

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER  
FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIK

# Akquirierung und Analyse von Forschungspraktiken mittels semantischer Strukturen

Acquisition and Analysis of Research Practices Using Semantic Structures

*Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades*

**Bachelor of Science in Informatik**

von

**Felix Wernlein**

Matrikelnummer: 10031762

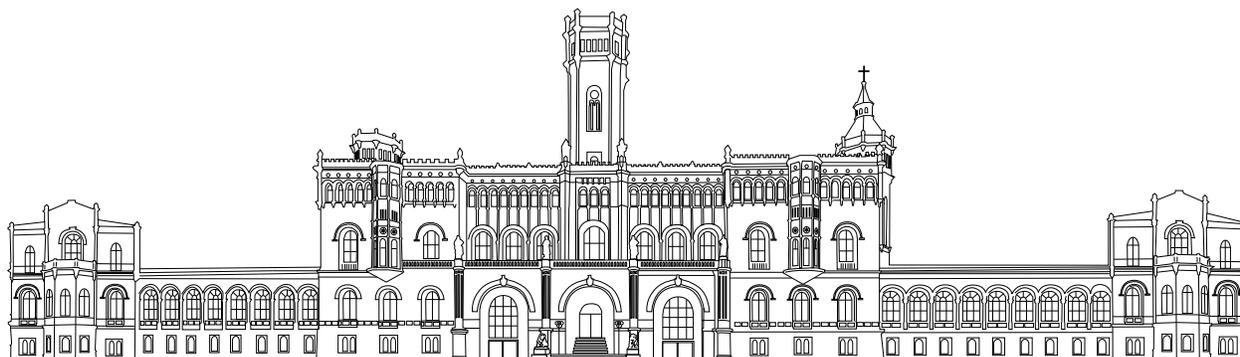
E-mail: felix.wernlein@stud.uni-hannover.de

Erstprüfer: Prof. Dr. Sören Auer

Zweitprüfer: Dr. rer. nat. Oliver Karras

Betreuer: Dr. rer. nat. Oliver Karras

05.09.2022





# Erklärung der Selbstständigkeit

Ich, Felix Wernlein, erkläre, dass die vorliegende Thesis mit dem Titel “Akquirierung und Analyse von Forschungspraktiken mittels semantischer Strukturen” und die darin enthaltenen Arbeiten meine eigenen sind. Ich bestätige, dass:

- Diese Arbeit im Rahmen einer Bewerbung für einen Forschungsabschluss an dieser Universität durchgeführt wurde.
- Wenn ein Teil dieser Arbeit bereits für einen Abschluss oder eine andere Qualifikation an dieser Universität oder einer anderen Einrichtung eingereicht wurde, ist dies deutlich angegeben.
- An Stellen, bei denen ich andere veröffentlichte Arbeiten konsultiert habe, ist dies immer deutlich angegeben.
- Wenn ich aus der Arbeit anderer zitiert habe, ist die Quelle immer angegeben. Mit Ausnahme solcher Zitate ist die vorliegende Arbeit vollständig meine eigene Arbeit.
- Ich habe alle wichtigen Hilfsquellen anerkannt.

Felix Wernlein

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Datum: 05.09.2022



# Zusammenfassung

## Akquirierung und Analyse von Forschungspraktiken mittels semantischer Strukturen

Die stetige Weiterentwicklung in der Forschung macht es für junge als auch etablierte Forscher immer schwieriger, einen Überblick über alle gängigen Forschungspraktiken und -methoden in ihrem jeweiligen Fachgebiet zu behalten. Ein grundlegendes Problem bei bisherigen Untersuchungen von Forschungspraktiken ist, dass die Datenbasis nicht langfristig und nachhaltig aufbereitet und nicht weiter zur Verfügung gestellt wird. Dies macht es für andere Forscher schwierig, eine bestehende Untersuchung aufzunehmen und zu erweitern. Eine Möglichkeit diesem Problem entgegenzuwirken, bietet der Open Research Knowledge Graph (ORKG). So können gesammelte Daten langfristig anderen Forschern zur Verfügung gestellt werden.

