

Überblick der Literatur & Marktangebote zu Verwaltungssystemen für IT-Compliance-Anforderungen sowie von Graph-Datenbanken

Projektarbeit

im Rahmen des Verbundstudiengangs Wirtschaftsinformatik (Master of Science)

Wintersemester 2022/2023

Erstprüfer/-in: Prof. Dr. Heide Faeskorn-Woyke

vorgelegt von: Pascal Höhnel

Abgabetermin: 10.01.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1 Einleitung	3
1.1 Zielsetzung	4
1.2 Vorgehensweise	5
2 Stand der Forschung.....	6
2.1 IT-Compliance und daraus resultierende Anforderungen	6
2.2 Verwaltungssysteme für IT-Compliance-Anforderungen.....	8
2.3 Graph-Datenbanken	10
3 Existierende Lösungen zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT- Compliance-Anforderungen	14
3.1 Methodik	14
3.2 Lösungen aus der Literatur	15
3.3 Am Markt verfügbare Lösungen.....	18
4 Geeignete Graph-Datenbanken zur Verwaltung von IT-Compliance Anforderungen	21
4.1 Methodik	21
4.2 Ergebnisse.....	22
5 Zusammenfassung und Ausblick	24
5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	24
5.2 Weitere Forschungsmöglichkeiten	24
5.3 Fazit über die Gesamtergebnisse	25
6 Anhang.....	26
Anhang 1: Ergebnismatrix der Marktbetrachtungsgruppe	26
Anhang 2: Ergebnismatrix der Literaturbetrachtungsgruppe	26
Anhang 4: Detaillierte Aufstellung der betrachteten Literaturlösungen zur Verwaltung von IT-Compliance-Anforderungen	27
Anhang 5: Detaillierte Aufstellung der betrachteten Marktlösungen zur Verwaltung von IT-Compliance-Anforderungen	28
Literaturverzeichnis	29
Quellen aus Fachbüchern und Fachaufsätzen.....	29
Internetquellen	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung möglicher Beziehungen zwischen IT-Compliance Anforderungen	3
Abbildung 2: Schichtenmodell der Komponenten eines integrierten Compliance-Systems.....	9
Abbildung 3: Tabelle der Beliebtheit verschiedener Graph-Datenbanken, gemessen an ihrer Nennungshäufigkeit in Suchmaschinenergebnissen	12
Abbildung 4: Aufstellung der Vergleichsfragen zur Gegenüberstellung existierender Systeme zur Verwaltung von IT-Compliance Anforderungen.....	14
Abbildung 5: Ergebnismatrix der Literaturbetrachtungsgruppe bezüglich der Vergleichsfragen (detaillierte Quellenverweise in Anhang 4)	15
Abbildung 6: Ausschnitt der von Tanveer, A. et al. in neo4j modellierten Compliance-Anforderungen für eine Windturbine.....	16
Abbildung 7: Beziehungsmodell nach Kokaly, S. et al. für die Kette von Anforderungsdokument bis zur Implementierung in der Automobilindustrie	17
Abbildung 8: Ergebnismatrix der Marktbetrachtungsgruppe bezüglich der Vergleichsfragen (detaillierte Quellenverweise in Anhang 5)	19
Abbildung 9: Kriterien an eine Graph-Datenbank zur Abbildung der Beziehungen von Compliance-Anforderungen	22
Abbildung 10: Erfüllungsgrad der Auswahlkriterien bei den zehn betrachteten Graph-Datenbanken. Muss-Kriterien unterstrichen	23

Abkürzungsverzeichnis

ALM	Application Lifecycle Management
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
DB	Datenbank
GRC	Governance, Risk & Compliance
TOM	Technische- & Organisatorische Maßnahmen

1 Einleitung

Unternehmen sehen sich in der heutigen Zeit häufig mit der Aufgabe konfrontiert, eine immer größer werdende Anzahl an IT-Compliance-Anforderungen mit immer komplexeren IT-Systemen zusammenbringen zu müssen. Häufig fallen Compliance-Anforderungen aus zahlreichen Quellen, wie bspw. vertraglichen Verpflichtungen, Gesetzen, Normen oder branchenspezifischen Regeln an. Diese müssen gesammelt und interpretiert werden, um aus ihren gebündelten Forderungen sinnvolle interne technische & organisatorische Maßnahmen (TOM) bzw. interne Policies abzuleiten. Anschließend muss für alle IT-Systeme dokumentiert werden, durch welche Konfigurationen diese Maßnahmen in der Technik umgesetzt wurden (siehe Abbildung 1).¹

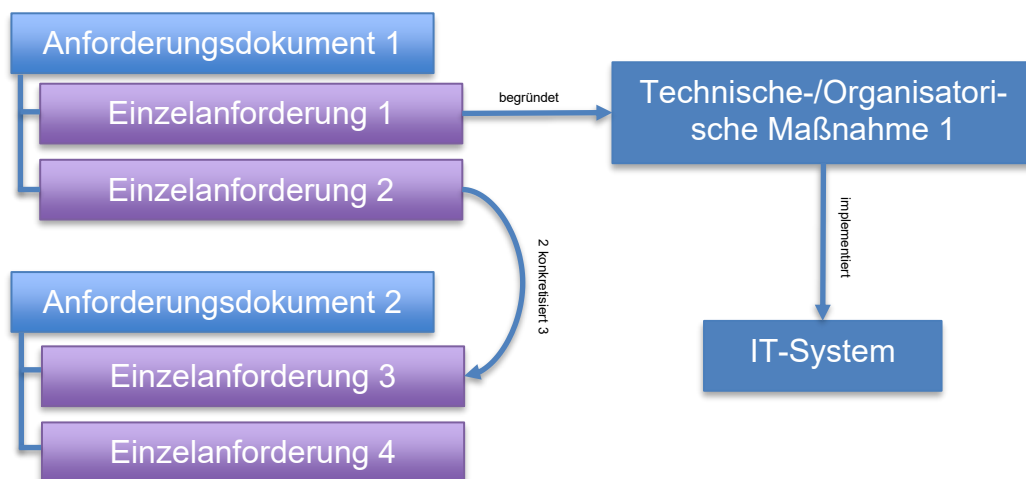


Abbildung 1: Schematische Darstellung möglicher Beziehungen zwischen IT-Compliance Anforderungen

In diesem Prozess entstehen zahlreiche logische Beziehungen, bspw. zwischen sich konkretisierenden Anforderungen oder einer Gruppe an Anforderungen, die zusammen in eine interne Regel mündet. So könnte bspw. eine vertragliche Verpflichtung mit einem Kunden bestehen, die besagt, dass die IT-Infrastruktur des Unternehmens eine Norm zu erfüllen hat. Diese wiederum könnte zahlreiche Anforderungen beinhalten, die andere im Unternehmen existierende Anforderungen bspw. konkretisieren, ihnen gleichen oder auch widersprechen. Die Summe aller konkretisierten Anforderungen mündet dann in internen Maßnahmen, von denen pro IT-System

¹ Vgl. Knoll, M.; Strahinger, S., 2017, 25ff. Vgl. Knoll, M., 2017, 17ff.

unterschiedliche Teile Anwendung finden, abhängig davon, wie kritisch die verarbeiteten Daten sind.

Die hier entstehenden Beziehungen werden bisher meist nicht abgebildet. Häufig werden die gesammelten Anforderungen von Experten wie bspw. Juristen oder IT-Sicherheitsexperten interpretiert, welche daraus wiederum Empfehlungen für ein internes Regelset ableiten. Ist dieses einmal gebildet und es kommt eine neue Anforderung hinzu oder eine bestehende ändert sich, muss der Prozess in der Regel aufwändig neu durchlaufen werden. Dies kann auch zur Folge haben, dass ein Experte erneut alle Anforderungen prüfen und ein geändertes Regelset erarbeiten muss. Nach dessen Veröffentlichung muss außerdem fortwährend überwacht werden, dass alle Systeme den geänderten Standards folgen.²

1.1 Zielsetzung

Um Möglichkeiten zu erörtern, wie die o.g. Beziehungen zwischen Compliance-Anforderungsdokumenten und deren letztlichen Implementierung in technischen Sicherheitsmaßnahmen strukturiert abgebildet werden können, soll in dieser Arbeit ein Überblick geschaffen werden, welche Möglichkeiten zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance Anforderungen bereits existieren.

Da in den letzten Jahren die Verbreitung von Graph-Datenbanken³, welche auf die Abbildung von Beziehungen spezialisiert sind, gestiegen ist, soll im Speziellen untersucht werden, ob bereits Graph-Datenbanken in diesem Feld eingesetzt werden. Des Weiteren soll untersucht werden, welche Graph-Datenbanken prinzipiell für eine solche Abbildung geeignet wären. Insgesamt ergeben sich damit folgende Leitfragen:

1. Welche Systeme zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance-Anforderungen sind in Markt und Literatur verbreitet?
2. Gibt es bereits Verwaltungssysteme, die auf Graph-Datenbanken basieren?
3. Welche Graph-Datenbanken eignen sich potenziell für die Abbildung von IT-Compliance-Anforderungen?

² Vgl. Tanveer, A. et al., 2022, S. 1ff. Vgl. Kokaly, S. et al., 2016, S. 74.

³ Vgl. Koderman, A.; Prehn, M., 2022, S. 5.

1.2 Vorgehensweise

Im Stand der Forschung wird zunächst ein kurzer Überblick über die Themen der IT-Compliance, die zugehörigen Verwaltungssysteme und Graph-Datenbanken gegeben. Zur Bearbeitung der Leitfragen wird im Anschluss eine Literaturrecherche sowie ein Marktüberblick bzgl. existierender Systeme zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance-Anforderungen durchgeführt, aus der sich die ersten beiden Leitfragen direkt beantworten lassen sollen.

Anschließend soll zur Bearbeitung der dritten Leitfrage ein Kriterienkatalog für die Eignung einer Graph-Datenbank zur Abbildung von Beziehungen zwischen IT-Compliance-Anforderungen erstellt werden und mit diesem in einer weiteren Marktanalyse nach geeigneten Datenbanksystemen zu suchen.

Die genauen Methodiken zur Bearbeitung der Leitfragen werden im Anschluss an den Stand der Forschung im Hauptteil spezifiziert.

2 Stand der Forschung

2.1 IT-Compliance und daraus resultierende Anforderungen

Um in der Lage zu sein, ein System zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance Anforderungen zu beurteilen oder gar zu entwerfen, ist es notwendig über ein Grundverständnis des Begriffs der IT-Compliance zu verfügen. Der Begriff der Compliance an sich, ohne das Präfix „IT-, lässt sich wie folgt definieren:

„Compliance liegt vor, wenn alle für das Unternehmen verbindlich vorgegebenen bzw. als verbindlich akzeptierten Vorgaben nachweislich eingehalten werden.“⁴

Zum daraus abgeleiteten Begriff der IT-Compliance existieren zwei Verständnisse. Einerseits, vergleichbar zu o.g. Compliance Definition, die Erfüllung aller verbindlichen Vorgaben für die IT.⁵ Andererseits wird darunter auch die Nutzung von IT für die Erreichung von Compliance verstanden (IT-gestützte Compliance), bspw. bei der Nutzung von IT-basierten Compliance-Management-Systemen in der Produktsicherheit.⁶ Im weiteren Verlauf der Arbeit finden beide Betrachtungswinkel Berücksichtigung, da Systeme betrachtet werden, die mithilfe von IT, IT-Compliance-Anforderungen verwalten. Wenn von IT-Compliance gesprochen wird, ist wiederum die erstgenannte Definition gemeint.

Zum Erreichen der nachweislichen IT-Compliance existieren unterschiedliche Ansätze, die sich anhand ihres Zeitpunkts der Überprüfung in vier Kategorien unterteilen lassen: Design-time Compliance, Runtime Compliance und Retrospective Compliance.⁷ Einer Arbeit von 2016 folgend ist dabei die Design-Time Compliance, also die Überprüfung von Software und IT-Systemen auf Compliance bei ihrer initialen Erstellung (und nur dort), am verbreitetsten. Die Runtime-Compliance, also die Compliance-Überprüfung von Software während ihrer Ausführung, fiel mit zunehmender Verbreitung auf.⁸

⁴ Klotz, M., 2009, S. 3.

⁵ Vgl. Klotz, M., 2009, S. 6. Vgl. Knoll, M.; Strahringer, S., 2017, S. 8.

⁶ Vgl. Klotz, M., 2009, S. 7.

⁷ Vgl. Koetter, F. et al., 2013, S. 215.

⁸ Vgl. García-Galán, J. et al., 2016, S. 108.

