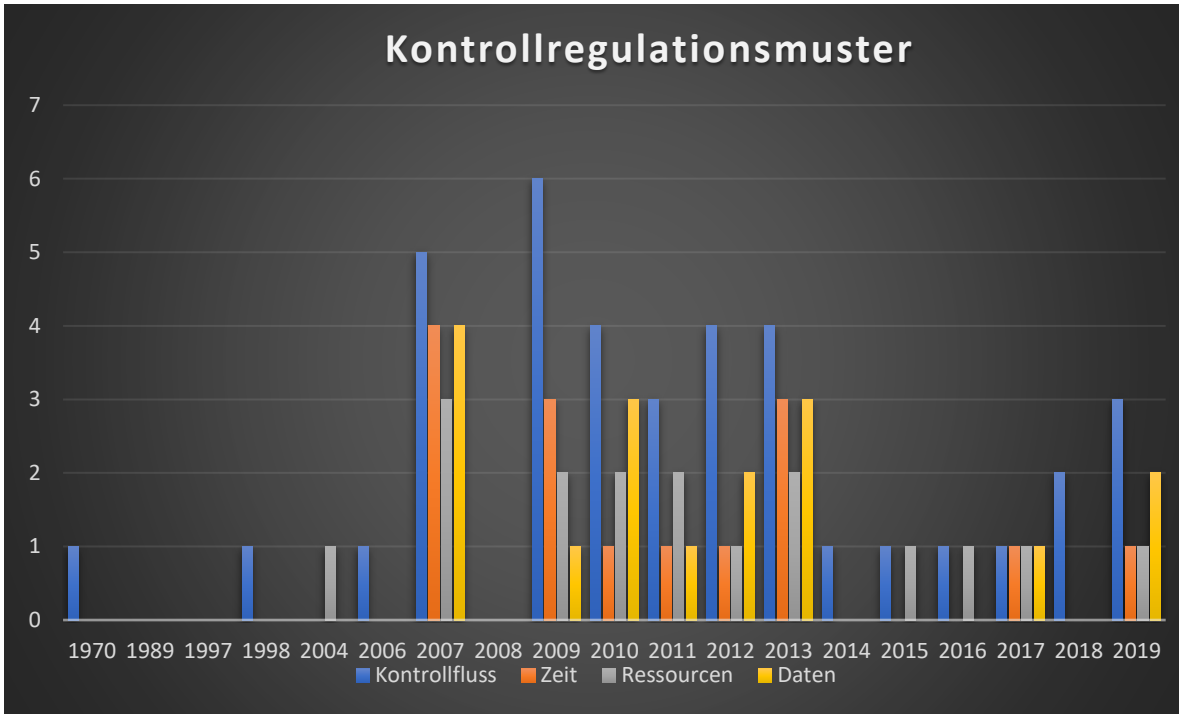

Abb. 4.4: Kontrollregulationsmuster in chronologischer Reihenfolge (eigene Darstellung)

Die Auswertung hinsichtlich Kontrollregulationsmuster ergab im Zeitverlauf in den Jahren 2009 – 2013 einen vermehrten Anteil an Forschungsbeiträgen. Außerdem wurde ein weiterer Anstieg der Forschungsbeiträge im Jahr 2019 verzeichnet. Deutlich hervortretend war die Anzahl an Forschungsbeiträgen, die sich mit Kontrollflussmustern befassten.

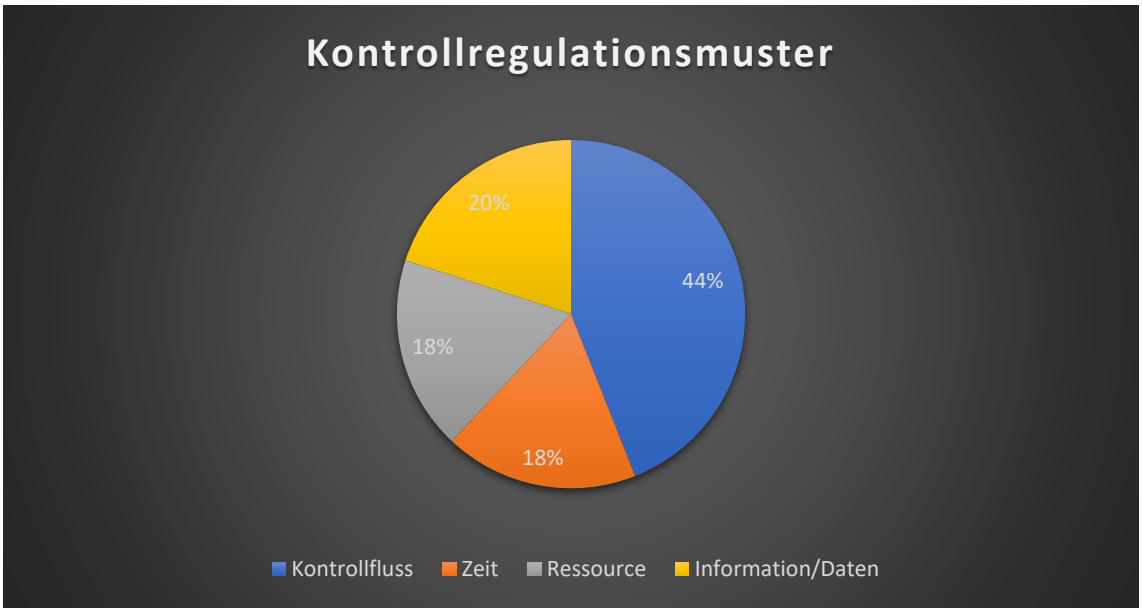

Abb. 4.5: Verteilung Kontrollregulationsmuster (eigene Darstellung)

Abb. 4.5 stellt die Verteilung der ermittelten Forschungsbeiträge hinsichtlich der Kontrollregulationsmuster dar. Mit 44% nehmen Kontrollflussmuster den größten Anteil ein. Zeitbasierte Ansätze und ressourcenbasierte Ansätze wurden in 18% der Forschungsbeiträge ausgewertet. 20% der Kontrollregulationsmuster waren informationsbezogene Regulationsmuster.