In dieser Arbeit wurde eine generische, semantische Struktur entwickelt, mit der wissenschaftliche Publikationen aus unterschiedlichen Domänen inhaltlich auf einheitliche Weise beschrieben werden sollen. Das Forschungsziel dieser Arbeit ist die Analyse von Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des Requirements Engineering (RE), um diese zu akquirieren, zu kuratieren, zu veröffentlichen und zu verarbeiten. Diese Daten sollen so nachhaltig und wiederverwendbar gesammelt werden, um diese Daten FAIR zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen wurde die semantische Struktur als Template im ORKG eingefügt, um das Wissen über Forschungspraktiken und -methoden aus den untersuchten Publikationen langfristig und nachhaltig zu sammeln.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 199 Publikationen aus dem Bereich des RE mit der Struktur untersucht und inhaltlich beschrieben. Durch die Verwendung der Struktur in Verbindung mit dem ORKG wurden die Akquirierung und Kuratierung von verwendeten Forschungsmethoden erreicht. Diese Daten stehen so nachhaltig und wiederverwendbar für andere Forscher zu Verfügung. Anhand von aufgestellten Kompetenzfragen wurden diese Daten weiterverarbeitet und analysiert. Die Analysen und Ergebnisse der Fragen zeigen, dass in der Forschung im RE eine Vielzahl von unterschiedlichen Methoden für die Datensammlung und Analyse verwendet werden. Insgesamt konnten durch die mit der semantischen Struktur gesammelten Daten aussagekräftige Resultate über die Vorgehensweise in der Forschung im RE erzielt werden. Weiterhin eignet sich der ORKG sehr gut dafür, Daten nachhaltig und wiederverwendbar zu sammeln. Dies kann dauerhaft dabei helfen, dem Problem der geringen Datenverfügbarkeit entgegenzuwirken.



# Abstract

## Acquisition and Analysis of Research Practices Using Semantic Structures

The constant development of research makes it increasingly difficult for both young and established researchers to maintain an overview of all current research practices and methods in their respective fields. A fundamental problem with previous studies of research practices is that the database is not prepared in a long-term and sustainable manner, and is not made further available. This makes it difficult for other researchers to take an existing study and expand upon it. One way to counteract this problem is the Open Research Knowledge Graph (ORKG). In this way, collected data can be made available to other researchers in the long term.

In this work, a generic, semantic structure has been developed to describe scientific publications from different domains in a consistent way in terms of content. The research goal of this thesis is to analyze research practices and methods in the field of Requirements Engineering (RE) in order to acquire, curate, publish, and process them. This data should be collected in such a sustainable and reusable way to make this data FAIR. To achieve this goal, the semantic structure was added as a template in ORKG to collect the knowledge about research practices and methods from the studied publications in a long-term and sustainable manner.

Within the scope of this work, 199 publications from the field of RE were examined with the structure and their contents described. By using the structure in conjunction with the ORKG, the acquisition and curation of research methods used was achieved. This data is thus available to other researchers in a sustainable and reusable manner. Based on established competency questions, these data were further processed and analyzed. The analyses and results of the questions show that a variety of different methods are used in RE research for data collection and analysis. Overall, the data collected using the semantic structure provided meaningful results about the approach used in research in RE. Furthermore, the ORKG is very suitable for collecting data in a sustainable and reusable way. This can help to counteract the problem of low data availability in the long term.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Ziel der Arbeit . . . . .	2
1.3	Struktur der Arbeit . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Semantische Strukturen . . . . .	5
2.2	Wissensgraphen . . . . .	6
2.2.1	Forschungswissensgraphen . . . . .	6
2.2.2	ORKG . . . . .	6
2.3	Requirements Engineering . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Verwandte Arbeiten</b>	<b>11</b>
3.1	Aktuelle Forschungspraktiken und -methoden . . . . .	11
3.2	Anwendungsfälle im ORKG . . . . .	14
3.3	Abgrenzung zu anderen Arbeiten . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Konzept</b>	<b>17</b>
4.1	Konzeption des Templates . . . . .	17
4.1.1	Iteration 1 . . . . .	17
4.1.2	Iteration 2 . . . . .	19
4.1.3	Iteration 3 . . . . .	20
4.1.4	Iteration 4 . . . . .	23
4.2	Finales Template . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Datenanalyse</b>	<b>29</b>
5.1	Methodisches Vorgehen . . . . .	29
5.2	Kompetenzfragen . . . . .	31
5.3	Ergebnisse der Analyse . . . . .	35