All diese Ansätze benötigten konkrete Anforderungen dazu, welche Sicherheitsmaßnahmen zu implementieren sind. Die Anzahl dieser wird mit dem Trend zur Runtime Compliance tendenziell noch umfangreicher, da nicht nur der sichere Aufbau von Systemen definiert werden muss, sondern auch Kriterien, an denen sicheres Verhalten während des realen Betriebs erkannt werden kann, bspw. welche Einträge in Logfiles auf unsachgemäße Nutzung eines Systems hindeuten.⁹

Zum Erstellen dieser spezifischer Richtlinien werden von außen kommende, wenig konkretisierte Compliance-Anforderungen wie Gesetze, Verträge und Normen im Unternehmen interpretiert und in interne Controls oder „Technische & organisatorische Maßnahmen“ heruntergebrochen. In diesem Prozess wird die von außen eingegebene Anforderung um den Risikoappetit des Unternehmens angereichert, da Normen und Gesetze häufig in einer Art und Weise formuliert sind, die für viele unterschiedliche Branchen geeignet sein soll. So könnte bspw. die Anforderung „Angemeldete Mitarbeiter müssen bei Inaktivität im System automatisch abgemeldet werden“ von einer Bank mit einem deutlich geringeren Zeitintervall intern vorgeschrieben werden als bspw. von einem Restaurant.¹⁰ Im Prozess zur Erstellung dieser internen Controls werden heute häufig Mapping Tabellen erstellt, in denen zunächst bestimmt wird, welche Anforderungen (bspw. Paragraphen unterschiedlicher Gesetze) sich gegenseitig konkretisieren oder gleichen. Aus der aggregierten Summe der Anforderungen werden dann die internen Controls abgeleitet.¹¹

Ein IT-System kann sich gegenüber diesem internen Regelset in drei Zuständen befinden: voll compliant, teilweise compliant und nicht compliant.¹² Da sich die Anforderungen bspw. durch geänderte oder neue Gesetze ständig ändern und auch die IT einem konstanten Wandel unterliegt, müssen in Unternehmen Prozesse etabliert werden, die Anforderungen, abgeleitete Controls und deren Erfüllungsstand regelmäßig überprüfen.¹³

Dabei ist es erschwerend häufig so, dass für unterschiedliche Systeme im Unternehmen unterschiedliche Anforderungen gelten, da bspw. bei der Verarbeitung von

⁹ Vgl. Koetter, F. et al., 2013, S. 215f.

¹⁰ Vgl. García-Galán, J. et al., 2016, S. 109. Vgl. Kim, H.; Fox, M.; Sengupta, A., 2007, S. 107.

¹¹ Vgl. Falk, M., 2012, S. 148.

¹² Vgl. García-Galán, J. et al., 2016, S. 109.

¹³ Vgl. Kokaly, S. et al., 2016, S. 74.

Finanz- oder Krankendaten deutlich höhere Anforderungen gelten als bei weniger kritischen Daten. Außerdem müssen bei multinationalem Geschäftsbetrieb bei einigen Systemen ggf. Anforderungen weiterer Länder berücksichtigt werden.¹⁴

(IT-)Compliance wird häufig im Zusammenhang mit ihrer Oberkategorie „Governance, Risk & Compliance“ (GRC) betrachtet. Wenngleich alle drei dieser Schlagwörter seit langer Zeit in Literatur und Praxis verbreitet sind, ist die gebündelte Betrachtung ein recht neues Phänomen, das erst seit den 2000er Jahren existiert und sich bspw. in GRC-Software und -Schulungen ausprägt. Bisweilen liegt laut Literatur von 2016 keine einheitliche Definition des Begriffs GRC vor, was sich auch in der Literaturrecherche dieser Arbeit bestätigte.¹⁵

Nähert man sich von der Wortzusammensetzung, beschreibt Corporate-Governance den Einfluss externer Interessen auf die Handlungen eines Unternehmens¹⁶ und Risk bzw. Risiko „die Möglichkeit, durch ein zukünftiges Ereignis einen Gewinn oder Nutzen zu erzielen, aber auch einen Schaden zu erleiden“¹⁷. GRC ließe sich damit definieren als gebündelte Betrachtung von externen Interessen (Governance), externen wie internen Vorgaben (Compliance) und Risiken.

2.2 Verwaltungssysteme für IT-Compliance-Anforderungen

Im Bereich Compliance sowie dem übergeordneten GRC-Bereich gibt es zahlreiche unterstützende Systeme in Literatur und Praxis, wobei mit dem Begriff „System“ neben einer Software auch die Gesamtheit der Compliance-zugehörigen Prozesse und Vorkehrungen einer Institution gemeint sein kann¹⁸. Bei den existierenden Software-Systemen werden pro Lösung meist spezielle Fokusbereiche abgedeckt wie Finanz-, Datenschutz oder IT-Risikomanagement.¹⁹

Hier sind z.B. die Tools EUNOMOS²⁰ und NomosT²¹ zu nennen, die Gesetze und Normen in einem durchsuchbaren Format speichern und damit in Bereich der Legal

¹⁴ Vgl. García-Galán, J. et al., 2016, S. 110.

¹⁵ Vgl. Papazafeiropoulou, A.; Spanaki, K., 2016, S. 1251. Vgl. Abdullah, N. S.; Indulska, M.; Sadiq, S., 2016, S. 997. Vgl. Racz, N.; Weippl, E.; Seufert, A., 2010, S. 106.

¹⁶ Vgl. Knoll, M.; Strahringer, S., 2017, S. 4.

¹⁷ Knoll, M., 2017, S. 5.

¹⁸ Vgl. Ernst & Young GmbH, 2016, S. 100.

¹⁹ Vgl. Dameri, R. P., 2009, S. 9. Vgl. Knoll, M.; Strahringer, S., 2017, S. 174.

²⁰ Vgl. Boella, G. et al., 2013.

²¹ Vgl. Engiel, P.; Sampaio Do Prado Leite, J. C.; Mylopoulos, J., 2017, S. 66.

Knowledge Management Systeme fallen oder GSTool vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI)²², in dem sich Sicherheitskonzepte gemäß dem BSI-Grundschutzkatalog verwalten lassen.

Einer Metastudie von 2017 zufolge ist die wissenschaftliche Literatur zu diesen Systemen ausschließlich ab 2004 entstanden, wobei der Umfang der zur Verfügung stehenden Forschung noch als gering bezeichnet werden konnte.²³ Auch zum aktuellen Zeitpunkt kann dem Eindruck dieser Literaturrecherche zufolge noch nicht von einem umfänglich erforschten Feld gesprochen werden, wobei auf die vorliegenden Systeme im Hauptteil weiter eingegangen wird.

Bereits eine Arbeit von 2009²⁴ sieht den Bedarf nach integrierten Compliance Systemen, die den gesamten Compliance-Zustand eines Unternehmens erfassen, statt sich nur auf einen spezifischen Teilbereich dieser zu konzentrieren.²⁵ Im Jahr 2017 hob auch KPMG die Vorteile ihres Compliance-Systems hervor, das zum damaligen Zeitpunkt auf ein alle Unternehmensdaten integrierendes umgestellt wurde. Dabei werden besonders die Vorteile der Übersicht von Dashboards gelobt, über die das Management jederzeit den Compliance-Status unterschiedlicher Teilbereiche des Unternehmens einsehen kann.²⁶

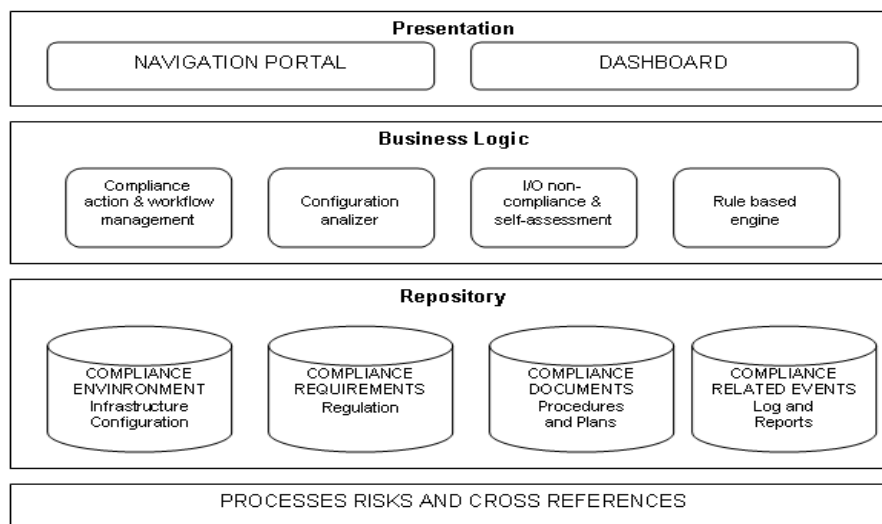


Abbildung 2: Schichtenmodell der Komponenten eines integrierten Compliance-Systems²⁷

²² Vgl. Peschke, M. et al., 2011.

²³ Vgl. Papazafeiropoulou, A.; Spanaki, K., 2016, S. 1254.

²⁴ Vgl. Dameri, R. P., 2009, S. 12.

²⁵ Vgl. Loomans, D.; Matz, M.; Wiedemann, M., 2014, S. 32.

²⁶ Vgl. KPMG LLP, 2017, S. 31f.

²⁷ Dameri, R. P., 2009, S. 12.

Der Aufbau dieser integrierten Systeme wird in die drei Schichten Präsentation, Geschäftslogik und Datenspeicher (siehe Abbildung 2) sowie tiefergehend in Komponenten dieser Schichten gegliedert, die auch durch unterschiedliche Systeme erfüllt werden können.²⁸ In der Praxis fanden diese 2010 laut einer Umfrage mit 48 Teilnehmenden, die bei Unternehmen mit mehr als 10.000 Mitarbeitenden arbeiten, noch nicht allzu große Verbreitung. Dabei gaben nur 29 % der Befragten an, eine Lösung einzusetzen, die alle GRC-Aktivitäten eines Unternehmens auf einer Software-Plattform vereint. Bei 46 % war es eine Lösung, die zumindest mehrere GRC-Aktivitäten verband.²⁹ Mit insgesamt 73 % ging allerdings eine große Menge davon aus, dass sich der Aufwand eines integrierten GRC-Systems lohnt.³⁰

In der Literatur findet sich außerdem die These, dass die Compliance-Anforderungen und IT-Landschaften von Unternehmen in der Regel so unterschiedlich sind, dass auf eine eigenentwickelte Software gesetzt werden sollte.³¹ Auch in der bereits angesprochenen Umfrage gaben 40 % der Teilnehmenden an, Eigenentwicklungen zu bevorzugen.³²

2.3 Graph-Datenbanken

Ein Graph setzt sich in der Mathematik aus einer definierten Menge an Knoten und Kanten zusammen.³³ Dies gilt auch für Graph-Datenbanken, bei denen das Vorhandensein von Knoten und Kanten, in denen Informationen gespeichert werden, die fundamentale Gemeinsamkeit nahezu aller existierende Systeme ist.³⁴ In der Regel ist es dabei so, dass jeder Knoten und jede Kante eindeutig identifizierbar ist, bspw. anhand einer numerischen ID oder einem Pfad.³⁵

Die Informationen in den Knoten bestehen meist aus Key/Value-Paaren, wobei bei einigen Systemen auch komplexere Strukturen wie Dictionaries, Listen oder ganze Dateien in Values abgebildet werden können.³⁶ Einige Systeme bieten auch die

²⁸ Vgl. Dameri, R. P., 2009, S. 12.

²⁹ Vgl. Racz, N. et al., 2010, S. 4.

³⁰ Vgl. Racz, N. et al., 2010, S. 4.

³¹ Vgl. Dameri, R. P., 2009, S. 10.

³² Vgl. Racz, N. et al., 2010, S. 4.

³³ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 209.

³⁴ Vgl. Sadalage, P. J.; Fowler, M., 2013, S. 37. Vgl. Folic, I.; Solic, K., 2019, S. 1548. Vgl. Koderman, A.; Prehn, M., 2022, S. 5.

³⁵ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 212.

³⁶ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 210. Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 212.