4.4.3 Auswertung Überprüfungszeitpunkt

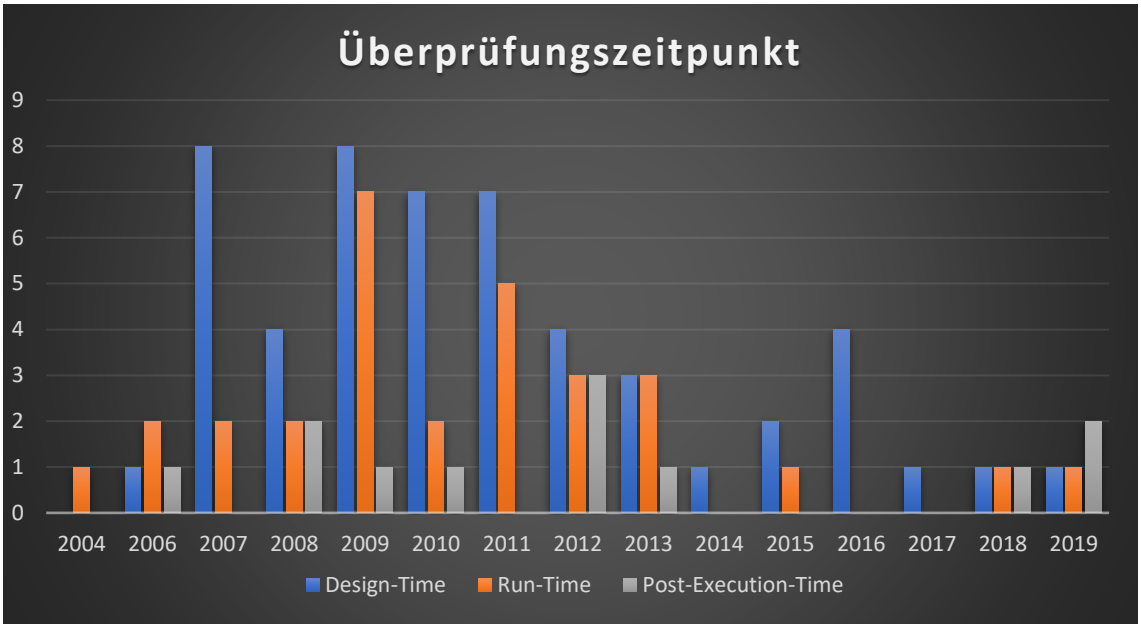

Abb. 4.6: Überprüfungszeitpunkt in chronologischer Reihenfolge (eigene Darstellung)

Hinsichtlich des Überprüfungszeitpunktes lässt sich ein vermehrtes Vorkommen von Design-Time und Run-Time basierten Ansätzen aus der Auswertung feststellen. In den Jahren 2007 bis 2011 ergibt sich ein deutlich höherer Anteil an Forschungsbeiträgen, die sich mit Compliance Pattern beziehungsweise Ansätzen von Design- beziehungsweise Run-Time beschäftigen.

Im gesamten Betrachtungszeitraum ist der Anteil von Ansätzen, die die Überprüfung nach der Ausführung von Prozessen durchführen mit maximal 3 Forschungsbeiträgen im Jahr 2012 begrenzt.

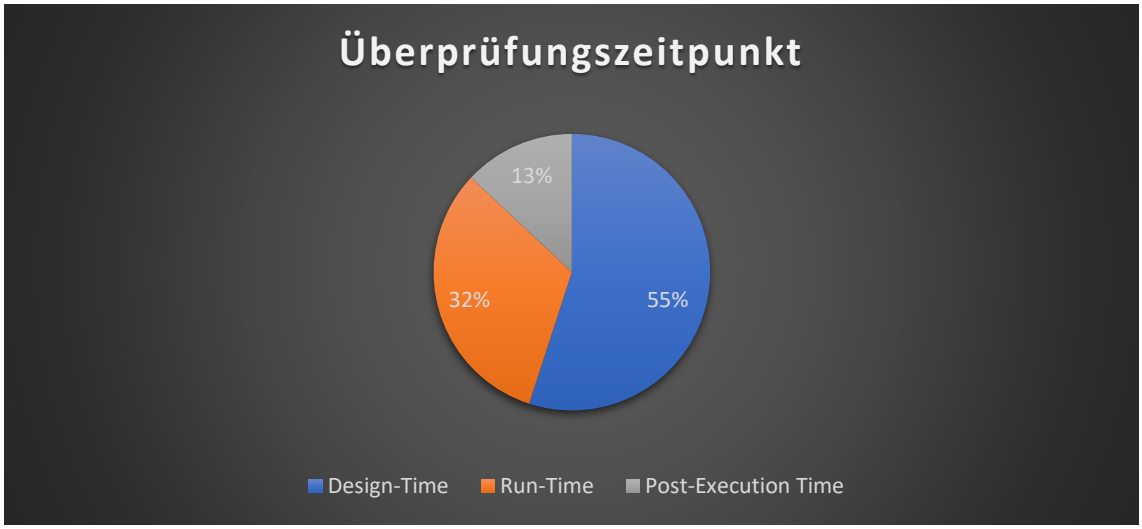

Abb. 4.7: Verteilung Überprüfungszeitpunkt (eigene Darstellung)

Abb. 4.7 stellt den Gesamtzusammenhang des Anteils der unterschiedlichen Überprüfungszeitpunkte dar. Dabei ergab sich ein Anteil von 55% der Design-Time basierten Ansätzen, gefolgt von Run-Time basierten Ansätzen mit 32%. Post-Execution-Time basierte Ansätze machte einen Anteil von lediglich 13% aus.

4.4.4 Verteilung Toolunterstützung

Abb. 4.8: Verteilung toolunterstützter Forschungsbeiträge (eigene Darstellung)

Die aus der Literaturrecherche ermittelten Forschungsbeiträge wurden außerdem auf die Verwendung eines Umsetzungstools untersucht. Dabei ergab sich ein Ergebnis bei dem in 52% der Forschungsbeiträge kein Umsetzungstool vorgestellt beziehungsweise diskutiert wurde. In 48% der Beiträge wurde der Einsatz eines Umsetzungstools demonstriert.

4.5 Klassifikationszusammenhang

Dieses Kapitel erläutert das aus der Klassifikation resultierende Framework, welches den Zusammenhang der Klassifikation in der Literatur beschreibt.