5.3.1	Empirische Forschungsmethoden im RE . . . . .	36
5.3.2	Anteil von Umfragen, Fallstudien und Aktionsforschung . . . .	37
5.3.3	Datenverfügbarkeit . . . . .	38
5.3.4	Datensammlung- und Analysemethoden . . . . .	39
5.4	Threats to Validity . . . . .	40
5.4.1	Conclusion Validity . . . . .	40
5.4.2	Internal Validity . . . . .	41
5.4.3	Construct Validity . . . . .	42
5.4.4	External Validity . . . . .	43
5.5	Schlussfolgerung . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>47</b>
6.1	Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	47
6.2	Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit . . . . .	48
6.3	Best Practices . . . . .	49
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>51</b>
7.1	Fazit . . . . .	51
7.2	Ausblick . . . . .	52
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>55</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Comparison von Forschungspraktiken und -methoden . . . . .	7
4.1	Erster Ansatz der semantischen Struktur . . . . .	18
4.2	Erweiterung des Knotens <i>research question</i> . . . . .	19
4.3	Erweiterung der Datenanalyse . . . . .	22
4.4	Kommentare für eine detaillierte Beschreibung . . . . .	24
4.5	Teil der Struktur der <i>data collection method</i> . . . . .	26
4.6	Teil der Struktur von <i>machine learning</i> . . . . .	27
4.7	Struktur der Knoten <i>research question answer</i> , <i>research question</i> und <i>research paradigm</i> . . . . .	28
5.1	Ausschnitt eines Templates der semantischen Struktur . . . . .	31
5.2	Verwendete empirische Forschungsmethoden . . . . .	36
5.3	Auszug SPARQL Abfrage . . . . .	37
5.4	Anteil der Forschungsmethoden Fallstudien, Umfragen und Aktionsforschung	38
5.5	Anteil der Daten, die von Forschern veröffentlicht werden . . . . .	39
5.6	Datenanalysemethoden in Kombination mit Experimenten . . . . .	40
6.1	Wiederverwendbarkeit der Daten . . . . .	49



# Tabellenverzeichnis

3.1	Übersicht der Arbeiten, die Forschungspraktiken und -methoden untersucht haben . . . . .	14
3.2	Übersicht der Arbeiten, die den ORKG verwendet haben . . . . .	16
5.1	Umfang von empirischen Studien . . . . .	32
5.2	Qualität von empirischen Studien . . . . .	33
5.3	Relevanz von empirischen Studien . . . . .	34
5.4	Synthese von Beweisen . . . . .	34
5.5	Nutzung von Theorien . . . . .	35



# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Motivation

Durch die vielen verschiedenen Forschungspraktiken und -methoden, die für die Erhebung und Analyse von Daten verwendet werden, wird es für Forscher immer schwieriger, einen genauen Überblick über alle gängigen Praktiken zu behalten [21]. In bisherigen Untersuchungen von Forschungspraktiken liegt der grundlegende Fokus auf der Publikation der gewonnenen Informationen als eigene Publikation. Die Datenbasis der verwendeten Methoden ist dabei häufig nur zweitrangig und wird meist nur in Datentabellen aufgenommen. Diese Informationen werden dann im Nachhinein nicht weiter nachhaltig aufbereitet und zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt, sodass diese im Laufe der Jahre untergehen [28]. Damit wird es für andere Forscher zu einem Problem, sich einen aktuellen Stand über die verwendeten Forschungspraktiken und -methoden zu verschaffen. Ein zusätzliches Problem ist es, das Forscher dadurch schwerer vorhandene Untersuchungen aufnehmen und erweitern können. Denn durch die fehlenden Daten muss der gesamte Datensammlungs- und Analyseprozess wiederholt werden.

Der Inhalt von wissenschaftlichen Arbeiten kann mit Hilfe von semantischen Strukturen beschrieben werden [26],[12]. Eine solche inhaltliche Beschreibung kann dabei helfen, Informationen wie z.B. die verwendeten Methoden zur Datenerhebung oder -analyse, zu beschreiben. Um diese gesammelten Daten langfristig und nachhaltig zur Verfügung zu stellen, müssen diese gespeichert werden. Der Open Research Knowledge Graph (ORKG)<sup>1</sup> der TIB der Uni Hannover bietet hierfür eine gute Möglichkeit. Der ORKG ist eine Plattform, die wissenschaftliches Wissen strukturiert, vernetzt

---

<sup>1</sup><https://orkg.org/>

und sich dabei auf die Beiträge von Forschern stützt, um dieses Wissen zu akquirieren, zu kuratieren, zu veröffentlichen und zu verarbeiten. Im ORKG können gewonnene Ergebnisse also nachhaltig gesammelt und aufbereitet werden. Dies kann Forschenden dabei helfen, einen aktuellen Stand von verwendeten Forschungspraktiken und -methoden zu erhalten und dieses Wissen anderen Forschern zur Verfügung zu stellen.

## 1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer generischen, semantischen Struktur, mit der aktuelle Forschungspraktiken- und -methoden aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Domänen erfasst werden können. Damit soll zum einen ein aktueller Stand von verwendeten Forschungsmethoden erstellt, und zum anderen dem Problem der mangelnden Datenverfügbarkeit entgegengewirkt werden. Diese Struktur wird dabei zunächst im Bereich des Requirements Engineering (RE) erprobt. Der Bereich des RE ist für die Informatik ein bekannter Bereich und bietet durch die jährlich stattfindende IEEE International Conference on Requirements Engineering<sup>2</sup> ein Vielzahl von Publikationen, an denen diese semantische Struktur erprobt werden kann.

### Forschungsziel 1.1

**Analyse** von Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des Requirements Engineering

**für den Zweck** verwendete Forschungsmethoden aus Publikationen des Requirements Engineering zu akquirieren, zu kuratieren, zu veröffentlichen und zu verarbeiten

**in Bezug auf** Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit der ermittelten Daten durch eine semantische Struktur, um diese Daten FAIR zu machen

**aus der Sichtweise** des Forschers

**im Kontext** von Forschungspraktiken und -methoden im Requirements Engineering

Die in dieser Arbeit entwickelte semantische Struktur soll dafür verwendet werden, Publikationen aus dem Bereich des RE inhaltlich zu untersuchen. Dies soll langfristig dabei helfen, aktuelle Forschungspraktiken und -methoden nachhaltig im ORKG zu

---

<sup>2</sup><https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1000630/all-proceedings>

akquirieren, zu kuratieren, zu verarbeiten und zu veröffentlichen. So soll ein aktueller Stand für Forschungspraktiken und -methoden als Übersicht für Forscher entstehen.