Möglichkeit, feste Schemata für Knoten-Attribute vorzugeben oder die Änderungshistorie eines Knotens in Versionen vorzuhalten.³⁷

Die Kanten des Graphen können in den meisten Implementierungen ein Label tragen und damit den Typ, der durch sie dargestellten Beziehung, kenntlich machen. Einige Systeme unterstützen außerdem das Hinterlegen von Farben für die graphische Darstellung von Kanten und Knoten, die Gewichtung von Kanten (bspw. für „kürzester Weg“-Probleme) oder das Kenntlichmachen einer Richtung an ihnen.³⁸

Eine wissenschaftliche Definition des Begriffs der Graph-Datenbank konnte nicht gefunden werden. Zum Begriff des Property-Graph-Modells, das den unterliegenden gerichteten Graphen mit Attributen an Kanten und Knoten bezeichnet, hat sich in der Wissenschaft zwar ein gemeinsames Verständnis entwickelt, eine Definition steht aber ebenfalls noch aus.³⁹

Der Vorteil von Graph-Datenbanken gegenüber herkömmlichen relationalen Datenbanksystemen ist, dass in ihnen auch vielfach verschachtelte Beziehungen mit zahlreichen Attributen problemlos abgebildet und effizient abgefragt werden können.⁴⁰ Während man konventionell in einer relationalen Datenbank mit zahlreichen Joins arbeiten müsste, kann eine Graph-Datenbank schnell bspw. alle mit einem Knoten in direkter oder transitiver Beziehung stehenden Knoten ausgeben.⁴¹ Die Daten können in der Regel in Text-Formate wie JSON, XML oder YAML exportiert oder daraus importiert werden.⁴² Häufig verwendet werden die Systeme bspw. für die Abbildung von Beziehungen in sozialen Netzwerken, Routen in Navigationskontexten oder als Datengrundlage für Empfehlungsalgorithmen, bspw. bei Streaming-Plattformen verwendet.⁴³

Szenarien, für die Graph-Datenbanken weniger gut geeignet sind, sind solche, bei denen häufige Updates an den Eigenschaften einer großen Menge an Daten unterschiedlicher Nodes erwartbar sind.⁴⁴ Ein Nachteil kann außerdem sein, dass Graph-

³⁷ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 211ff.

³⁸ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 211ff.

³⁹ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 210. Vgl. Meier, A.; Kaufmann, M., 2016, S. 34.

⁴⁰ Vgl. Fasel, D.; Meier, A., 2016, S. 25.

⁴¹ Vgl. Sadalage, P. J.; Fowler, M., 2013, S. 38. Vgl. Meier, A.; Kaufmann, M., 2016, S. 35. Vgl. Koderman, A.; Prehn, M., 2022, S. 5.

⁴² Vgl. Koderman, A.; Prehn, M., 2022, S. 5.

⁴³ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 208.

⁴⁴ Vgl. Sadalage, P. J.; Fowler, M., 2013, S. 113.

Datenbanken auf direkte Benutzer (ohne vorgeschaltete Anwendung) unübersichtlich wirken,⁴⁵ u.a. da keine strukturierte Übersicht verfügbar ist, wie bspw. durch das Sichten aller Tabellen in einem relationalen Datenbanksystem.

Graph-Datenbanken sind eine vergleichsweise junge Erscheinung. Die früher dazu existierenden Ansätze wurden in den 1990er Jahren von objektorientierten oder hierarchischen Modellen verdrängt.⁴⁶ Auch in einem Ende 2022 erschienen Paper werden sie noch als technische Neuerung bezeichnet.⁴⁷ Die meisten Arbeiten zum Thema stammen aus den 2010er Jahren, in denen sich eine stark steigende Beliebtheit erkennen lässt⁴⁸, was auf Trends wie Big Data und die allgemein steigende Datenmenge in der Welt zurückzuführen sein könnte. Einer Veröffentlichung von 2016 zufolge ist Neo4j die am weitesten verbreitete Graph-Datenbank.⁴⁹ Dies bestätigt sich auch in einer aktuellen Auswertung der Häufigkeit der Nennung unterschiedlicher Graph-Datenbanken in Suchmaschinenergebnissen und Foren, bei denen Neo4j mit großem Abstand führend ist (siehe Abbildung 3).⁵⁰

Rang			Datenbank-system	Daten-modell	Score		
Jan 2023	Dez 2022	Jan 2022			Jan 2023	Dez 2022	Jan 2022
1.	1.	1.	Neo4j	Graph	55.84	-1.49	-2.19
2.	2.	2.	Microsoft Azure Cosmos DB	Multi-modell	37.96	+0.01	-2.08
3.	3.	3.	Virtuoso	Multi-modell	5.88	-0.07	+0.50
4.	4.	4.	ArangoDB	Multi-modell	5.07	-0.27	+0.34
5.	5.	5.	OrientDB	Multi-modell	4.48	-0.09	-0.07
6.	↑ 7.	↑ 7.	Amazon Neptune	Multi-modell	2.81	-0.09	+0.18
7.	↓ 6.	↑ 8.	JanusGraph	Graph	2.64	-0.35	+0.25
8.	8.	↓ 6.	GraphDB	Multi-modell	2.53	+0.06	-0.33
9.	9.	9.	TigerGraph	Graph	2.20	+0.13	+0.18
10.	↑ 11.	↑ 11.	Dgraph	Graph	1.80	+0.08	+0.29

Abbildung 3: Tabelle der Beliebtheit verschiedener Graph-Datenbanken, gemessen an ihrer Nennungshäufigkeit in Suchmaschinenergebnissen⁵¹

⁴⁵ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 213.

⁴⁶ Vgl. Edlich, S. et al., 2011, S. 207.

⁴⁷ Vgl. Koderman, A.; Prehn, M., 2022, S. 5.

⁴⁸ Vgl. Meier, A.; Kaufmann, M., 2016, S. 44.

⁴⁹ Vgl. Celko, J., 2014, S. 42.

⁵⁰ Vgl. solidIT consulting & software development gmbh, 2022b.

⁵¹ solidIT consulting & software development gmbh, 2022b.

Die einzige Lösung mit einer vergleichbaren Verbreitung ist demnach die Microsoft Azure Cosmos DB. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass es sich um eine Multi-Modell-Datenbank handelt, die als Plattform u.a. eine relationale Datenbank und eine Graph-Datenbank im selben Management-System anbietet, die unabhängig voneinander genutzt werden können.⁵² Die Beliebtheit könnte sich daher also auch aus verbreiteter Nutzung des relationalen System ergeben.

⁵² Vgl. Microsoft Inc., 2022a.

3 Existierende Lösungen zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance-Anforderungen

Im folgenden Abschnitt sollen existierende Software-gestützte Lösungen zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance Anforderungen aufgezeigt werden. Dabei soll auch geprüft werden, ob diese bereits Graph-Datenbanken zur Abbildung ihrer Daten einsetzen.

3.1 Methodik

Wie im Stand der Forschung dargelegt wurde, ist das Feld der Systeme zum Compliance-Management recht heterogen. Einerseits werden in der Praxis viele Eigenentwicklungen genutzt, andererseits sind Software-Bündel verbreitet, die jeweils ein unterschiedlich breiten Teil an Compliance-bezogenen Aufgaben abbilden können, unter denen auch die Anforderungsverwaltung sein kann.

Um in diesem Feld sowohl einen Einblick in ausgereifte Marktangebote als auch in explorative Ansätze zu erhalten, sollen bis zu zehn fertige Softwarelösungen sowie bis zu 15 Literaturquellen zu Ideen und Hintergründen möglicher Lösungen betrachtet werden. Diese sollen auf die folgenden Ja/Nein Fragen (siehe Abbildung 4) untersucht werden, um eine bessere Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten. Außerdem werden zu jeder Lösung eine kurze Beschreibung sowie eine Einschätzung der angesprochenen Zielgruppe festgehalten.

Nr.	Frage
1	Betrachtet die Lösung Anforderungsdokumente?
2	Betrachtet die Lösung die Extraktion von Einzelanforderungen?
3	Betrachtet die Lösung Einzelanforderungen?
4	Betrachtet die Lösung Beziehungen zwischen Einzelanforderungen?
5	Betrachtet die Lösung die Ableitung interner Policies?
6	Betrachtet die Lösung die Speicherung der Begründung?
7	Betrachtet die Lösung interne Policies?
8	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies insgesamt?
9	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf Prozessebene?
10	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf IT-Ebene?
11	Betrachtet die Lösung Risiken?
12	Betrachtet die Lösung die Kosten von Compliance?
13	Verwendet die Lösung eine Graph-Datenbank?
14	Ist es ein am Markt verfügbarer Ansatz?

Abbildung 4: Aufstellung der Vergleichsfragen zur Gegenüberstellung existierender Systeme zur Verwaltung von IT-Compliance Anforderungen

Bei der Auswahl der Lösungen sollen all jene betrachtet werden, die sich mit der Verwaltung von Compliance-Anforderungen oder der Verwaltung von Beziehungen zwischen Anforderungen befassen. Es soll außerdem explizit nach solchen Lösungen gesucht werden, die auf Graph-Datenbanken basieren.

3.2 Lösungen aus der Literatur

Die Literaturrecherche ergab insgesamt 13 Quellen, die sich mit der Verwaltung von IT-Compliance Anforderungen oder Beziehungen zwischen Anforderungen beschäftigen. Alle Arbeiten decken dabei einen unterschiedlichen Bereich der Kette von regulatorischen Anforderungen über interne Policies bis zu deren Umsetzung ab. Eine Übersicht über die Tiefe der unterschiedlichen Arbeiten lässt sich an den Ergebnissen der Vergleichsfragen ablesen, welche in Abbildung 5 in einer Matrix dargestellt wurden. Im Folgenden werden die relevantesten Arbeiten vorgestellt, Details zur gesamten Betrachtungsgruppe sowie detaillierte Quellenverweise finden sich in Anhang 4.

Vergleichsfrage Nr.	Vergleichsfrage (gekürzt)	Engel, P.; Sampaio Do Prado Leite, J. C.; Mylopoulos, J., 2017	Abdullah, N. S.; Induliska, M.; Saif, S., 2016	Koderman, A.; Prehn, M., 2022	Koetter, F., et al., 2013	Elgamal, A. et al., 2016	Boella, G.; Humphreys, L.; Martin, M., 2011	Tarweir, A. et al., 2022	Soomro, S. et al., 2013	Samošir, H. S.; Sjahhan, D., 2019	Dahlstedt, A. G.; Persson, A., 2003	Kokaly, S. et al., 2016	Zeni, N. et al., 2016	
1	Betrachtet die Lösung Anforderungsdokumente?	j	j	j	j	n	j	j	j	n	n	n	j	j
2	Betrachtet die Lösung die Extraktion von Einzelanforderungen?	j	n	j	j	j	j	j	j	n	n	n	j	j
3	Betrachtet die Lösung Einzelanforderungen?	j	n	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j	
4	Betrachtet die Lösung Beziehungen zwischen Einzelanforderungen?	n	n	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	
5	Betrachtet die Lösung die Ableitung interner Policies?	j	n	j	n	n	n	j	j	n	n	n	j	n
6	Betrachtet die Lösung die Speicherung der Begründung?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	j	n
7	Betrachtet die Lösung interne Policies?	j	j	j	j	j	n	j	j	n	n	n	j	n
8	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies insgesamt?	n	j	n	j	j	n	n	j	n	n	n	j	n
9	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf Prozessebene?	n	j	n	n	n	n	n	j	n	n	n	j	n
10	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf IT-Ebene?	n	n	n	j	j	n	n	n	n	n	n	n	n
11	Betrachtet die Lösung Risiken?	n	j	n	n	n	n	n	j	n	n	n	j	n
12	Betrachtet die Lösung die Kosten von Compliance?	n	j	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
13	Verwendet die Lösung eine Graph-Datenbank?	n	n	j	n	n	n	j	n	n	n	n	n	n
14	Ist es ein am Markt verfügbarer Ansatz?	n	n	n	n	n	j	n	n	n	n	n	n	j

Legende: j = Ja; n = Nein; ? = keine Information

Abbildung 5: Ergebnismatrix der Literaturbetrachtungsgruppe bezüglich der Vergleichsfragen (detaillierte Quellenverweise in Anhang 4)

Drei Arbeiten setzen sich damit auseinander, welche Beziehungen Anforderungen zueinander haben können. Sie stellen ein ihrer Ansicht nach vollständiges Set an Beziehungstypen vor, bspw. für sich widersprechende oder konkretisierende

Anforderungen.⁵³ Hierbei bleibt es bei einem theoretischen Konstrukt, auf das allerdings zur Implementierung in einer Graph-Datenbank aufgebaut werden könnte.