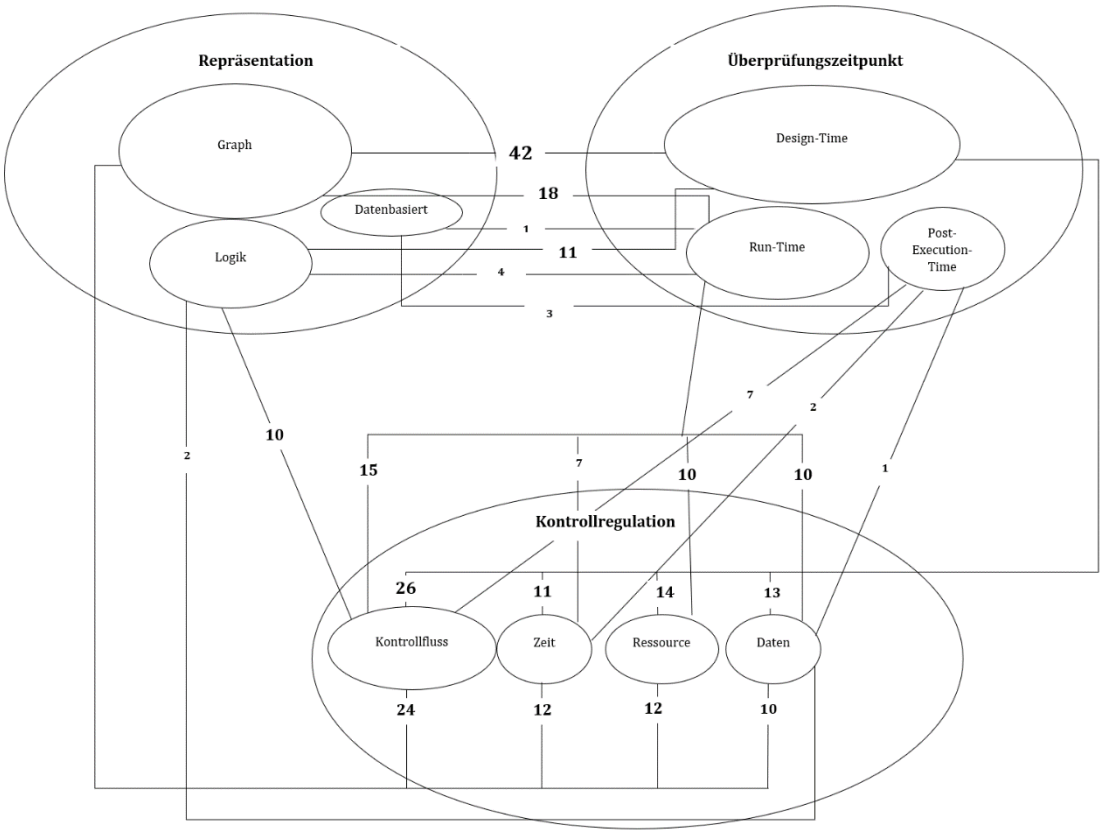

Abb. 4.9: Klassifikationszusammenhang (eigene Darstellung)

Abb. 4.1 stellt die Ergebnisse der Literaturanalyse in einem graphischen Abhängigkeitsmodell da. Die Größe der jeweiligen Kategorien repräsentieren die zahlenmäßige Summe der in der Literatur vorkommenden Kategorie. Die Zahlen der Kanten repräsentieren die Summe an Forschungsbeiträgen, die kategorienübergreifende Ansätze diskutieren und diese in einen Zusammenhang bringen. Die Kategorien des Klassifikationszusammenhangs sind aus der Tabelle der Klassifikation entnommen. Die Art der Darstellung wurde gewählt, da sie zum einen den mengenmäßigen Anteil der Kategorien anhand derer Größe erfasst und zum anderen kategorienübergreifende Zusammenhänge verdeutlicht.

Anhand des Klassifikationszusammenhangs lassen sich Zusammenhänge der unterschiedlichen Kategorien veranschaulichen. Insgesamt wurden 50 graphenbasierte Forschungsbeiträge identifiziert. Es ist festzustellen das vermehrt graphenbasierte Ansätze in Bezug auf Design-Time Compliance Checking in Forschungsbeiträgen zur Diskussion standen (Summe: 41), gefolgt von Run-Time Compliance Checking (Summe: 18).

Außerdem behandelten 24 Forschungsbeiträge in diesem Zusammenhang Kontrollflussmuster, zwölf zeitlichbasierte Ansätze beziehungsweise ressourcenbasierte Ansätze und zehn informationsbezogene Ansätze.

Der Grund für die heterogene Verteilung der unterschiedlichen Ansätze soll wie folgt begründet werden. Für Unternehmen ist es von besonderer Relevanz Richtlinien und gesetzliche Verordnungen umzusetzen, um Strafen und monetäre Verluste zu vermeiden. Dafür werden die vorhandenen Prozesse in Form von Prozessmodellen in den unterschiedlichen Modellierungssprachen umgesetzt. Um aktiv Verstöße verhindern zu können müssen Prozesse schon vor der eigentlichen Ausführung überprüft werden beziehungsweise während der Ausführung, um zeitliche Richtlinien und Prozessinstanzen überwachen zu können. Geeignet sind dafür ausschließlich Verfahren, die beim Prozessdesign ansetzen oder während der Laufzeit die Überwachung durchführen (Knuplesch, 2019).

Dennoch spielt die Überprüfung von Prozessen nach der Ausführung eine Rolle, da neue gesetzliche Regelungen in Kraft treten können, die dann unmittelbar für bereits abgeschlossene Prozesse von Relevanz sind (Knuplesch, 2019).

4.6 Unternehmerischer Benefit & Herausforderungen der Umsetzung

Die in den vorherigen Kapitel diskutierten Ansätze zur Umsetzung des Compliance Checkings bieten sowohl Verbesserungen aber auch Herausforderungen im unternehmerischen Kontext. Zunächst werden die unternehmerischen Benefits zusammengetragen, die sich im Kontext der Anwendung von Regulationsmustern im Unternehmen ergeben. Abschließend werden drei Herausforderungen erläutert, die sich in diesem Zusammenhang ergeben können.

Unternehmen sind von einer hohen Rate an Änderungen von Vorschriften betroffen. Außerdem bietet das betriebswirtschaftliche Vokabular Raum für Inkonsistenzen und Heterogenität. Prozesse werden meist redundant dokumentiert. In diesem Kontext führt die Missachtung von gesetzlichen Regelungen schnell zu monetären Verlusten oder rechtlichen Konsequenzen. Diese Komplexität kann durch das automatische Überprüfen von Prozessmodellen kompensiert werden (Becker, Bergener, Delfmann, Eggert, *et al.*, 2011).

Um eine Rechtsverletzung systematisch erfassen zu können, sollte beim Compliance Checking nicht ausschließlich die Bekanntgabe der Regel, die verletzt wurde, im Vordergrund stehen. Grund hierfür ist, dass mehrere Instanzen der betroffenen Aktivität existieren, die vom System differenziert betrachtet werden müssen, um die Ursache ermitteln zu können (Ly *et al.*, 2011).

Jede Aktivierung einer Compliance Regel kann entweder erfüllt, verstoßen oder verletzbar sein abhängig von den Aktivitäten im Zeitverlauf, sowie dem Überprüfungszeitpunkt. Wurde eine Verletzung während der Laufzeit eines Regulationsmusters festgestellt, so kann dieser Verstoß nicht rückgängig gemacht werden. Die Überprüfung eines Prozesses während der Laufzeit sollte bereits proaktiv vollzogen werden, d. h. es sollte bereits bevor ein Verstoß existiert, Maßnahmen getroffen werden, die dies verhindern. Die frühzeitige Ermittlung von zukünftigen Verstößen ermöglicht es Unternehmen Kompensationsmaßnahmen durchzuführen. Dies umfasst beispielsweise Vorhersagen und Empfehlungen von Aktivitäten, die als nächstes im Prozessverlauf ausgeführt werden. Um diese Funktionalitäten zu implementieren, müssen Mechanismen zur Ermittlung von frühzeitigen konfliktbehafteten Bedingungen existieren oder das zur Verfügung stellen von Handlungsempfehlungen bereitstehen (Thao Ly *et al.*, 2013).