## **1.3 Struktur der Arbeit**

Diese Arbeit ist in sieben Kapitel aufgeteilt. Zu Beginn werden in den Grundlagen verwendete Definitionen und Konzepte erläutert. Darauf folgend werden verwandte Arbeiten vorgestellt und von dieser Arbeit abgegrenzt. Danach erfolgt die Darstellung des Entwicklungsprozesses der generischen, semantischen Struktur. Dort werden die einzelnen Iterationen vorgestellt, die in der Entwicklung durchlaufen wurden. Nach diesem Kapitel erfolgt die Analyse der gesammelten Daten anhand von aufgestellten Kompetenzfragen. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse dargestellt, analysiert und interpretiert. Zum Schluss wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten gegeben.



# Kapitel 2

## Grundlagen

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für das weitere Verständnis dieser Arbeit geschaffen. In dieser Arbeit wird eine generische, semantische Struktur erstellt, weshalb zunächst eine Erklärung dieses Begriffs erfolgt. Aufbauend auf semantischen Strukturen, werden die Begriffe Wissensgraphen und Forschungswissensgraphen erklärt. Anschließend erfolgt eine Beschreibung des ORKG mit einigen seiner Funktionen. Da die semantische Struktur im Bereich des RE erprobt wird, wird im letzten Abschnitt der Bereich des RE sowie die grundlegende Forschung dargestellt.

### 2.1 Semantische Strukturen

Eine semantische Struktur kann verwendet werden, um beispielsweise Wissen von Dokumenten aus unterschiedlichen Fachgebieten zu repräsentieren [20]. Dabei wird ein Dokument, z.B. eine wissenschaftliche Arbeit oder ein Video, durch semantische Begriffe beschrieben. Diese Begriffe werden wiederum in Beziehung zueinander gestellt, um dieses Wissen sichtbar zu machen. Eine solche semantische Repräsentation von Wissen kann mit Hilfe von Ontologien geschehen [9]. Ontologien sind Datenmodelle, die dabei helfen, Objekte aus unterschiedlichen Domänen mit ihren Eigenschaften zu beschreiben. Dabei beinhalten Ontologien keine spezifischen Informationen, sondern fokussieren sich auf die generelle Struktur eines Objekts, um so nicht nur ein bestimmtes Objekt aus einer Domäne zu beschreiben, sondern dies auch auf andere Objekte aus diesem Bereich anwenden zu können. Eine solche Ontologie bildet die Basis für einen Wissensgraphen, in dem durch die Ontologie entsprechende Daten in einem Graphen gesammelt werden, um daraus neues Wissen zu gewinnen [10].

## 2.2 Wissensgraphen

Ein Wissensgraph ist eine Datenbank für Wissen, in der Informationen strukturiert so aufgearbeitet werden, dass daraus Wissen entsteht. Hogan et al. [14] definieren einen Wissensgraphen auf folgende Weise:

**Definition 2.1** (*Definition nach Hogan et al. [14] S. 3*)

*A graph of data intended to accumulate and convey knowledge of the real world, whose nodes represent entities of interest and whose edges represent potentially different relations between these entities.*

In einem Wissensgraph werden über Kanten die Knoten, sogenannte Entitäten, in Beziehungen zueinander gestellt. Dabei werden Entitäten mit einem Namen und Attributen oder Eigenschaften versehen und in einen thematischen Kontext gebracht. Die Kanten in einem Wissensgraph beschreiben hierbei die Beziehung zwischen Entitäten.

### 2.2.1 Forschungswissensgraphen

Forschungswissensgraphen stellen wissenschaftliches Wissen semantisch auf verständliche Art und Weise dar, indem wissenschaftliche Daten, z.B. aus Publikationen, mit Entitäten verknüpft werden. Hierbei gibt es zwei Arten von Forschungswissensgraphen, zum einen generische und zum anderen spezifische [27]. Generische Forschungswissensgraphen betrachten bibliographische Metadaten, um wissenschaftliche Objekte und ihre Beziehungen zu organisieren. Spezifische Forschungswissensgraphen verwenden hauptsächlich inhaltliche Daten in Verbindung mit Metadaten, um wissenschaftliches Wissen aus einem bestimmten Fachgebiet zu beschreiben und zu verknüpfen. Diese Art Forschungswissensgraph spezifiziert sich entweder auf ein bestimmtes Thema, auf bestimmte Forschungsfelder oder Domänen.