Zwei Arbeiten von 2022 gehen diesen Schritt und modellieren die Beziehungen zwischen Anforderungen in der Graph-Datenbank neo4j. Tanveer, A. et al. entwerfen dazu ein wohldefiniertes Set an Beziehungstypen, die zwischen den Anforderungen bestehen können und leiten auf diesem Wege interne Controls für eine Windturbine ab. So ist bspw. links in Abbildung 6 zu sehen, dass die Standards ISO 19790 und FIPS 140-2 jeweils ein Hash- und MAC-Verfahren fordern und dabei ihrerseits wieder auf weitere Normen verweisen.⁵⁴

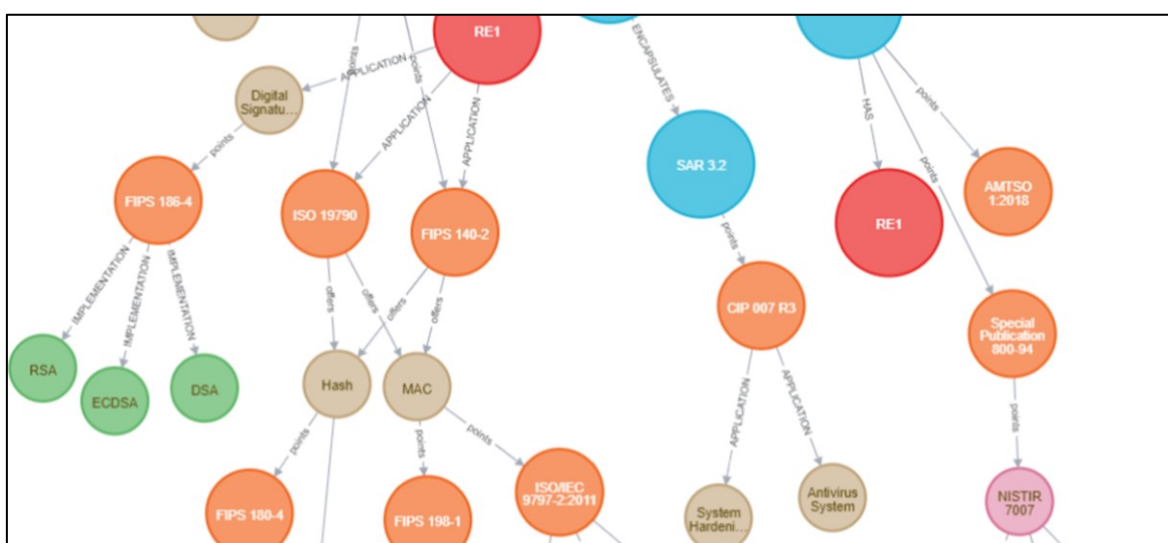


Abbildung 6: Ausschnitt der von Tanveer, A. et al. in neo4j modellierten Compliance-Anforderungen für eine Windturbine⁵⁵

Der IT-bezogene Ansatz von Koderman, A.; Prehn, M. geht noch etwas weiter und stellt für jede regulatorische Anforderung unterschiedliche Profile zur Umsetzung dieser in einer Graph-Datenbank dar. So kann pro Anforderung eine dem Risikoappetit entsprechende, unterschiedlich weitgehende Maßnahme ausgewählt werden, bspw. dazu, ob deaktivierte Konten bereits nach 24 Std. oder erst nach 30 Tagen gelöscht werden müssen.⁵⁶ Beide Arbeiten sehen Chancen in dieser Form der Implementierung, u. a. da sich in einem Graph leicht alle von einer Änderung

⁵³ Vgl. Dahlstedt, Å. G.; Persson, A., 2003.; Soomro, S. et al., 2014.; Samosir, H. S.; Siahaan, D., 2019.

⁵⁴ Vgl. Tanveer, A. et al., 2022.

⁵⁵ Tanveer, A. et al., 2022, S. 8.

⁵⁶ Vgl. Koderman, A.; Prehn, M., 2022.

betroffenen Entitäten ausfindig machen lassen, wie z.B. alle internen Regeln, die von einer Gesetzesänderung betroffen sind.

Vier weitere Arbeiten fokussieren sich weniger auf die Beziehungen von Anforderungen untereinander als auf die Kette von Beziehungen, die zwischen einem Anforderungsdokument, über eine interne Policy zu deren Umsetzung in IT-Systemen oder Prozessen entstehen.⁵⁷ Hierbei ist die Arbeit von Kokaly, S. et al. hervorzuheben, die am Beispiel der Automobilindustrie ein sehr weitgehendes Set an Beziehungen definiert, das auch Strategie-Überlegungen zu Regel-Ableitungen festhält (siehe Abbildung 7).

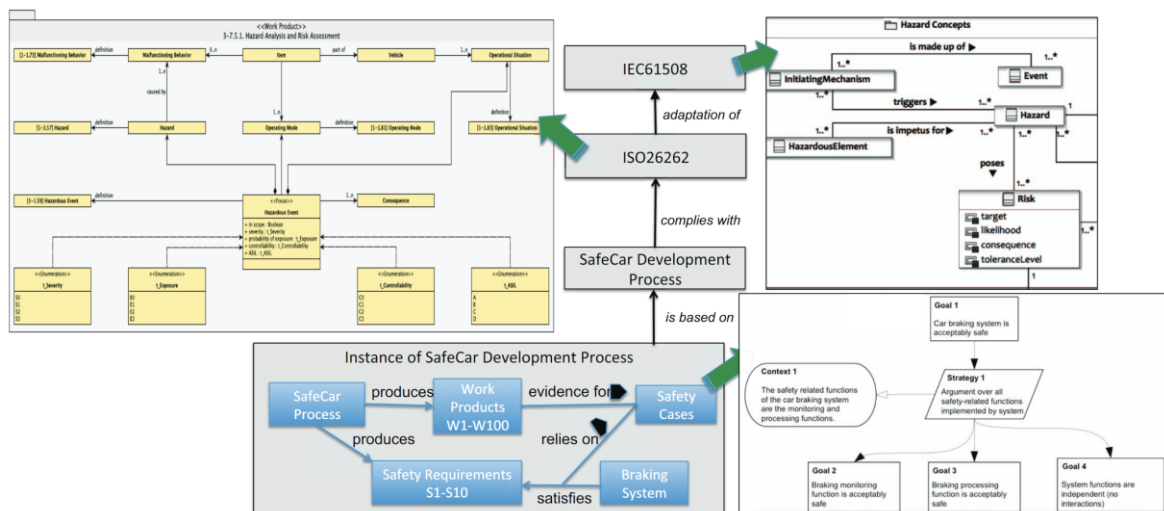


Abbildung 7: Beziehungsmodell nach Kokaly, S. et al. für die Kette von Anforderungsdokument bis zur Implementierung in der Automobilindustrie⁵⁸

Zwei weitere Arbeiten präsentieren mit Eunomos und NomosT Systeme zur strukturierten Verwaltung von Gesetzestexten. Dabei werden Gesetze aus öffentlichen Datenbanken geladen, in ihre Einzelsegmente wie bspw. Paragraphen oder Sätze aufgeteilt und angereichert mit Metadaten (bspw. ob es sich um ein Recht oder eine Pflicht handelt) gespeichert. Diese Systeme werden bereits in der Praxis verwendet, basieren den vorliegenden Informationen nach aber nicht auf Graph-Datenbanken.⁵⁹

⁵⁷ Vgl. Kokaly, S. et al., 2016.; Humberg, T. et al., 2013.; Koetter, F. et al., 2013.; Abdullah, N. S.; Indulska, M.; Sadiq, S., 2016.

⁵⁸ Kokaly, S. et al., 2016, S. 76.

⁵⁹ Vgl. Zeni, N. et al., 2016.; Boella, G.; Humphreys, L.; Martin, M., 2011.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sowohl das Abbilden von Beziehungen zwischen Anforderungen als auch das Abbilden der Beziehung von Anforderungen zu ihrer Umsetzung mit einigen vorhandenen Lösungen recht gut erforscht sind. Es existieren außerdem auch weitergehende Ansätze, die beide Beziehungsnetze verbinden, wie bspw. von Kokaly, S. et al., diese sind allerdings weniger tiefgehend als jene Ansätze, die sich rein auf ein Einzelgebiet konzentrieren, wie es sich bspw. durch die stark ausgeprägten Beziehungstypen bei Soomro, S. et al. zeigt.

Ansätze, die Graph-Datenbanken verwenden, konnten ebenfalls aufgezeigt werden, wobei es sich hierbei jeweils um auffallend junge Veröffentlichungen handelt. Diese fokussieren sich außerdem rein auf Anforderungen und die Beziehungen zwischen ihnen und nicht, wie andere Lösungen, bspw. auch auf deren Implementierung in Prozessen und IT.

3.3 Am Markt verfügbare Lösungen

Im Bereich der Marktangebote konnte eine unüberschaubar große Menge an Systemen gefunden werden, sodass für die zehn Betrachtungssysteme eine Auswahl erfolgen musste. Hierbei wurden Lösungen gewählt, die entweder auf die Abbildung von Compliance-Anforderungen oder Beziehungen spezialisiert waren. Die Auswahl wird in Abbildung 8 dargestellt. Im Folgenden werden die Kernergebnisse vorgestellt, Details zur gesamten Betrachtungsgruppe finden sich in Anhang 5.

Eine Lösung, die eine Graph-Datenbank zur Verwaltung ihrer Daten verwendet, konnte nicht gefunden werden. Bei zwei Lösungen konnten zur verwendeten Datenbank jedoch keine Informationen gefunden werden, sodass dies nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Die meisten Systeme verwendeten relationale Datenbank-Systeme wie MariaDB oder Postgres⁶⁰, die der Nutzer beim Betrieb auf eigenen Servern selbst betreiben und mit der Software verbinden muss.

⁶⁰ Vgl. Perforce Software Inc., 2022a.; Mercury Interactive Corporation, 2006.; Visure Solutions Inc., 2022a.

Vergleichsfrage Nr.	Vergleichsfrage (gekürzt)	Jama Connect, Jama Software	Visure Requirements, Visure Solutions Inc.	codebeamer, Inland Software - Parametric Technology GmbH	Modern Requirements4DevOps, ModernRequirements	Helix ALM, Perforce Software Inc.	DocSheets, Goda Software Inc.	DOORS, IBM Inc.	Agile Requirements Designer, CA Technologies	PractiTest, PractiTest Inc.	ALM/QualityCenter, Micro Focus
1	Betrachtet die Lösung Anforderungsdokumente?	n	j	n	n	n	n	j	n	n	n
2	Betrachtet die Lösung die Extraktion von Einzelanforderungen?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
3	Betrachtet die Lösung Einzelanforderungen?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
4	Betrachtet die Lösung Beziehungen zwischen Einzelanforderungen?	n	n	n	n	n	n	j	j	n	n
5	Betrachtet die Lösung die Ableitung interner Policies?	n	n	n	n	n	n	j	j	n	j
6	Betrachtet die Lösung die Speicherung der Begründung?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
7	Betrachtet die Lösung interne Policies?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
8	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies insgesamt?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
9	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf Prozessebene?	?	?	j	n	n	n	n	j	n	j
10	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf IT-Ebene?	j	j	n	j	j	j	n	j	j	j
11	Betrachtet die Lösung Risiken?	j	j	j	j	n	n	n	n	n	j
12	Betrachtet die Lösung die Kosten von Compliance?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
13	Verwendet die Lösung eine Graph-Datenbank?	n	n	n	n	n	?	n	?	n	n
14	Ist es ein am Markt verfügbarer Ansatz?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j

Legende: j = Ja; n = Nein; ? = keine Information

Abbildung 8: Ergebnismatrix der Marktbetrachtungsgruppe bezüglich der Vergleichsfragen (detaillierte Quellenverweise in Anhang 5)

Bei der Zusammenstellung der Lösungen fiel auf, dass sich diese grob in zwei Kategorien aufteilen lassen. Zahlreiche Tools (bspw. DOORS, codebeamer und Visure) scheinen ihre primäre Zielgruppe in der produzierenden Industrie zu haben⁶¹ (bspw. bei KFZ-, Medizinequipment & Luftfahrt-Unternehmen) und sind primär für die Verwaltung von Produktsicherheitsanforderungen ausgelegt. Häufig bieten die Lösungen daneben auch eine Funktion für IT-Compliance Anforderungen, wobei der Fokus dabei eher darauf liegt, Produktsicherheitsanforderungen auf produktinterne Software (bspw. im Auto) anzuwenden. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Regulatorik in der IT erst in den letzten Jahren angewachsen ist, während dieser Trend in der produzierenden Industrie, wohl auch aufgrund ihrer allgemein längeren Historie, schon früher begann.

Die zweite große Gruppe ist jene der „application lifecycle management“ (ALM) Lösungen (bspw. Helix ALM, ALM/QualityCenter, ModernRequirements4DevOps). Diese entstammen aus der IT und fokussieren sich u.a. darauf, Compliance-

⁶¹ Vgl. IBM Inc., 2022a.; Inland Software - Parametric Technology GmbH, 2022.; Visure Solutions Inc., 2022b.

Anforderungen in der Software-Entwicklung über den gesamten Lebenszyklus einer Anwendung zu verwalten.⁶²

Insgesamt fokussierten sich alle Lösungen eher darauf, die Umsetzung bereits existierender interner IT-Compliance-Vorgaben zu überwachen, weniger auf die Ableitung dieser aus Anforderungsdokumenten wie Normen und Gesetzen. Mit Visure von Visure Solutions und IBM DOORS waren lediglich zwei Lösungen im Vergleich, die über eine Möglichkeit zur Verwaltung von Anforderungsdokumenten verfügen.⁶³ Der Agile Requirements Designer von CA Technologies sowie erneut IBM DOORS waren darüber hinaus die einzigen untersuchten Lösungen, die Beziehungen zwischen Anforderungen betrachtet haben.⁶⁴

Eine Lösung, die die vollständige Kette von Anforderungsdokumenten bis hin zur Implementierung in der IT betrachtet, war damit nicht im Vergleich. IBM DOORS war der am tiefsten gehende Ansatz, der allerdings nach den vorliegenden Informationen dennoch nicht das Tracking der Umsetzung von Anforderungen auf IT-Ebene betrachtet, bspw. durch eine Integration in ein Code-Repository oder das Monitoring einer IT-Landschaft. Diesen stark technischen Ansatz wählen bspw. die Lösungen Modern Requirements4DevOps und PractiTest, die sich direkt in die Toolchain von Entwicklern integrieren und bspw. Testergebnisse auswerten.⁶⁵

Das mangelnde Angebot an vollständig integrierten Lösungen, kombiniert mit dem Umstand, dass die Literatur aus dem vorherigen Abschnitt aufgezeigt hat, dass ein – zumindest rudimentäres – Compliance Anforderungsmanagement recht aufwandsarm bspw. in einer Graph-Datenbank realisiert werden kann, könnten Gründe für die im Stand der Forschung aufgezeigte hohe Verbreitung von eigenentwickelten Lösungen in Unternehmen sein.