Eine weitere Herausforderung stellt die Identifizierung der Ursache der Verletzung eines Prozesses dar. Insbesondere bei komplexen Prozessen kann ein Verstoß mehrere Ursachen haben, die jeweils unterschiedliche Lösungsstrategien erfordern (Ly *et al.*, 2011).

5 Fazit

Die hier vorliegende Bachelorarbeit wurde mithilfe einer systematischen Literaturanalyse durchgeführt. Es wurde eine Klassifikation von Compliance Pattern aus insgesamt 85 Forschungsbeiträgen ermittelt, die in den Jahren 1970 bis 2019 publiziert wurden. Durch die Analyse der Literatur wurden sechs Hauptkategorien extrahiert, die in 24 weitere Kategorien klassifiziert wurden. In Anbetracht dessen wurde die Literatur anhand der folgenden Kategorien ausgewertet:

- **Repräsentation**
  - Graph
  - Logik
  - Datenbasiert
- **Kontrollregulationsmuster**
  - Kontrollflussmuster
  - Zeitlichbasierte Ansätze
  - Ressourcenbasierte Ansätze
  - Informationsbasierte Ansätze
- **Überprüfungszeitpunkt**
  - Design-Time
  - Run-Time
  - Post-Execution Time
- **Toolunterstützung**

Die Ergebnisse der Literaturanalyse wurden abschließend in einem Klassifikationszusammenhang dargestellt, welches die Zusammenhänge der unterschiedlichen Kategorien darstellt, die in den Forschungsbeiträgen diskutiert wurden. Es ergab sich ein deutlicher Anteil von Graphen basierten Ansätzen im Zusammenhang mit Design-Time beziehungsweise Run-Time basierten Ansätzen. Dies wurde dahingehend begründet, dass Unternehmen auf die Einhaltung von Regularitäten bereits im Vorfeld beziehungsweise zur Laufzeit setzen, um rechtliche Konsequenzen oder monetäre Verluste zu vermeiden. Dennoch ist die Auswertung der bereits abgeschlossenen Prozesse von Bedeutung, da auch neue Regelungen auf abgeschlossene Prozesse angewendet werden müssen (Knuplesch, 2019), (Delfmann and Hübers, 2015).

Durch die Literaturanalyse ergab sich ein deutliches Defizit im Bereich Post-Execution Time. Außerdem wurde in den Forschungsbeiträgen die möglichen Herausforderungen, die durch den Einsatz von Compliance Pattern und insbesondere der Aufklärung des Verstoßes zu gering diskutiert. Weitere Forschungsbeiträge könnten außerdem die inhaltliche Klassifikation von Compliance Pattern branchenspezifisch herausarbeiten, da sich Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen in ihren Geschäftsprozessen unterscheiden können.

Das Ergebnis der vorliegenden Bachelorthesis besteht darin, dass eine Auswahl an unterschiedlichen Compliance Pattern bereitgestellt wird, die in unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten zum Tragen kommen. Außerdem bietet der entwickelte Klassifikationszusammenhang einen Überblick über die Zusammenhänge der verschiedenen Methoden zur Umsetzung von Compliance. Der Autor stellt im Anhang außerdem einen Katalog bereit, der 32 Compliance Pattern der analysierten Forschungsbeiträge beinhaltet, die außerdem den zuvor ermittelten Kategorien zugeordnet sind.

Der Klassifikationszusammenhang kann durch in der Zukunft entwickelte Regulationsmustertypen und Ansätze erweitert werden. Der im Anhang bereitgestellte Katalog kann durch geeignete Regulationsmuster ergänzt und systematisch in die zugehörigen Wirtschaftsbereiche gegliedert werden.

6 Literaturverzeichnis

ACM Digital Library (no date).

Alaküla, M.-L. and Matulevičius, R. (2015) "An Experience Report of Improving Business Process Compliance Using Security Risk-Oriented Patterns," in *The Practice of Enterprise Modeling*. doi: 10.1007/978-3-319-25897-3_18.

Arbab, F. and Kokash, N. (2009) "Formal Behavioral Modeling and Compliance Analysis for Service-Oriented Systems," in. doi: 10.1007/978-3-642-04167-9_2.

Arbab, F., Kokash, N. and Meng, S. (2009) *Towards Using Reo for Compliance-aware Business Process Modeling*. Available at: http://www.compas-ict.eu/ (Accessed: January 10, 2020).

Arxiv (no date).

Avrunin, G. S., Dwyer, M. B. and Corbett, J. C. (1970) *Property Specification Patterns for Finite-State Verification Using Formal Verification Methods to Improve Medical Safety View project PROPEL: An Approach Supporting User Guidance In Developing Precise and Understandable Property Specifications View proje*. doi: 10.1145/298595.298598.

Awad, A. *et al.* (2012) "An iterative approach to synthesize business process templates from compliance rules," 37, pp. 714–736. doi: 10.1016/j.is.2012.05.001.

Awad, A. *et al.* (2015) "Runtime Detection of Business Process Compliance Violations: An Approach based on Anti Pattern," in. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Amal_Elgammal/publication/270285000_Runtime_Detection_of_Business_Process_Compliance_Violations_An_Approach_based_on_Anti_Patterns/links/54a6e22d0cf267bdb909fcd6/Runtime-Detection-of-Business-Process-Compliance-Violati (Accessed: September 16, 2019).

Awad, A. *et al.* (2016) "An Anti-Pattern-based Runtime Business Process Compliance Monitoring Framework Machine learning View project Towards Monitoring Compliance of Business Processes View project An Anti-Pattern-based Runtime Business Process Compliance Monitoring Framework," *Article in International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 7(2). Available at: https://www.researchgate.net/publication/296603156 (Accessed: August 12, 2019).

Awad, A., Smirnov, S. and Weske, M. (2009a) "Resolution of Compliance Violation in Business Process Models: A Planning-based Approach," in *On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2009*.

Awad, A., Smirnov, S. and Weske, M. (2009b) *Towards Resolving Compliance Violations in Business Process Models*.

Awad, A., Weidlich, M. and Weske, M. (2011) *Visually Specifying Compliance Rules and Explaining their Violations for Business Processes*.

Awad, A., Weidlich, M. and Weske, M. (2013) *Consistency Checking of Compliance Rules*.