### 2.2.2 ORKG

Der ORKG ist ein spezieller Forschungswissensgraph, in dem Wissen aus unterschiedlichen Forschungsbereichen gesammelt, kuratiert, verarbeitet und zur Verfügung gestellt werden kann. Diese Eigenschaft macht den ORKG zu einem spezifischen domänen- und themenübergreifenden Forschungsgraphen. Der ORKG ist eine Crowdsourcing-Plattform. Diese ermöglicht es Forschern, Wissen aus unterschiedlichen Forschungsgebieten zu sammeln, zu kuratieren, zu bearbeiten und zu veröffentlichen [15].

## 2.2. Wissensgraphen

Die Plattform hilft Forschern, relevante Beiträge aus ihrem Forschungsbereich zu finden und weiter zu verwenden. Dafür bietet der ORKG eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie z.B. Contributions, Templates, Comparisons, Reviews oder Graph Visualizations, um dieses Wissen zu sammeln und zu repräsentieren [3]. Relevant für diese Arbeit sind die Funktionen Templates, Contributions und Comparisons. Templates bieten die Möglichkeit, Informationen aus wissenschaftlichen Arbeiten auf eine strukturierte Art mittels semantischer Strukturen zu beschreiben, um die wichtigsten Informationen daraus darzustellen. Ein solches Template kann dann verwendet werden, um wissenschaftliche Beiträge inhaltlich auf eine einheitliche Weise zu beschreiben, um diese dann als Contribution im ORKG einzufügen. Contributions können dann wiederum in Comparisons verwendet werden. In Comparisons ist es möglich, den aktuellen Stand zu einer bestimmten Forschungsfrage zu bestimmen. Dies erfolgt, indem zuvor hinzugefügte Contributions aus einem bestimmten Forschungsgebiet darin verglichen werden. So kann der Inhalt von mehreren wissenschaftlichen Artikeln zu einem bestimmten Forschungsbereich in nur einer Übersicht dargestellt werden. Abbildung 2.1 zeigt beispielhaft eine Comparison von Forschungspraktiken und -methoden.

Properties	The Role of Linguistic Relativity on the Identification of Sustainability Requirements: An Empirical Study 2021 - Research Practices	The practical role of context modeling in the elicitation of context-aware functionalities: a survey 2021 - Research Practices	Perspectives on Regulatory Compliance in Software Engineering 2021 - Research Practices	On the Role of User Feedback in Software Evolution: a Practitioners' Perspective 2021 - Research Practices
data analysis	analysis	analysis	analysis	analysis
data analysis/analysis				
↳ coding*	deductive coding thematic analysis	content analysis	grounded theory	thematic analysis
↳ comparative analysis*				
↳ descriptive statistics*	descriptive	descriptive		descriptive
descriptive statistics/descriptive				
↳ measures of central tendency*	tendency measures			tendency measures
measures of central tendency/tendency measures				
↳ maximum*	✓			✗
↳ mean*	✓			✓
↳ median*	✓			✓

Abbildung 2.1: Comparison von Forschungspraktiken und -methoden

## 2.3 Requirements Engineering

Die in dieser Arbeit entwickelte semantische Struktur wird auf wissenschaftliche Publikationen im RE angewendet, um diesen Bereich auf verwendete Forschungspraktiken und -methoden zu untersuchen. Der Bereich des RE befasst sich mit dem Spezifizieren und Verwalten von Anforderungen an ein System, ein Produkt oder eine Software. In dieser Arbeit wird die Definition des International Requirements Engineering Boards (IREB)[19] verwendet:

### Definition 2.2 (*Requirements Engineering nach IREB*)

*Das Requirements Engineering ist ein systematischer und disziplinierter Ansatz zur Spezifikation und zum Management von Anforderungen mit dem Ziel, die Wünsche der Stakeholder zu verstehen und die Gefahr zu minimieren, ein System auszuliefern, das diese Wünsche und Bedürfnisse nicht erfüllt.*

Aus der Definition ergeben sich zwei Bereiche des RE, Requirements Analysis und Requirements Management [4]. Requirements Analysis widmet sich der Spezifikation und Analyse von Anforderungen und umfasst die Teilbereiche *elicitation*, für die Identifikation von Stakeholdern und Rohanforderungen eines Projekts, *documentation*, zum Festhalten von Anforderungen oder Zwischenständen, *interpretation*, zur Strukturierung und Präzisierung von Anforderungen, *validation/verification*, für die inhaltliche und formale Prüfung, und *negotiation*, um Abhängigkeiten und Widersprüche zwischen Anforderungen zu erfassen und aufzulösen [24]. Der Bereich des Requirements Managements befasst sich mit der Verwaltung von Anforderungen und umfasst *tracing*, zum Zurückverfolgen von Annahmen und Quellen der Anforderungen (pre-tracing) und zum Nachverfolgen der Auswirkungen von Anforderungen im System (post-tracing), sowie *change management*, um Änderungswünsche und ihre Gründe zu dokumentieren und Änderungen zu propagieren [24].

Forschungen im Bereich des RE untersuchen mittels festgelegter Forschungsfragen die Teilbereiche des RE, um neue Erkenntnisse zu gewinnen oder auch neue Ansätze zu entwickeln, anzuwenden und zu testen. In den vergangenen Jahren wurden in der Forschung im Bereich des RE dabei vermehrt empirische Methoden verwendet [1],[31]. Hierbei werden Forschungsmethoden wie Experimente, Fallstudien, Umfragen oder auch Literaturrecherchen verwendet, um Daten für die Forschung zu sammeln [1],[31]. Anhand des Forschungsziels werden die gesammelten Daten dann mit qualitativen oder quantitativen Methoden, oder auch mit beiden, analysiert. Für eine Analyse verwenden Forscher verschiedene Methoden. Zum Einsatz kommen statistische

Tests, Programmierung, Algorithmen aus dem Bereich des Machine Learnings, content Analysen, thematischen Analysen oder aber auch deskriptive Methoden, um gesammelte Daten quantitativ zu analysieren und zu beschreiben.



# Kapitel 3

## Verwandte Arbeiten

### 3.1 Aktuelle Forschungspraktiken und -methoden

Die in dieser Arbeit entwickelte semantische Struktur wird verwendet, um aus verschiedenen Forschungsbereichen verwendete Forschungspraktiken und -methoden zu sammeln und als Ergebnis eine Übersicht zu erhalten. Auch andere Forscher haben sich bereits mit diesem Thema beschäftigt und verschiedene Ansätze gewählt, um unterschiedliche Forschungsbereiche auf verwendete Forschungspraktiken und -methoden zu untersuchen.

Escudero-Mancebo et al. [11] benutzten eine systematische Literaturrecherche, um zu zeigen, welche Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des *Engineering Designs* verwendet werden. Dafür analysierten sie 52 Publikationen aus vier verschiedenen Journalen aus dem Bereich des Engineerings im Zeitrahmen 2018 und 2019, mit Schwerpunkt von Publikationen aus dem Jahr 2019. Dabei wurde tabellarisch aufgearbeitet, welche Forschungspraktiken und -methoden in den untersuchten Publikationen angewendet wurden. Dabei sind sie auf die Punkte Ziel/Ergebnis, Ansatz, Forschungsmethode, Datensammlungsmethode, Instrument sowie menschlicher Input eingegangen. Escudero-Mancebo et al. [11] fanden heraus, dass es eine große unterschiedliche Auswahl bei der Verwendung von Forschungsmethoden gibt, wobei qualitative Methoden mehr präferiert werden. Die Datenbasis, die zu den Ergebnissen dieser Arbeit geführt hat, wurden nicht veröffentlicht.