⁶² Vgl. Perforce Software Inc., 2022b.; Micro Focus, 2021.; van Opstal, R., 2022.

⁶³ Vgl. IBM Inc., 2022a.; Visure Solutions Inc., 2022b.

⁶⁴ Vgl. IBM Inc., 2021.; Broadcom Inc., 2019.

⁶⁵ Vgl. PractiTest Inc., 2022.; van Opstal, R., 2022.

4 Geeignete Graph-Datenbanken zur Verwaltung von IT-Compliance Anforderungen

Im folgenden Abschnitt wird aufbauend auf den Erfahrungen aus den vorhergegangenen Recherchen ein Pool von geeigneten Graph-Datenbanken zur Verwaltung von IT-Compliance Anforderungen gebildet.

4.1 Methodik

Im Stand der Forschung wurden mögliche Eigenschaften von Graph-Datenbanken vorgestellt. In den angeschlossenen Recherchen wurden außerdem einige Ansätze gezeigt, die bereits Compliance-Anforderungen in Graph-Datenbanken abbilden, sowie andere Systeme, die dies noch mithilfe relationaler Datenbanken tun.

Auf Basis dieser Informationen wird ein Kriterienkatalog an eine Graph-Datenbank erstellt. Dieser soll im folgenden Abschnitt verwendet werden, um aus den, im Stand der Forschung dargelegten, zehn am meisten verbreiteten Graph-Datenbanken, einen Pool geeigneter Lösungen auszuwählen. Der Erstellungsprozess dieses Kriterienkatalogs wird im Folgenden beschrieben, die vollständige Liste der Anforderungen ist in Abbildung 9 dargestellt.

Die Datenbank muss in der Lage sein, Knoten und Kanten mit Informationen im Key/Value-Format zu speichern, um ausreichend Kontext für Compliance-Anforderungen und deren Beziehungen bieten zu können. Um dem aus der Literatur aufgezeigten Risiko⁶⁶ entgegenzuwirken, dass die Daten mit der Zeit auseinanderdriften oder unübersichtlich werden, muss die Datenbank in der Lage sein, feste Schemata für Kanten und Knoten zu definieren. Für sinnvolle Verweise müssen die Kanten außerdem gerichtet sein können. Um das System vielerorts im Unternehmen zu integrieren, muss außerdem eine API-Schnittstelle vorhanden sein.

Das Vorhandensein einer internen Nutzeroberfläche in der Datenbank sowie die Möglichkeit farbiger Kanten und Knoten wird als weiches Kriterium in die Betrachtung aufgenommen. Wird das System ohne zusätzliche Software als Frontend verwendet, wäre auch eine integrierte Option zum Import und Export von Daten in gängige Datenformate wie JSON oder YAML vorteilhaft. Um zusätzlich auch bspw.

⁶⁶ Vgl. Boella, G. et al., 2013.

Risiken oder Kosten abzubilden, wäre es wünschenswert, gewichtete Kanten festlegen zu können.

Nr.	Kriterium	Härte
1	Knoten und Kanten können mit Informationen im Key, Value-Format versehen werden.	MUSS
2	Es lassen sich feste Schemata für Kanten und Knoten definieren.	MUSS
3	Kanten müssen Richtungsattribut haben können.	MUSS
4	Es ist eine API-Schnittstelle vorhanden.	MUSS
5	Es gibt eine integrierte grafische Nutzeroberfläche.	SOLL
6	Es gibt die Möglichkeit, Kanten und Knoten farblich zu gestalten.	SOLL
7	Es gibt eine integrierte Möglichkeit, Daten in gängige Datenformate wie JSON oder YAML zu Im- & Exportieren	SOLL
8	Es gibt die Möglichkeit, gewichtete Kanten darzustellen.	SOLL

Abbildung 9: Kriterien an eine Graph-Datenbank zur Abbildung der Beziehungen von Compliance-Anforderungen

4.2 Ergebnisse

Die in der Analyse betrachteten Graph-Datenbanken verfügten über viele Ähnlichkeiten, was sich im recht uniformen Bild der Ergebnismatrix in Abbildung 10 zeigt.

Virtuoso ist im Vergleich damit aufgefallen, dass kaum Informationen über die Komponente der Graph-Datenbank des Systems gefunden werden konnten. Es handelt sich bei der Lösung um eine Multi-Modell-Datenbank, die außerdem auch einen Webserver und zahlreiche andere Funktionen implementiert. Die Dokumentation gibt dabei leider nur einen oberflächlichen Überblick in alle Funktionen und keine Erklärung des Datenmodells der Graph-Datenbank, wie sich bei allen anderen Anbietern vorlag.⁶⁷

Alle anderen Angebote glichen sich in dem Aspekt, dass sie ein System aus Knoten und Kanten implementieren, in denen Informationen gespeichert werden können. Die übrigen Vergleichskriterien, mit Ausnahme dessen der Verfügbarkeit farbiger Kanten in der graphischen Darstellung, wurden ebenfalls von mindestens sieben der verglichenen Lösungen erfüllt. Insgesamt verbleiben mit Neo4j, ArangoDB,

⁶⁷ Vgl. OpenLink Software Inc., 2022b.; OpenLink Software Inc., 2022a.

Graph-DB, TigerGraph und Dgraph somit fünf Datenbanken im Pool der geeigneten Lösungen, von denen vier alle Kriterien des Vergleichs erfüllen.

Krit. Nr.	Neo4j ⁶⁸	Azure Cosmos DB ⁶⁹	Virtuoso ⁷⁰	Arango DB ⁷¹	Orient DB ⁷²	Amazon Neptune ⁷³	Janus-Graph ⁷⁴	GraphDB ⁷⁵	Tiger-Graph ⁷⁶	Dgraph ⁷⁷
<u>1</u>	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<u>2</u>	✓	-	?	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓
<u>3</u>	✓	✓	?	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
<u>4</u>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓
<u>5</u>	✓	✓	?	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓
<u>6</u>	✓	-	?	✓	-	✓	-	✓	✓	-
<u>7</u>	✓	✓	?	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓
<u>8</u>	✓	✓	?	✓	-	✓	✓	✓	✓	-

Abbildung 10: Erfüllungsgrad der Auswahlkriterien bei den zehn betrachteten Graph-Datenbanken.

Muss-Kriterien unterstrichen

⁶⁸ Vgl. Neo4j Inc., 2019.; Neo4j Inc., 2022a.; Neo4j Inc., 2022b.; Neo4j Inc., 2022c.; Neo4j Inc., 2022d.

⁶⁹ Vgl. solidIT consulting & software development gmbh, 2022a.; Microsoft Inc., 2022d.; Microsoft Inc., 2022c.; Microsoft Inc., 2022a.; Microsoft Inc., 2022b.

⁷⁰ Vgl. OpenLink Software Inc., 2022b.; OpenLink Software Inc., 2022a.

⁷¹ Vgl. ArangoDB Inc., 2022c.; ArangoDB Inc., 2022d.; ArangoDB Inc., 2022e.; ArangoDB Inc., 2022b.; ArangoDB Inc., 2022a.; Hackstein, M., 2013.

⁷² Vgl. Callidus Software Inc., 2020e.; Callidus Software Inc., 2020a.; Callidus Software Inc., 2020b.; Callidus Software Inc., 2020c.; Callidus Software Inc., 2020d.

⁷³ Vgl. Amazon Web Services Inc., 2022b.; Amazon Web Services Inc., 2022a.

⁷⁴ Vgl. JanusGraph Community, 2022a.; JanusGraph Community, 2022e.; JanusGraph Community, 2022d.; JanusGraph Community, 2022c.; JanusGraph Community, 2022b.; IBM Inc., 2022b.

⁷⁵ Vgl. Ontotext USA Inc., 2022.

⁷⁶ Vgl. TigerGraph, Inc., 2022b.; TigerGraph, Inc., 2022c.; TigerGraph, Inc., 2022d.; TigerGraph, Inc., 2022e.; TigerGraph, Inc., 2022a.

⁷⁷ Vgl. Dgraph Labs Inc., 2022a.; Dgraph Labs Inc., 2022b.; Dgraph Labs Inc., 2022c.; Dgraph Labs Inc., 2022d.; Dgraph Labs Inc., 2022e.; Jain, M. R., 2017.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Arbeit reflektiert und zusammengefasst sowie ein Ausblick für weitere mögliche Forschung gegeben.

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Stand der Forschung konnte ein Eindruck darüber gewonnen werden, was IT-Compliance ist, wie interne Regeln heute aus Anforderungen abgeleitet werden und wie divers das Feld der Compliance-Verwaltungssysteme in der Literatur aktuell ist. Außerdem wurde ein Einblick in das junge Feld der Graph-Datenbanken gegeben, in dem wesentliche Konzepte sowie die am meisten verbreiteten Lösungen vorgestellt wurden, bei denen neo4j mit großem Abstand führte.

Im Hauptteil wurden zunächst zehn Marktlösungen und 13 Literaturarbeiten ausgewählt, die anschließend anhand von 14 Leitfragen verglichen wurden. Dabei wurden große Unterschiede in den Fokusgebieten der Arbeiten und Programme festgestellt, die von reinen Lösungen zur Verwaltung von Gesetzen, über reine Anforderungsmanagementsysteme hinzu Ansätzen reichte, die die vollständige Kette an Beziehungen einer Compliance-Anforderung zu ihrer Umsetzung abbilden wollen.

Es wurden auch zwei Ansätze aus dem Jahr 2022 betrachtet, die Graph-Datenbanken zur Abbildung von Compliance-Anforderungen nutzen. Diese waren bisher aber noch explorative Ansätze aus der Literatur und noch nicht als Produkt verfügbar.

Im zweiten Teil des Hauptteils wurde auf Basis der im Stand der Forschung gewonnenen Informationen ein Kriterienkatalog für eine Graph-Datenbank gebildet, die zur Verwaltung von Beziehungen zwischen IT-Compliance Anforderungen verwendet werden kann. Hierbei wurden viele Gemeinsamkeiten bei den betrachteten zehn Datenbanken festgestellt, von denen insgesamt fünf die aufgestellten Kriterien erfüllten, darunter auch die im Stand der Forschung häufig genannte Lösung neo4j.

5.2 Weitere Forschungsmöglichkeiten

Wie beschrieben wurde, existiert auf dem initialen Fokusgebiet der Kombination aus IT-Compliance und Graph-Datenbanken bisher wenig Forschung. Die Definition weiterer Beziehungstypen, die in der Kette zwischen Anforderung und Umsetzung entstehen sowie strukturierte Ansätze für den Einsatz Graph-Datenbank basierter

Systeme in der Praxis könnten mögliche Forschungsgebiete sein. Hierbei könnte auf die existierende Forschung, bspw. zu Beziehungen zwischen Anforderungen oder Verwaltung von Gesetzen und Normen aufgesetzt werden, um die Ideen miteinander zu kombinieren und in einer Graph-Datenbank abzubilden.

5.3 Fazit über die Gesamtergebnisse

Die Nutzung von Graph-Datenbanken für IT-Compliance kann als sehr junges Feld beschrieben werden, in dem in den nächsten Jahren noch viel Forschung und Praxisarbeit notwendig sein wird. Aufgrund der steigenden Popularität von Graph-Datenbanken sowie der steigenden Anzahl an IT-Compliance Anforderungen, ist es allerdings auch nicht unwahrscheinlich, dass diese vollzogen wird. Mit dieser Arbeit wurde ein grober Einblick in Teilaspekte des Feldes gegeben, wobei alle der vorher gesteckten Leitfragen beantwortet wurden.