Awad, A. and Weske, M. (2009a) *Visualization of Compliance Violation in Business Process Models*. Available at: http://tbpm.oryx-project.org/pub/Public/AhmedAwad/21-Awad.pdf (Accessed: August 30, 2019).

Awad, A. and Weske, M. (2009b) *Visualization of Compliance Violation Using Anti-patterns*. Available at: http://oryx-project.org/pub/Public/AhmedAwad/VoV.pdf (Accessed: September 13, 2019).

Awad, A., Weske, M. and Decker, G. (2008) "Efficient Compliance Checking Using BPMN-Q and Temporal Logic Correlating Unlabeled Events from Unmanaged Process Execution View project A Compliance Management Framework for Business Process Models View project Efficient Compliance Checking Using BPMN-Q ." doi: 10.1007/978-3-540-85758-7_24.

Becker, J., Bergener, P., Breuker, D., *et al.* (2011) *An Efficient Business Process Compliance Checking Approach*. Available at: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-24148-2_19.pdf (Accessed: August 30, 2019).

Becker, J., Bergener, P., Delfmann, P. and Weiß, B. (2011) *Modeling and Checking Business Process Compliance Rules in the Financial Sector*.

Becker, J., Bergener, P., Delfmann, P., Eggert, M., *et al.* (2011) "Supporting Business Process Compliance in Financial Institutions-A Model-Driven Approach," in, p. 11. Available at: http://aisel.aisnet.org/wi2011 (Accessed: August 30, 2019).

Becker, L. *et al.* (2012) "Generalizability and Applicability of ModelBased Business Process Compliance-Checking Approaches – A State-of-the-Art Analysis and Research Roadmap," *Official Open Access Journal of VHB* , 5(2), pp. 221–247. Available at: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF03342739.pdf (Accessed: August 8, 2019).

Birukou, A. *et al.* (2010) *An Integrated Solution for Runtime Compliance Governance in SOA*. Available at: http://www.compas-ict.eu/ (Accessed: January 13, 2020).

Bretschneider, U., Peters, R. and Delfmann, P. (2016) *FROM LEGISLATION TO POTENTIAL COMPLIANCE VIOLATIONS IN BUSINESS PROCESSES – SIMPLICITY MATTERS*. Available at: http://aisel.aisnet.org/ecis2016_rphttp://aisel.aisnet.org/ecis2016_rp/188 (Accessed: August 30, 2019).

Vom Brocke, J. *et al.* (2015) "Standing on the Shoulders of Giants: Challenges and Recommendations of Literature Search in Information Systems Research." doi: 10.17705/1CAIS.03709.

Bundesregierung (2018) *Datenschutzgrundverordnung*.

Castellanos, J., Gallina, B. and Muram, F. U. (2019) "Facilitating Automated Compliance Checking of Processes in the Safety-critical Context," *Electronic Communications of the EASST*, 78.

Chesani, F. *et al.* (2009) *Checking Compliance of Execution Traces to Business Rules*. Available at: http://www.workflowpatterns.com (Accessed: January 10, 2020).

Cooper, H. M. (1988) *Organizing Knowledge Syntheses: A Taxonomy of Literature Reviews*.

Curbera, F. and Doganata, Y. (2009) "Effect of Using Automated Auditing Tools on Detecting Compliance Failures in Unmanaged Processes," *LNCS*, 5701, pp. 310–326. doi: 10.1007/978-3-642-03848-8_21.

Czepa, C. (2019) "How Understandable Are Pattern-Based Behavioral Constraints for Novice Software Designers?" doi: 10.1145/3306608.

D'aprile, D. *et al.* (2010) *Verifying Business Process Compliance by Reasoning about Actions*.

Delfmann, P. and Hübers, M. (2014) "Entwicklung eines Katalogs von Regulationsmustern zur Unterstützung der Compliance-Überprüfung von Geschäftsprozessen im Finanzsektor," in *Dienstleistungsmodellierung 2014*. Springer Fachmedien Wiesbaden, pp. 201–222. doi: 10.1007/978-3-658-06891-2_11.

Delfmann, P. and Hübers, M. (2015) "Towards Supporting Business Process Compliance Checking with Compliance Pattern Catalogues," *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures*, 10(1).

Dwyer, M., Avrunin, G. and Corbett, J. (1998) *Patterns in Property Specifications for Finite-State Verification*.

Elgammal, A. *et al.* (2010) *Root-Cause Analysis of Design-Time Compliance Violations on the Basis of Property Patterns*, *LNCS*. Available at: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-17358-5_2.pdf (Accessed: August 8, 2019).

Elgammal, A. *et al.* (2012) "Using Patterns for the Analysis and Resolution of Compliance Violations," *Article in International Journal of Cooperative Information Systems*, 21(1), pp. 31–54. doi: 10.1142/S0218843012400023.

Elgammal, A. *et al.* (2016) "Formalizing and applying compliance patterns for business process compliance," *ftware and Systems Modeling*, 15(1), pp. 119–146. doi: 10.1007/s10270-014-0395-3.

Engels, G. (2014) "Activity Diagram Patterns for Modeling Quality Constraints in Business Processes," in. doi: 10.1007/11557432_2.

Fellmann, M. and Zasada, A. (2014) "STATE-OF-THE-ART OF BUSINESS PROCESS COMPLIANCE APPROACHES," in *ECIS 2014*. Available at: http://aisel.aisnet.org/ecis2014http://aisel.aisnet.org/ecis2014/proceedings/track06/8 (Accessed: November 12, 2019).

Förster, A. *et al.* (2007) *Verification of Business Process Quality Constraints Based on Visual Process Patterns*.

Di Francescomarino, C. *et al.* (2018) *Predictive Process Monitoring Methods: Which One Suits Me Best?*

Gerke, K., Cardoso, J. and Claus, A. (2009) *LNCS 5870 - Measuring the Compliance of Processes with Reference Models*.

Ghanavati, S., Amyot, D. and Peyton, L. (2007) *Towards a Framework for Tracking Legal Compliance in Healthcare*.

Ghose, A. and Koliadis, G. (2007) *Auditing Business Process Compliance*.

Giblin, C. *et al.* (2005) *Regulations Expressed As Logical Models (REALM)*. Available at: http://domino.watson.ibm.com/ (Accessed: January 27, 2020).

Google Scholar (no date) *www.scholar.google.com*.

Governatori, G. (2015) "The Regorous Approach to Process Compliance Some of the authors of this publication are also working on these related projects: strategic argumentation View project Multi modal logics View project," in *2015 IEEE 19th International Enterprise Distributed Object Computing Workshop*. doi: 10.1109/EDOCW.2015.28.

Governatori, G. and Hashmi, M. (2015) “No Time for Compliance,” in *2015 IEEE 19th International Enterprise Distributed Object Computing Conference*. Available at: http://www.oasis-open.org/apps/org/workgroup/legalruleml/download.php/ (Accessed: January 21, 2020).