6 Anhang

Anhang 1: Ergebnismatrix der Marktbetrachtungsgruppe

Vergleichsfrage Nr.
Vergleichsfrage (gekürzt)

Jama Connect, Jama Software
Visure Requirements, Visure Solutions Inc.
codebeamer, Inland Software - Parametric Technology GmbH
Modern Requirements4DevOps, ModernRequirements
Helix ALM, Perforce Software Inc.
DocSheets, Goba Software
DOORS, IBM Inc.
Agile Requirements Designer, CA Technologies
PractiTest, PractiTest Inc.
ALM/QualityCenter, Micro Focus

1	Betrachtet die Lösung Anforderungsdokumente?	n	j	n	n	n	n	j	n	n	n
2	Betrachtet die Lösung die Extraktion von Einzelanforderungen?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
3	Betrachtet die Lösung Einzelanforderungen?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
4	Betrachtet die Lösung Beziehungen zwischen Einzelanforderungen?	n	n	n	n	n	n	j	j	n	n
5	Betrachtet die Lösung die Ableitung interner Policies?	n	n	n	n	n	n	j	j	n	j
6	Betrachtet die Lösung die Speicherung der Begründung?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
7	Betrachtet die Lösung interne Policies?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
8	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies insgesamt?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
9	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf Prozessebene?	?	?	j	n	n	n	n	j	n	j
10	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf IT-Ebene?	j	j	n	j	j	j	n	j	j	j
11	Betrachtet die Lösung Risiken?	j	j	j	j	n	n	n	n	n	j
12	Betrachtet die Lösung die Kosten von Compliance?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
13	Verwendet die Lösung eine Graph-Datenbank?	n	n	n	n	n	?	n	?	n	n
14	Ist es ein am Markt verfügbarer Ansatz?	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j

Legende: j = Ja; n = Nein; ? = keine Information

Anhang 2: Ergebnismatrix der Literaturbetrachtungsgruppe

Vergleichsfrage Nr.
Vergleichsfrage (gekürzt)

Engiel, P.; Sampaio Do Prado Leite, J. C.; Mylopoulos, J., 2017
Abdullah, N. S.; Indulska, M.; Sadia, S., 2016
Koderman, A.; Prehn, M., 2022
Koetter, F. et al., 2013
Elgammal, A. et al., 2013
Boella, G.; Humphreys, L.; Martin, M., 2011
Tanveer, A. et al., 2016
Humberg, T. et al., 2022
Soomro, S. et al., 2013
Samosir, H. S.; Siahaan, D., 2019
Dahlstedt, Å. G.; Persson, A., 2003
Kotally, S. et al., 2016
Zeni, N. et al., 2016

1	Betrachtet die Lösung Anforderungsdokumente?	j	j	j	j	n	j	j	j	n	n	n	j	j
2	Betrachtet die Lösung die Extraktion von Einzelanforderungen?	j	n	j	j	j	j	j	j	n	n	n	j	j
3	Betrachtet die Lösung Einzelanforderungen?	j	n	j	j	j	j	j	j	j	n	n	j	j
4	Betrachtet die Lösung Beziehungen zwischen Einzelanforderungen?	n	n	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j
5	Betrachtet die Lösung die Ableitung interner Policies?	j	n	j	n	n	n	j	j	n	n	n	j	n
6	Betrachtet die Lösung die Speicherung der Begründung?	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	j	n
7	Betrachtet die Lösung interne Policies?	j	j	j	j	j	n	j	j	n	n	n	j	n
8	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies insgesamt?	n	j	n	j	j	n	n	j	n	n	n	j	n
9	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf Prozessebene?	n	j	n	n	n	n	n	j	n	n	n	j	n
10	Betrachtet die Lösung die Erfüllung interner Policies auf IT-Ebene?	n	n	n	j	j	n	n	n	n	n	n	n	n
11	Betrachtet die Lösung Risiken?	n	j	n	n	n	n	n	j	n	n	n	j	n
12	Betrachtet die Lösung die Kosten von Compliance?	n	j	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
13	Verwendet die Lösung eine Graph-Datenbank?	n	n	j	n	n	n	j	n	n	n	n	n	n
14	Ist es ein am Markt verfügbarer Ansatz?	n	n	n	n	n	j	n	n	n	n	n	n	j

Legende: j = Ja; n = Nein; ? = keine Information

Anhang 4: Detaillierte Aufstellung der betrachteten Literaturlösungen zur Verwaltung von IT-Compliance-Anforderungen

Lösung	Kurzbeschreibung	Zielgruppen u.a.
Engiel, P.; Sampaio Do Prado Leite, J. C.; Mylopoulos, J., 2017 ⁷⁸	- Stellt manuellen Prozess zur Ableitung interner Anforderungen aus Gesetzen & Normen vor - Umfangreiches Datenmodell, wie Anforderungen & abgeleitete Policies abgelegt werden sollen	Kein direkter Fokus erkennbar
Abdullah, N. S.; Indulska, M.; Sadiq, S., 2016 ⁷⁹	- Stellt ein Modell für Beziehungen zwischen unterschiedlichen Elementen in der Compliance-Welt auf - Unter anderem zwischen Anforderungen, interne Policies & Lösungen - Rein theoretisches Modell ohne Implementierung	Kein direkter Fokus erkennbar
Koderman, A.; Prehn, M., 2022 ⁸⁰	- Verwendet Graph-Datenbanken um Compliance-Dokumente & - Anforderungen zu strukturieren - Pro Anforderungen (bspw. aus einem Gesetz) kann ein Risikoprofil ausgewählt werden, mit dem diese mitigiert wird	Kein direkter Fokus erkennbar
Koetter, F. et al., 2013 ⁸¹	- Bildet eine vollständige Beziehung zwischen Anforderungsdokument, Anforderung & Umsetzung im IT-System - Beziehungen zwischen Anforderungen werden allerdings nicht betrachtet	Kein direkter Fokus erkennbar
Elgammal, A. et al., 2016 ⁸²	- Stellt Methoden zur Formalisierung von Compliance-Anforderungen an Prozesse dar - Entwickelt ein eigenes System zur Formalisierung - darüber hinaus keine Verwaltung	Kein direkter Fokus erkennbar
Boella, G.; Humphreys, L.; Martin, M., 2011 ⁸³	- Stellt das Eunomos System zur systematischen Verwaltung von Gesetzen vor - Beziehungen in Form von Links sind möglich, darüber hinaus, reine Gesetzes- & Normenablage	Kein direkter Fokus erkennbar
Tanveer, A. et al., 2022 ⁸⁴	- Bildet Sicherheitsanforderungen für eine Wind-Turbine in einer Graph-Datenbank ab - Modelliert Beziehungen zwischen den Anforderungen mittels starrer Beziehungstypen - Endet bei der Sammlung der Anforderungen - keine Ableitung interner Regeln oder Überwachung der Umsetzung	Industriesicherheit
Humberg, T. et al., 2013 ⁸⁵	- Definiert Beziehungsmodell mit dem interne Regeln aus Anforderungsdokumenten abgeleitet werden können - Es erfolgt keine Implementierung	Kein direkter Fokus erkennbar
Soomro, S. et al., 2014 ⁸⁶	- Es geht rein um das Darstellen möglicher Beziehungen zwischen Anforderungen im generellen	Software-Engineering
Samosir, H. S.; Siahaan, D., 2019 ⁸⁷	- Es wird ein umfangreiches Set an Beziehungen definiert	Software-Engineering
Dahlstedt, Å. G.; Persson, A., 2003 ⁸⁸	- Keine Implementierung in DB o. Ä.	Software-Engineering
Kokaly, S. et al., 2016 ⁸⁹	- Beschreibt Modell, das Abhängigkeiten zwischen Gesetzen, den daraus resultierenden Anforderungen, über interne Regeln bis hin zu deren Umsetzung beschreibt. - Theoretisches Modell ohne Implementierung in DB oder Ähnlichem	Automobilindustrie
Zeni, N. et al., 2016 ⁹⁰	- Beschreibt NomosT, ein Framework um Gesetze automatisiert in Einzelbestandteile herunterzubrechen - Tool stellt später zwar einen Graphen mit Verweisen bereit, basiert aber auf einer relationalen DB	Verwaltung juristischer Literatur

⁷⁸ Engiel, P.; Sampaio Do Prado Leite, J. C.; Mylopoulos, J., 2017.

⁷⁹ Abdullah, N. S.; Indulska, M.; Sadiq, S., 2016.

⁸⁰ Koderman, A.; Prehn, M., 2022.

⁸¹ Koetter, F. et al., 2013.

⁸² Elgammal, A. et al., 2016.

⁸³ Boella, G.; Humphreys, L.; Martin, M., 2011.

⁸⁴ Tanveer, A. et al., 2022.

⁸⁵ Humberg, T. et al., 2013.

⁸⁶ Soomro, S. et al., 2014.

⁸⁷ Samosir, H. S.; Siahaan, D., 2019.

⁸⁸ Dahlstedt, Å. G.; Persson, A., 2003.

⁸⁹ Kokaly, S. et al., 2016.

⁹⁰ Zeni, N. et al., 2016.

Anhang 5: Detaillierte Aufstellung der betrachteten Marktlösungen zur Verwaltung von IT-Compliance-Anforderungen

Lösung	Kurzbeschreibung	Zielgruppen u.a.
Jama Connect, Jama Software ⁹¹	- Verfolgt starke Ansätze, Beziehungen darzustellen (bspw. zwischen internem Control & Anforderung) - Beginnt allerdings mit fertigen internen Controls und verbindet diese nicht mit Anforderungen oder Herkunftsdokumenten.	Luftfahrt, Automobilbau, Softwareentwicklung, Finanzdienstleister, produzierende Industrie, Medizin, Halbleiter
Visure Requirements, Visure Solutions Inc. ⁹²	- Integriert von Haus aus einige Normen bspw. aus Industrie & Automobilbau deren Einhaltung überwacht werden kann. - IT-Bezogene Standards sind von Haus aus nicht enthalten, können aber eingepflegt werden.	Luftfahrt, Automobilbau, Softwareentwicklung, Finanzdienstleister, Medizin, Bahnverkehr, Energieversorger, Pharmazie
codebeamer, Intland Software - Parametric Technology GmbH ⁹³	- Spezialisiert sich augenscheinlich eher auf Industrievorgaben & -Prozesse. - Kaum Fokus auf Beziehungen.	Luftfahrt, Automobilbau, Medizin, Pharmazie, Elektronik
Modern Requirements4DevOps, ModernRequirements ⁹⁴	- Tool mit reinem IT-Fokus & Azure DevOps als Datenbackend. - Bietet Dokumentenmanager mit dem Anforderungen dynamisch in Dokumenten aktualisiert werden können. - Wenig Fokus auf Beziehungen.	Luftfahrt, Automobilbau, Softwareentwicklung, Finanzdienstleister, Medizin, Regierungen & Verteidigung
Helix ALM, Perforce Software Inc. ⁹⁵	- Fokussiert sich auf Software Lifecycle Management - Wenig Fokus auf Beziehungen	Softwareentwicklung, Medizin, Energieversorger, Halbleiter
DocSheets, Goda Software ⁹⁶	- Verknüpft Anforderungen mit Testcases - Anforderungen müssen allerdings vollständig eingepflegt werden, keine Verwaltung von Dokumenten.	Kein direkter Fokus erkennbar
DOORS, IBM Inc. ⁹⁷	- Sehr umfangreiche & etablierte Lösung - Bietet Möglichkeiten zur Dokumentenverwaltung, Ableitung von Anforderungen & Abbilden v. Beziehungen	Software in regulierten Bereichen wie Luftfahrt, Automobilbau, Medizin
Agile Requirements Designer, CA Technologies ⁹⁸	- Fokussiert sich auf das modellieren von Anforderungen - Stell graphischen Editor zum Modellieren von Anforderungen in Prozessform bereit	Luftfahrt, Softwareentwicklung, Finanzdienstleister, Regierungen
PractiTest, PractiTest Inc. ⁹⁹	- Legt Fokus auf die Überwachung von Software-Tests, die Compliance-Anforderungen überprüfen - Compliance Anforderungen können importiert werden, Beziehungen zwischen ihnen sind nicht abbildbar	IT, ohne direkten Industrie Fokus
ALM/QualityCenter, Micro Focus ¹⁰⁰	- Fokussiert sich auf das Vereinen von Software-Testergebnissen zur Verifizierung derer Compliance	Luftfahrt, Softwareentwicklung, Finanzdienstleister, Regierungen

⁹¹ Vgl. Jama Software, 2022b.; Jama Software, 2022a.; o. V. 2020.

⁹² Vgl. Visure Solutions Inc., 2022a.; Visure Solutions Inc., 2022b.

⁹³ Vgl. Intland Software - Parametric Technology GmbH, 2022.

⁹⁴ Vgl. van Opstal, R., 2022.

⁹⁵ Vgl. Perforce Software Inc., 2022a.; Micro Focus, 2021.

⁹⁶ Vgl. Goda Software Inc., 2022.

⁹⁷ Vgl. IBM Inc., 2022a.; IBM Inc., 2021.

⁹⁸ Vgl. Broadcom Inc., 2019.

⁹⁹ Vgl. PractiTest Inc., 2022.; PractiTest Inc., 2020.

¹⁰⁰ Vgl. Mercury Interactive Corporation, 2006.; Micro Focus, 2021.

Literaturverzeichnis

Quellen aus Fachbüchern und Fachaufsätzen

- Abdullah, N. S.; Indulska, M.; Sadiq, S., 2016, Compliance management ontology – a shared conceptualization for research and practice in compliance management, in: *Inf Syst Front*, 18, H. 5, S. 995–1020, DOI: 10.1007/s10796-016-9631-4.
- Assar, S. (Hrsg.), 2017, 11th IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science, Brighton, 10.05.2017 - 12.05.2017, Piscataway, NJ, IEEE.
- Association for Computing Machinery (Hrsg.), 2016, Proceedings of the 8th International Workshop on Modeling in Software Engineering - MiSE '16, Austin, Texas, 14.05.2016 - 22.05.2016, New York, New York, USA, ACM Press.
- Association for Computing Machinery-Digital Library; ACM Special Interest Group on Software Engineering, 2016, Proceedings of the 11th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems, Austin Texas, 14.05.2016 - 22.05.2016, New York, NY, ACM (ACM Digital Library).
- Boella, G. et al., 2013, Managing legal interpretation in regulatory compliance, DOI: 10.1145/2514601.2514605, in: Verheij, B. (Hrsg.), Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Law. the Fourteenth International Conference. Rome, Italy, 10.06.2013 - 14.06.2013, Association for Computing Machinery; ACM Special Interest Group on Artificial Intelligence, ACM, New York, NY, ISBN: 9781450320801 (ACM Other conferences), S. 23–32.
- Boella, G.; Humphreys, L.; Martin, M., 2011, Eunomos, a legal document management system based on legislative XML and ontologies (position paper).
- Celko, J., 2014, Graph Databases, DOI: 10.1016/B978-0-12-407192-6.00003-0, in: Celko, J. (Hrsg.), Joe Celko's complete guide to NoSQL. What every SQL professional needs to know about nonrelational databases, Elsevier Morgan Kaufmann, Amsterdam, S. 27–46, ISBN: 9780124071926.
- Celko, J. (Hrsg.), 2014, Joe Celko's complete guide to NoSQL, What every SQL professional needs to know about nonrelational databases, Elsevier Morgan Kaufmann, Amsterdam, ISBN: 9780124071926.

- Comyn-Wattiau, Isabelle and Tanaka, Katsumi and Song, Il-Yeol and Yamamoto, Shuichiro and Saeki, Motoshi (Hrsg.), 2016, *Conceptual Modeling*, Cham, Springer International Publishing.
- Dahlstedt, Å. G.; Persson, A., 2003, *Requirements Interdependencies - Moulding the State of Research into a Research Agenda*, <http://crinfo.univ-paris1.fr/REFSQ/03/papers/P06-Dahlstedt.pdf>.
- Dameri, R. P., 2009, *Improving the Benefits of IT Compliance Using Enterprise Management Information Systems*, University of Genova.
- Decker, B. de; Schaumüller-Bichl, I. (Hrsg.), 2010, *Communications and multimedia security*, Berlin, Heidelberg, 2010, Berlin, Springer (Lecture notes in computer science, 6109).
- Desprez, F. (Hrsg.), 2013, *Proceedings of the 3rd International Conference on Cloud Computing and Services Science*, Aachen, Germany, 08.05.2013 - 10.05.2013, S.I., SciTePress.
- Edlich, S. et al., 2011, *NoSQL, Einstieg in die Welt nichtrelationaler Web 2.0 Datenbanken*, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, ISBN: 9783446428553.
- Elgammal, A. et al., 2016, *Formalizing and applying compliance patterns for business process compliance*, in: *Softw Syst Model*, 15, H. 1, S. 119–146, DOI: 10.1007/s10270-014-0395-3.
- Engiel, P.; Sampaio Do Prado Leite, J. C.; Mylopoulos, J., 2017, *A tool-supported compliance process for software systems*, DOI: 10.1109/RCIS.2017.7956519, in: Assar, S. (Hrsg.), *11th IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science. RCIS 2017 : May 10-12, 2017, Brighton, UK : conference proceedings. 2017 11th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*. Brighton, 10.05.2017 - 12.05.2017, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, Piscataway, NJ, ISBN: 978-1-5090-5476-3, S. 66–76.
- Ernst & Young GmbH (Hrsg.), 2016, *Bereit für die EU-Datenschutzgrundverordnung? Studie zum Reifegrad von Datenschutzmanagementsystemen in Unternehmen*.
- Falk, M., 2012, *IT-Compliance in der Corporate Governance, Anforderungen und Umsetzung*, Zugl.: Gießen, Justus-Liebig-Univ., Diss., 2012, Springer, Wiesbaden, ISBN: 3834939870 (Springer Gabler Research).

- Fasel, D.; Meier, A. (Hrsg.), 2016, Big data, Grundlagen, Systeme und Nutzungspotenziale, Springer Fachmedien Wiesbaden, Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 3658115882 (Praxis der Wirtschaftsinformatik).
- Fosic, I.; Solic, K., 2019, Graph Database Approach for Data Storing, Presentation and Manipulation, DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756793, in: Koricic, M. (Hrsg.), 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). Opatija, Croatia, 20.05.2019 - 24.05.2019, Hrvatsko Udruga za Informacijsku i Komunikacijsku Tehnologiju, Elektroniku i Mikroelektroniku, IEEE, Piscataway, NJ, ISBN: 978-953-233-098-4, S. 1548–1552.
- García-Galán, J. et al., 2016, Towards adaptive compliance, DOI: 10.1145/2897053.2897070, in: Proceedings of the 11th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems. ICSE '16: 38th International Conference on Software Engineering. Austin Texas, 14.05.2016 - 22.05.2016, Association for Computing Machinery-Digital Library; ACM Special Interest Group on Software Engineering, ACM, New York, NY, ISBN: 9781450341875 (ACM Digital Library), S. 108–114.
- German Chapter of »The Information Systems Audit and Control Association« e.V. (ISACA) (Hrsg.), 2022, IT-Governance, Fachzeitschrift des German Chapter of »The Information Systems Audit and Control Association« e.V. (ISACA), Heft 36, dpunkt.verlag (Heft 36).
- Humberg, T. et al., 2013, Ontology-based Analysis of Compliance and Regulatory Requirements of Business Processes, DOI: 10.5220/0004505405530561, in: Desprez, F. (Hrsg.), Proceedings of the 3rd International Conference on Cloud Computing and Services Science. Aachen, Germany, 8 - 10, May 2013. Special Session on Security Governance and SLAs in Cloud Computing. Aachen, Germany, 08.05.2013 - 10.05.2013, Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication, SciTePress, S.I., ISBN: 978-989-8565-52-5, S. 553–561.
- IEEE Computer Society (Hrsg.), 2013, IEEE 6th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications, Koloa, HI, USA, 16.12.2013 - 18.12.2013, Piscataway, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

- o. V., 2020, Jama Software Announces Jama Connect for Airborne Systems (2020), Jama Software, https://www.wiso-net.de/document/NBPC__f01b27569f1cb5bcf08880703d9468d5978c7dd6.
- Kim, H.; Fox, M.; Sengupta, A., 2007, How To Build Enterprise Data Models To Achieve Compliance To Standards Or Regulatory Requirements (and share data), in: JAIS, 8, H. 2, S. 105–128, DOI: 10.17705/1jais.00115.
- Klotz, M., 2009, IT-Compliance: Ein Überblick., dpunkt.verlag.
- Knoll, M., 2017, IT-Risikomanagement im Zeitalter der Digitalisierung, in: HMD, 54, H. 1, S. 4–20, DOI: 10.1365/s40702-017-0287-4.
- Knoll, M.; Strahinger, S. (Hrsg.), 2017, IT-GRC-Management - Governance, Risk und Compliance, Grundlagen und Anwendungen, Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 9783658200596 (Edition HMD).
- Koderman, A.; Prehn, M., 2022, Der Einsatz von Graphdatenbanken in der Compliance-Automatisierung, in: German Chapter of »The Information Systems Audit and Control Association« e.V. (ISACA) (Hrsg.), IT-Governance. Fachzeitschrift des German Chapter of »The Information Systems Audit and Control Association« e.V. (ISACA), dpunkt.verlag (Heft 36).
- Koetter, F. et al., 2013, Unifying Compliance Management in Adaptive Environments through Variability Descriptors (Short Paper), DOI: 10.1109/SOCA.2013.23, in: IEEE Computer Society (Hrsg.), IEEE 6th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications. Koloa, HI, USA, 16.12.2013 - 18.12.2013, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey, ISBN: 978-1-4799-2702-9, S. 214–219.
- Kokaly, S. et al., 2016, Model management for regulatory compliance, DOI: 10.1145/2896982.2896985, in: Association for Computing Machinery (Hrsg.), Proceedings of the 8th International Workshop on Modeling in Software Engineering - MiSE '16. the 8th International Workshop. Austin, Texas, 14.05.2016 - 22.05.2016, ACM Press, New York, New York, USA, ISBN: 9781450341646, S. 74–80.
- Koricic, M. (Hrsg.), 2019, 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, Croatia, 20.05.2019 - 24.05.2019, Piscataway, NJ, IEEE.

- Loomans, D.; Matz, M.; Wiedemann, M., 2014, Praxisleitfaden zur Implementierung eines Datenschutzmanagementsystems, Ein risikobasierter Ansatz für alle Unternehmensgrößen, Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 365802805X.
- Meier, A.; Kaufmann, M., 2016, SQL- & NoSQL-Datenbanken, 8., überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, ISBN: 3662476630 (eXamen.press).
- Papazafeiropoulou, A.; Spanaki, K., 2016, Understanding governance, risk and compliance information systems (GRC IS): The experts view, in: Inf Syst Front, 18, H. 6, S. 1251–1263, DOI: 10.1007/s10796-015-9572-3.
- Peschke, M. et al., 2011, Werkzeuggestützte Identifikation von IT-Sicherheitsrisiken in Geschäftsprozessmodellen.
- Racz, N. et al., 2010, Governance, Risk & Compliance (GRC) Status Quo and Software Use: Results from A Survey Among Large Enterprises.
- Racz, N.; Weippl, E.; Seufert, A., 2010, A Frame of Reference for Research of Integrated Governance, Risk and Compliance (GRC), in: Decker, B. de; Schaumüller-Bichl, I. (Hrsg.), Communications and multimedia security. 11th IFIP TC 6/TC 11 international conference. Berlin, Heidelberg, 2010, CMS, Springer, Berlin, ISBN: 978-3-642-13241-4 (Lecture notes in computer science, 6109), S. 106–117.
- Sadalage, P. J.; Fowler, M., 2013, NoSQL distilled, A brief guide to the emerging world of polyglot persistence, Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, Munich, ISBN: 9780321826626 (Always learning).
- Samosir, H. S.; Siahaan, D., 2019, Generating Requirement Dependency Graph Based on Class Dependency, in: LKJITI, S. 19, DOI: 10.24843/LKJITI.2019.v10.i01.p03.
- Shaikh, F. K. et al. (Hrsg.), 2014, Communication Technologies, Information Security and Sustainable Development, Springer International Publishing, Cham, ISBN: 978-3-319-10986-2 (Communications in Computer and Information Science).
- Soomro, S. et al., 2014, Ontology Based Requirement Interdependency Representation and Visualization, DOI: 10.1007/978-3-319-10987-9_24, in: Shaikh, F. K. et al. (Hrsg.), Communication Technologies, Information Security and Sustainable Development, Bd. 414, Springer International Publishing, Cham (Communications in Computer and Information Science), S. 259–270, ISBN: 978-3-319-10986-2.

Tanveer, A. et al., 2022, Tracing security requirements in industrial control systems using graph databases, in: *Softw Syst Model*, DOI: 10.1007/s10270-022-01019-8.

Verheij, B. (Hrsg.), 2013, *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Artificial Intelligence and Law*, Rome, Italy, 10.06.2013 - 14.06.2013, New York, NY, ACM (ACM Other conferences).

Zeni, N. et al., 2016, Building Large Models of Law with NómoST, DOI: 10.1007/978-3-319-46397-1, in: Comyn-Wattiau, Isabelle and Tanaka, Katsumi and Song, Il-Yeol and Yamamoto, Shuichiro and Saeki, Motoshi (Hrsg.), *Conceptual Modeling*, Springer International Publishing, Cham, ISBN: 978-3-319-46397-1, S. 233–247.

Internetquellen

Amazon Web Services Inc. (Hrsg.), 2022a, Amazon Neptune - User Guide, <https://docs.aws.amazon.com/pdfs/neptune/latest/userguide/neptune-ug.pdf>, 09.12.2022.

Amazon Web Services Inc. (Hrsg.), 2022b, Amazon Neptune Immersion Day, <https://catalog.us-east-1.prod.workshops.aws/workshops/2ae99bf2-10df-444f-a21f-8ad0537a9bdd/en-US/workshop2/gremlin/model>, 09.12.2022.