Governatori, G. and Rotolo, A. (2010) *A Conceptually Rich Model of Business Process Compliance*.

Hany, A. M. and Awad, A. (2010) *A COMPLIANCE MANAGEMENT FRAMEWORK FOR BUSINESS PROCESS MODELS*. Available at: http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2010/4922/ (Accessed: November 13, 2019).

Hashmi, M. *et al.* (2018) *Are We Done with Business Process Compliance: State-of-the-Art and Challenges Ahead Evaluation of Compliance Rule Languages View project Legal Informatics View project Are We Done with Business Process Compliance: State-of-the-Art and Challenges Ahead*. doi: 10.1007/s10115-017-1142-1.

Hoffmann, Jörg *et al.* (2009) “Inf Syst Front On compliance checking for clausal constraints in annotated process models,” in. doi: 10.1007/s10796-009-9179-7.

Höhenberger, S., Riehle, D. and Delfmann, P. (2016) “From Legislation to Potential Compliance Violations in Business Processes - Simplicity Matters,” in *ECIS 2016*. Available at: http://aisel.aisnet.org/ecis2016_rphttp://aisel.aisnet.org/ecis2016_rp/188 (Accessed: August 30, 2019).

Houy, C. *et al.* (2019) “Model-Based Compliance in Information Systems-Foundations, Case Description and Data Set of the MobIS-Challenge for Students and Doctoral Candidates,” in *14th International Conference on Wirtschaftsinformatik*.

IEEE Xplore (no date).

Kasse, J. P. *et al.* (2019) *Verifying for Compliance to Data Constraints in Collaborative Business Processes*.

Keller, A. and Ludwig, H. (2002) “Defining and Monitoring Service Level Agreements for Dynamic e-Business,” in *Sixteenth Systems Administration Conference*, pp. 189–204.

Kharbili, M. El, de Medeiros, A., *et al.* (2008) *Business Process Compliance Checking: Current State and Future Challenges*.

Kharbili, M. El, Stein, S., *et al.* (2008) “Towards a Framework for Semantic Business Process Compliance Management,” in *GRCIS*, p. 15.

Kharbili, M. El, Stein, S. and Pulvermüller, E. (2008) *Policy-Based Semantic Compliance Checking for Business Process Management*. Available at: http://www.hipaa.org/. (Accessed: January 14, 2020).

Kirchner, C., Kopetz, R. and Moreau, P.-E. (2007) “Anti-pattern Matching,” in. Available at: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-540-71316-6_9.pdf (Accessed: September 23, 2019).

Kneuper, R. (2015) *Process Mining bei Softwareprozessen: Ein Überblick*. Available at: http://msrconf.org (Accessed: October 30, 2019).

Knodel, J. and Popescu, D. (2006) *A Comparison of Static Architecture Compliance Checking Approaches 1*.

Knuplesch, D. *et al.* (2010) *On Enabling Data-Aware Compliance Checking of Business Process Models*.

Knuplesch, D. *et al.* (2013a) *On the Formal Semantics of the Extended Compliance Rule Graph*. Available at: http://dbis.eprints.uni-ulm.de/1147/1/TR_UIB_2013_05.pdf (Accessed: September 13, 2019).

Knuplesch, D. *et al.* (2013b) "Visual Modeling of Business Process Compliance Rules with the Support of Multiple Perspectives," in *International Conference on Conceptual Modeling*, pp. 106–120.

Knuplesch, D. (2019) *Enabling Multi-Perspective Business Process Compliance*.

Knuplesch, D. and Reichert, M. (2017) *A Visual Language for Modeling Multiple Perspectives of Business Process Compliance Rules*.

Küster, J. M., Ryndina, K. and Gall, H. (2007) *Generation of Business Process Models for Object Life Cycle Compliance*.

Liu, Y., Müller, S. and Xu, K. (2007) *A static compliance-checking framework for business process models*.

Lohmann, N., Verbeek, E. and Dijkman, R. (2009) *Petri Net Transformations for Business Processes-A Survey*.

Lu, R., Sadiq, S. and Governatori, G. (2008) "Compliance aware business process design," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, pp. 120–131. doi: 10.1007/978-3-540-78238-4_14.

Ly, L. T. *et al.* (2011) *Monitoring Business Process Compliance Using Compliance Rule Graphs*. Available at: http://dbis.eprints.uni-ulm.de/768/1/paper.pdf (Accessed: August 8, 2019).

Ly, L. T. *et al.* (2012) *On Enabling Integrated Process Compliance with Semantic Constraints in Process Management Systems Requirements, Challenges, Solutions*. Available at: http://www.uni-ulm.de/en/in/iui-dbis/research/projects/seaows.html (Accessed: December 23, 2019).

Mulo, E., Zdun, U. and Dustdar, S. (2012) *Domain-Specific Language for Event-based Compliance Monitoring in Process-driven SOAs*. Available at: http://www.commissiecorporategovernance.nl/Corporate (Accessed: January 10, 2020).

Murata, T. (1989) "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications," in *Proceedings of the IEEE*.

Namiri, K. and Stojanovic, N. (2007) *Pattern-Based Design and Validation of Business Process Compliance*, *LNCS*. Available at: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/6899112/48030059.pdf?response-content-disposition=inline%3B filename%3DPattern-based_design_and_validation_of_b.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190828%2Fus-east (Accessed: August 28, 2019).

Pflanzl, N. *et al.* (2013) "A framework for fast graph-based pattern matching in conceptual models," in *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Business Informatics, IEEE CBI 2013*. IEEE Computer Society, pp. 250–257. doi: 10.1109/CBI.2013.42.

Ramezani, E., Fahland, D. and Van Der Aalst, W. M. P. (2012) *Where Did I Misbehave? Diagnostic Information in Compliance Checking*. Available at: http://www.padsweb.rwth-aachen.de/wvdaalst/publications/p682.pdf (Accessed: August 28, 2019).

Reichert, M. and Knuplesch, D. (2011) *Ensuring Business Process Compliance Along the Process Life Cycle*. Ulm. Available at: https://oparu.uni-ulm.de/xmlui/bitstream/handle/123456789/1805/vts_7950_11537.pdf?sequence=1 (Accessed: September 18, 2019).

Sadiq, S., Governatori, G. and Naimiri, K. (2007) "Modeling Control Objectives for Business Process Compliance," in *5th International Conference on Business Process Management*. Available at: www.springerlink.com (Accessed: October 7, 2019).

Schiefer, J. *et al.* (2011) "Proactive Business Process Compliance Monitoring with Event-Based Systems," in. doi: 10.1109/EDOCW.2011.22.