ArangoDB Inc. (Hrsg.), 2022a, ArangoDB as Graph Database, <https://www.arangodb.com/graph-database/>, 08.01.2023.

ArangoDB Inc. (Hrsg.), 2022b, Introduction | HTTP | ArangoDB Documentation, <https://www.arangodb.com/docs/stable/http/>, 08.12.2022.

ArangoDB Inc. (Hrsg.), 2022c, Examples JSON | arangoimport | Programs & Tools | Manual | ArangoDB Documentation, <https://www.arangodb.com/docs/stable/programs-arangoimport-examples-json.html>, 08.12.2022.

ArangoDB Inc. (Hrsg.), 2022d, Graph Functions | General Graphs | Graphs | Manual | ArangoDB Documentation, <https://www.arangodb.com/docs/stable/graphs-general-graphs-functions.html>, 08.12.2022.

ArangoDB Inc. (Hrsg.), 2022e, Schema Validation for Documents | ArangoDB Documentation, <https://www.arangodb.com/docs/3.10/data-modeling-documents-schema-validation.html>, 08.12.2022.

Broadcom Inc. (Hrsg.), 2019, CA Agile Requirements Designer product brief, <https://docs.broadcom.com/doc/ca-agile-requirements-designer>, 15.12.2022.

- Callidus Software Inc. (Hrsg.), 2020a, Export to & Import from JSON · OrientDB Manual, <https://orientdb.org/docs/3.1.x/admin/Export-to-and-Import-from-JSON.html>, 09.01.2023.
- Callidus Software Inc. (Hrsg.), 2020b, Graph Editor · OrientDB Manual, <http://orientdb.com/docs/3.1.x/studio/working-with-data/graph-editor/>, 09.01.2023.
- Callidus Software Inc. (Hrsg.), 2020c, Rest API · OrientDB Manual, <https://orientdb.org/docs/3.1.x/misc/OrientDB-REST.html>, 09.01.2023.
- Callidus Software Inc. (Hrsg.), 2020d, Working with Graphs · OrientDB Manual, <https://orientdb.com/docs/last/gettingstarted/Tutorial-Working-with-graphs.html>, 09.01.2023.
- Callidus Software Inc. (Hrsg.), 2020e, Schema · OrientDB Manual, <https://orientdb.org/docs/3.0.x/general/Schema.html>, 09.01.2023.
- Dgraph Labs Inc. (Hrsg.), 2022a, Links in the Graph - GraphQL, <https://dgraph.io/docs/graphql/schema/graph-links/>, 09.12.2022.
- Dgraph Labs Inc. (Hrsg.), 2022b, Loading CSV Data - Migration, <https://dgraph.io/docs/migration/loading-csv-data/>, 09.12.2022.
- Dgraph Labs Inc. (Hrsg.), 2022c, Overview - GraphQL, <https://dgraph.io/docs/graphql/api/api-overview/>, 09.12.2022.
- Dgraph Labs Inc. (Hrsg.), 2022d, Ratel Overview - Ratel, <https://dgraph.io/docs/ratel/overview/>, 09.12.2022.
- Dgraph Labs Inc. (Hrsg.), 2022e, Schema - Query language, <https://dgraph.io/docs/query-language/schema/>, 09.12.2022.
- Goda Software Inc. (Hrsg.), 2022, Doc Sheets Features, <https://www.doc-sheets.com/doc-sheets-features/>, 15.12.2022.
- Hackstein, M., 2013, Visualize your graphs, Hrsg. v. ArangoDB Inc., <https://www.arangodb.com/2013/12/visualize-graphs/>, 08.01.2023.
- IBM Inc. (Hrsg.), 2021, Standardlinks, externe Links und Collaboration-Links, <https://www.ibm.com/docs/de/ermd/9.6.0?topic=requirements-standard-links-external-links-collaboration-links>, 15.12.2022.
- IBM Inc. (Hrsg.), 2022a, Overview of DOORS, <https://www.ibm.com/docs/en/ermd/9.7.0?topic=overview-doors>, 15.12.2022.
- IBM Inc. (Hrsg.), 2022b, JanusGraph Concepts, <https://cloud.ibm.com/docs/ComposeForJanusGraph?topic=ComposeForJanusGraph-janusgraph-concepts>, 09.12.2022.

Intland Software - Parametric Technology GmbH (Hrsg.), 2022, Codebeamer - Database Specific Configurations, <https://codebeamer.com/cb/wiki/2060016>, 15.12.2022.

Jain, M. R., 2017, Using weighted edges between two entities with Dgraph? · Issue #495 · dgraph-io/dgraph, Hrsg. v. GitHub Inc., <https://github.com/dgraph-io/dgraph/issues/495>, 09.01.2023.

Jama Software (Hrsg.), 2022a, Jama Connect - Preparing your database server, <https://help.jamasoftware.com/ah/en/installing-jama-connect/installation-pre-requisites/things-to-do-before-installation/databaser-server-preparation.html.html>, 20.05.2023.

Jama Software (Hrsg.), 2022b, Jama Connect Datasheet, <https://resources.jamasoftware.com/datasheet/jama-connect>, 15.12.2022.

JanusGraph Community (Hrsg.), 2022a, JanusGraph, <https://janusgraph.org/>, 09.12.2022.

JanusGraph Community (Hrsg.), 2022b, Advanced Schema - JanusGraph, <https://docs.janusgraph.org/schema/advschema/>, 09.12.2022.

JanusGraph Community (Hrsg.), 2022c, Bulk Loading - JanusGraph, <https://docs.janusgraph.org/operations/bulk-loading/#batch-loading>, 09.12.2022.

JanusGraph Community (Hrsg.), 2022d, Management System - JanusGraph, <https://docs.janusgraph.org/operations/management/>, 09.12.2022.

JanusGraph Community (Hrsg.), 2022e, Schema and Data Modeling - JanusGraph, <https://docs.janusgraph.org/schema/>, 09.12.2022.

KPMG LLP (Hrsg.), 2017, The compliance journey, <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pa/pdf/compliance-journey-survey-2017.pdf>, 15.12.2022.

Mercury Interactive Corporation (Hrsg.), 2006, Quality Center 9.0 Installation Guide, https://support.microfocus.com/kb/kmdoc.php?id=KM247456&fileName=hp_man_TD4QC-v9.0-qcig90_03_pdf.pdf, 15.12.2022.

Micro Focus (Hrsg.), 2021, ALM/Quality Center Data Sheet, https://www.microfocus.com/media/data-sheet/micro_focus_alm_quality_center_ds.pdf, 15.12.2022.

Microsoft Inc. (Hrsg.), 2022a, Choose an API in Azure Cosmos DB, <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/cosmos-db/choose-api#gremlin-api>, 08.12.2022.

Microsoft Inc. (Hrsg.), 2022b, Erfassen von Daten per Massenvorgang in Azure Cosmos DB for Gremlin unter Verwendung einer Bulk Executor-Bibliothek, <https://learn.microsoft.com/de-de/azure/cosmos-db/gremlin/bulk-executor-dot-net>, 08.12.2022.

Microsoft Inc. (Hrsg.), 2022c, Modellieren von Graphdaten für Azure Cosmos DB for Gremlin, <https://learn.microsoft.com/de-de/azure/cosmos-db/gremlin/modeling>, 08.12.2022.

Microsoft Inc. (Hrsg.), 2022d, Use Azure Cosmos DB Explorer to manage your data, <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/cosmos-db/data-explorer>, 08.12.2022.

Neo4j Inc. (Hrsg.), 2019, Graphs and their Representation, <https://neo4j.com/news/graphs-and-their-representation/>, 08.01.2023.

Neo4j Inc. (Hrsg.), 2022a, Neo4j Graph Database - Product Brief, <https://go.neo4j.com/rs/710-RRC-335/images/Neo4j-product-brief-database-US-EN.pdf>, 08.01.2023.

Neo4j Inc. (Hrsg.), 2022b, Browser styling - Neo4j Browser, <https://neo4j.com/docs/browser-manual/current/operations/browser-styling/>, 08.01.2023.

Neo4j Inc. (Hrsg.), 2022c, Data Import - Developer Guides, <https://neo4j.com/developer/data-import/>, 08.12.2022.

Neo4j Inc. (Hrsg.), 2022d, Defining a schema - Getting Started, <https://neo4j.com/docs/getting-started/current/cypher-intro/schema/>, 08.12.2022.

Ontotext USA Inc. (Hrsg.), 2022, GraphDB Documentation, <https://graphdb.ontotext.com/documentation/10.0/pdf/GraphDB.pdf>, 09.12.2022.

OpenLink Software Inc. (Hrsg.), 2022a, OpenLink Software: Virtuoso Homepage, <https://virtuoso.openlinksw.com/>, 09.12.2022.

OpenLink Software Inc. (Hrsg.), 2022b, Virtuoso Open-Source Edition Documentation, <https://vos.openlinksw.com/owiki/wiki/VOS>, 09.12.2022.

Perforce Software Inc. (Hrsg.), 2022a, Choosing a Helix ALM database format, <https://help.perforce.com/helix-alm/helixalm/2020.1.0/install/Content/InstallationGuide/ChoosingDatabaseFormat.htm>, 15.12.2022.

Perforce Software Inc. (Hrsg.), 2022b, Helix Requirements Management, <https://www.perforce.com/products/helix-alm>, 15.12.2022.

PractiTest Inc. (Hrsg.), 2020, Test Management Tool Security and Compliance, <https://www.practitest.com/assets/pdf/Security&Confidence.pdf>, 15.12.2022.

PractiTest Inc. (Hrsg.), 2022, Centralized Test Management Platform _ PractiTest, <https://www.practitest.com/product/>, 15.12.2022.

solidIT consulting & software development gmbh (Hrsg.), 2022a, ArangoDB vs. Microsoft Azure Cosmos DB vs. Neo4j vs. TinkerGraph vs. Virtuoso Comparison, <https://db-engines.com/en/system/ArangoDB%3BMicrosoft+Azure+Cosmos+DB%3BNeo4j%3BTinkerGraph%3BVirtuoso>, 08.12.2022.

solidIT consulting & software development gmbh (Hrsg.), 2022b, DB-Engines Ranking of Graph DBMS 12.2022, <https://db-engines.com/en/ranking/graph+dbms>, 03.12.2022.

TigerGraph, Inc. (Hrsg.), 2022a, Graph Data Visualization UI: GraphStudio | TigerGraph, <https://www.tigergraph.com/graphstudio/>, 09.01.2023.

TigerGraph, Inc. (Hrsg.), 2022b, Data Types - GSQL Language Reference, https://docs.tigergraph.com/gsql-ref/current/querying/data-types#_vertex, 09.12.2022.

TigerGraph, Inc. (Hrsg.), 2022c, Database Import/Export - TigerGraph Server, <https://docs.tigergraph.com/tigergraph-server/current/import-export/database-import-export>, 09.12.2022.

TigerGraph, Inc. (Hrsg.), 2022d, Single-source Shortest Path (Weighted) - TigerGraph Graph Data Science Library, <https://docs.tigergraph.com/graph-ml/current/pathfinding-algorithms/single-source-shortest-path-weighted>, 09.12.2022.

TigerGraph, Inc. (Hrsg.), 2022e, TigerGraph REST API - TigerGraph Server, <https://docs.tigergraph.com/tigergraph-server/current/api/>, 09.12.2022.

van Opstal, R., 2022, Effective validation with Modern Requirements4DevOps within Azure DevOps, Hrsg. v. van Opstal Consulting, https://storage.pardot.com/933183/1635363637zZrnsGZT/Effective_validation_with_MR4DevOps_Final.pdf, 15.12.2022.

Visure Solutions Inc. (Hrsg.), 2022a, System Requirements - Visure Solutions, <https://visuresolutions.com/visure-requirements-system-requirements/>, 15.12.2022.

Visure Solutions Inc. (Hrsg.), 2022b, Visure Requirements ALM Platform: How it Works, <https://visuresolutions.com/tool-suite/requirements-alm-platform>, 15.12.2022.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich der Urheber im Sinne des Urheberrechtsgesetzes zu sein. Ich versichere die vorliegende Hausarbeit selbstständig verfasst und noch nicht als Studienleistung an anderer Stelle eingereicht sowie keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt zu haben. Die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, wurden in jedem Fall unter Angabe der Quellen (einschließlich des World Wide Web und anderer elektronischer Text- und Datensammlungen) kenntlich gemacht. Dies gilt auch für beigegebene Zeichnungen, bildliche Darstellungen, Skizzen und dergleichen. Mir ist bewusst, dass jedes Zuwiderhandeln als Täuschungsversuch zu gelten hat, der die Anerkennung der Hausarbeit als Leistung ausschließt und die Anrechnung eines Fehlversuches für die zu Grunde liegende Veranstaltung nach sich zieht.

Hinweis aus dem Hochschulfreiheitsgesetz (2006), §63, 5a:

"Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung [...] verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000 Euro geahndet werden."