Schumm, D., Leymann, F. and Streule, A. (2010) *Process Views to Support Compliance Management in Business Processes Institute of Architecture of Application Systems Process Views to Support Compliance Management in Business Processes*. doi: 10.1007/978-3-642-15208-5_12.

Science Direct (no date).

Seyffarth, T., Kühnel, S. and Sackmann, S. (2019) *Business Process Compliance Despite Change: Towards Proposals for a Business Process Adaptation Economic Evaluation of Business Process Compliance View project*. doi: 10.1007/978-3-030-21297-1_20.

Shastri, S. and Wasserman, M. (2019) *GDPR Anti-Patterns: How Design and Operation of Modern Cloud-scale Systems Conflict with GDPR*.

Silveira, P. *et al.* (2010) *On the Design of Compliance Governance Dashboards for Effective Compliance and Audit Management*, *LNCS*.

SpringerLink (no date).

Taghiabadi, E. R. *et al.* (2013) *LNCS 7908 - Diagnostic Information for Compliance Checking of Temporal Compliance Requirements*.

Thao Ly, L. *et al.* (2013) *A Framework for the Systematic Comparison and Evaluation of Compliance Monitoring Approaches*. Available at: www.seaflows.de (Accessed: October 15, 2019).

Turetken, O. *et al.* (2011) "ENFORCING COMPLIANCE ON BUSINESS PROCESSES THROUGH THE USE OF PATTERNS," in *Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL)*. Available at: http://aisel.aisnet.org/ecis2011/5 (Accessed: October 9, 2019).

Turetken, Oktay *et al.* (2012) "Capturing compliance requirements: A pattern-based approach," *IEEE Software*, 29(3), pp. 28–36. doi: 10.1109/MS.2012.45.

Turetken, O *et al.* (2012) "Capturing Compliance Requirements: A Pattern-Based Approach," *IEEE Software*, pp. 29–36. doi: 10.1109/MS.2012.45.

Volonino, L. ;, Gessner, G. H. and Kermis, G. F. (2004) "Article 11. Communications of the Association for Information Systems," *Communications of the Association for Information Systems*, 14, pp. 219–233. doi: 10.17705/1CAIS.01411.

Yu, J. *et al.* (2006) *Pattern Based Property Specification and Verification for Service Composition*, *LNCS*.

Zasada, A. (2018) "A Box of Bricks for Modelling Domain-Specific Compliance Pattern," in.

Anhang

Der Anhang beinhaltet einen Katalog von 32 Compliance Pattern, die sowohl aus den analysierten Forschungsbeiträge bereitstellt worden sind als auch durch den Autor entwickelten Regulationsmuster, die sich auf die unternehmensrelevante Datenschutzgrundverordnung beziehen. In der ersten Spalte befindet sich die Bezeichnung des jeweiligen Regulationsmusters, welches in dem jeweiligen Forschungsbeitrag zu finden ist. Die zweite Spalte stellt eine prägnante Beschreibung des Regulationsmusters bereit, welches den Zusammenhang verdeutlicht. Die dritte Spalte beinhaltet die Einordnung der Regulationsmuster in die zuvor durchgeführte Klassifikation. Die vierte Spalte beinhaltet die Referenz des dazugehörigen Forschungsbeitrages. Duplikate, die in mehreren Forschungsbeiträgen zu finden waren, wurden nur einmal berücksichtigt.

Tab. 6-1: Compliance Pattern Katalog (eigene Darstellung)

Compliance Pattern	Beschreibung	Einordnung	Referenz
Purchase-To-Pay	Eine Bestellung, die einen gewissen Warenwert übersteigt und im vorherigen Jahr nicht geordert wurde muss von zwei unterschiedlichen Personen auf deren Korrektheit überprüft werden.	Design Time, Segregation of Duties, Second Set of Eyes, informationsbezogene Kontrollmuster	(Namiri and Stojanovic, 2007)
computergenerierter Vertrieb	Computergenerierter Kundenauftragsbestätigung (B) beziehungsweise Stornierungen (C) werden dem Kunden übermittelt, nachdem der Auftrag validiert wurde (A).	Design-Time, Kontrollflussmuster, A LeadsTo (B Exclusive C)	(Elgammal *et al.*, 2010)
Antwortzeit	Jede Anfrage des Verkäufers soll binnen drei Tagen beantwortet werden.	Run-Time, zeitbasierte Kontrollmuster, (nach 3 Tagen)	(Knuplesch *et al.*, 2013b)
Produktionsstart	Nach Start der Produktion (P) eines spezifischen Auftrags ist die Änderung ausgeschlossen (A).	Run-Time, Kontrollflussmuster, P Exclusive A	(Knuplesch *et al.*, 2013b)
Zahlungsaufforderung	Wird eine Rechnung versendet deren Betrag 5000€ unterschreitet muss diese innerhalb von sieben Tagen beglichen werden	Design-Time, informationsbezogene Kontrollmuster, unäre Bedingung, zeitbasierte Kontrollmuster	(Knuplesch *et al.*, 2013b)

4-Augen-Prinzip	Das 4-Augen-Prinzip verlangt, dass innerhalb eines Prozesses zwei unterschiedliche Personen P und Q (und unterschiedliche Rollen) am Prozessverlauf beziehungsweise an Aktivitäten unabhängig voneinander beteiligt sind.	Design-Time, Second Set of Eyes, Separation of Duties, ressourcenbasierte Kontrollregulationsmuster, (P USegregatedFrom Q)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Identifikation-Verifikation	Das Compliance Pattern „Identifikation - Verifikation“ aus dem Geldwäschegesetzbuch erfordert, dass nach jeder Erhebung von Personendaten (A) diese anschließend überprüft werden müssen (B).	Design-Time, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Identifikation-Transaktion	Bevor eine Transaktion mit einem potenziellen Kunden erfolgt muss dieser identifiziert worden sein.	Design-Time, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Wiederkehrende Verifikation	Durch das Geldwäschegesetzbuch bestimmt ist es erforderlich wiederkehrende Verifikationen (P) von beispielsweise Daten oder Geschäftsdokumenten durchzuführen.	Run-Time, Zeitliche Kontrollregulationsmuster, (P existiert alle X Zeiteinheiten)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Vereinbarung	Eine in Mindestanforderung an das Risikomanagement (MaRisk) beschriebene Handlungsempfehlung besagt, dass eine Handelsaktion (P) vorher durch Bestimmungen beschrieben worden sein, die durch die Parteien vereinbart wurden (Q).	Design-Time, Kontrollflussmuster, (Q Precedes P)	(Delfmann and Hübers, 2015)

Finanzbuchhaltung	Eine weitere MaRisk Empfehlung besagt, dass jegliche Daten, die während eine Handelstransaktion entstanden sind an das Settlement Department übermittelt werden müssen.	Design-Time, informationsbezogene Kontrollregulationsmuster	(Delfmann and Hübers, 2015)
Bestätigung	Eine MaRisk Regel besagt, dass jede Handelsaktion (A) durch eine Bestätigung erfolgen muss (B).	Run-Time, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Mahnung	Jede Transaktion, die mit einer Kreditvergabe in Verbindung steht, soll eine Aktivität mit der Bezeichnung „Mahnung" tragen.	Run-Time, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Kreditentscheidung	Bevor eine Transaktion durchgeführt muss eine Entscheidung getroffen werden.	Run-Time, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Delfmann and Hübers, 2015)
Vertraulichkeit personenbezogener Daten	Der Kunde soll eine automatisch generierte Mailmitteilung erhalten (A), wenn seine personenbezogenen Daten von Kreditbüro erhoben werden (B).	Run-Time, Report Muster, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Elgammal *et al.*, 2016)
Kreditwürdigkeit - Kreditantrag	Bevor das Risikoniveau des Kreditantrags bestimmt wird (C), muss die Überprüfung des Bankprivilegs des Kunden (A), gefolgt von der Überprüfung seiner Kreditwürdigkeit erfolgen (B).	Design-Time, Kontrollflussmuster, Inter-Activity Control Muster, (A LeadsTo B LeadsTo C)	(Elgammal *et al.*, 2016)

finaler Entscheidungsträger	Der Niederlassungsleiter prüft, ob Risiken akzeptabel sind und nimmt die endgültige Genehmigung oder Ablehnung der Anfrage vor.	Design-Time, Authorization Muster	(Elgammal *et al.*, 2016)
Angebotsfrist	Das Angebot (P) für den Darlehensvertrag ist für sieben Werktage gültig und wird danach geschlossen.	Run-Time, zeitbasierte Kontrollregulationsmuster, P existiert maximal 7 Tage	(Elgammal *et al.*, 2016)
Kreditantragsüberschreitung	Übersteigt der Kreditantrag eine Summe von 1 Millionen Euro so muss die Kreditwürdigkeit des Kunden durch die Führungsperson überprüft werden. Sollte diese Überprüfung noch nicht durchgeführt worden sein so existiert eine Datei. Sollte die Generierung der Datei nicht erfolgreich sein, wird eine Mitteilung dem Manager zugesendet.	Run-Time, Separation of Duties, SSE, Escalation Muster	(Elgammal *et al.*, 2016)
Bonus	Für Goldkunden ist die Kreditwürdigkeitsprüfung optional. Sollte der Betrag 1 Millionen Euro unterschreiten so wird diese nicht durchgeführt.	Design-Time, Business Document Control Muster	(Elgammal *et al.*, 2016)
Zahlungsliste	Bei einer Bezahlung von Artikeln wird eine Zahlungsliste erstellt, die mit dem Kontoauszug verglichen wird. Um einen Betrug bzw. Fehler zu vermeiden, wird diese Liste nur einmal der Bank zugesendet.	Design-Time, Kontrollflussmuster, BoundedExistence	(Ly *et al.*, 2011)

Zahlungslimit – Zahlungsliste	Übersteigt der Zahlungsbetrag eine Summe von 10000 €, so muss diese zuvor signiert werden und die Bank muss diese archivieren.	Design-Time, Kontrollregulationsmuster, informationsbezogene Kontrollmuster	(Ly *et al.*, 2011)
Markierung nach Bezahlung	Ist die Zahlung eines offenen Postens auf dem Kontoauszug bestätigt (A), so muss der Posten als „eventuell gelöscht" markiert werden (B).	Design-Time, Kontrollregulationsmuster, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Ly *et al.*, 2011)
Postenlöschung	Ist eine Position als „gelöscht" markiert (M), so muss sie nicht mehr auf der Zahlungsliste aufgeführt werden (L).	Design-Time, Kontrollregulationsmuster, Kontrollflussmuster, (M Exclusive L)	(Ly *et al.*, 2011)
Überprüfung Bankdaten	Wird ein offener Posten nicht innerhalb von 30 Tagen als gelöscht markiert, müssen die Bankdaten erneut überprüft werden.	Run-Time, zeitbasiertes Kontrollmuster, (nach k=30 Tagen)	(Ly *et al.*, 2011)
Einwilligung der Datenspeicherung	Artikel 7 Abs. 1 der DSGVO sieht vor, dass die Speicherung von personenbezogener Daten (B) nur durch Einwilligung der betreffenden Person durchgeführt werden kann (A).	Design-Time, Kontrollflussmuster, (A LeadsTo B)	(Bundesregierung, 2018)
Datenlöschung	Artikel 17 der DSGVO sieht eine Löschung der personenbezogenen Daten (F) vor wenn eine der folgenden Fälle eintreten: Notwendigkeit (A) nicht gegeben, Widerruf (B), unrechtmäßige Verarbeitung (C), Widerspruch (D) oder Löschung zur Erfüllung übergeordneter Gesetze (E).	Design-Time, Kontrollflussmuster, (A Inclusive B Inclusive C Inclusive D Inclusive E) LeadsTo F	(Bundesregierung, 2018)

Korrektur personenbezogener Daten	Artikel 16 der DSGVO sieht vor, dass bei falscher Erfassung (A) oder unvollständiger Erfassung (B), die betreffende Person einen Antrag stellen kann, der zur Folge hat, dass die Daten geändert werden müssen (C).	Design-Time, Kontrollregulationsmuster, Kontrollflussmuster, (A Inclusive B) LeadsTo C	(Bundesregierung, 2018)
Datenrestriktion	Zugang zu sensiblen Daten ist nur durch zuständiges Personal zu gewähren	Design-Time, High-Level Kontrollmuster, Second Set of Eyes, Separation of Duties, ressourcenbasierte Kontrollregulationsmuster	(Awad *et al.*, 2016)
Keine Mehrfachregistration	Jeder Patient muss bei Erstaufnahme registriert werden. Es muss sichergestellt werden, dass keine Mehrfachregistrierung durchgeführt wird.	Run-Time, Kontrollflussmuster, BoundedExistence	(Ramezani, Fahland and Van Der Aalst, 2012)
Spezialisierte Behandlung	Patienten, die durch eine spezielle Behandlungsmethode charakterisiert sind, müssen geröntgt werden, nachdem sie registriert wurden.	Run-Time, Kontrollflussmuster, (Exist) (A LeadsTo B)	(Ramezani, Fahland and Van Der Aalst, 2012)
Beschränkte Bestrahlung	Aus Sicherheitsgründen dürfen Patienten innerhalb einer Behandlung entweder durch ein CT oder ein MRT diagnostiziert werden.	Design-Time, Kontrollflussmuster, (A Exclusive B)	(Ramezani, Fahland and Van Der Aalst, 2012)