Bozkurt et al. [5] verwendeten ebenfalls eine systematische Literaturrecherche, um zu zeigen, welche Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des *STEM Research* (Science, Technology, Engineering, Mathematic) verwendet wurden. Sie analysierten

258 Publikationen aus den Jahren 2014 bis 2016 und zeigten dabei quantitativ, welche Methode und welches Model/Design in den unterschiedlichen Publikationen zur Forschung verwendet wurde. Bozkurt et al. [5] stellten ein gesteigertes Interesse an der Forschung im Bereich des STEM Research seit 2014 fest. Außerdem fanden sie heraus, dass Forscher quantitative, konzeptionell/deskriptive, qualitative, gemischte und praxisbezogene Forschungsmethoden verwendeten. Auch bei dieser Arbeit wurde die Datenbasis nicht veröffentlicht.

Mit einer systematischen Mappingstudie untersuchten Heidari et al. [13] den Bereich des *Tourismus Business Network* und die darin verwendeten Forschungspraktiken und -methoden. Dabei analysierten sie 74 verschiedene Publikationen aus den Jahren 1997 bis 2016, zeigten quantitativ Forschungspraktiken und -methoden in diesem Bereich auf und stellten dar, wie sich die verwendeten Methoden über die Zeit geändert haben. In ihrer Arbeit fokussierten sie sich darauf, welchen Forschungsfokus, Forschungstypen und welche Forschungsmethoden diese Publikationen verwendeten. Bezogen auf den Forschungsfokus fanden sie heraus, dass *Business Networks* mit 27 Publikationen der dominante Fokus ist. Der am meisten verwendete Forschungstyp ist *Solution Proposal*. Als Forschungsmethode verwendeten die Forscher Interviews und Fallstudien am häufigsten. Auch Heidari et al. [13] stellten ihre Datenbasis, die zur ihren Ergebnissen geführt haben, nicht weiter zur Verfügung.

Kuckertz et al. [18] dagegen nutzten in ihrer Arbeit eine Online-Umfrage, um aktuelle Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des *Entrepreneurships* zu untersuchen. Dabei befragten sie 225 erfahrene Forscher aus diesem Bereich, um herauszufinden, welche Bereiche die Forscher interessant finden, welche Methoden sie empfehlen würden und welche Methoden sie selber interessant finden, aber selbst noch nicht beherrschen. Die Ergebnisse dieser Studie werden von Kuckertz et al. [18] quantitativ dargestellt. Dabei fanden sie heraus, dass der Bereich *Entrepreneurial Process* von den Forschern am interessantesten gesehen wird. Fallstudien sind die von Forschern empfohlene Methode. Die interessanteste Forschungsmethode sind Experimente, die sie aber selbst noch nicht beherrschen. Die Datenbasis der Forschung wurde auch hier nicht veröffentlicht.

Sjoberg et al. [25] zeigten in ihrer Arbeit, welche empirischen Forschungsmethoden verwendet werden und gehen auf die Herausforderungen von empirischer Forschung im Bereich des Software Engineerings (SE) ein. Die Herausforderungen, die sie in ihrer Arbeit vorgestellt haben, sind Umfang, Qualität und Relevanz empirischer Studien sowie Synthese von Beweisen und Gebrauch von Theorien. Für jede diese

Herausforderungen wurde der aktuelle Stand der Praxis beschrieben, sowie Visionen dargestellt, wie sie sich diesen Stand in der Zukunft (2020 - 2025) vorstellen. Um diese Herausforderungen zu bewältigen haben Sjoberg et al. [25] mehrere Möglichkeiten angegeben, wie z.B. eine bessere Verbindung zwischen Wissenschaft und Industrie oder auch die Aufstockung von Ressourcen für empirische Studien. Die Datenbasis der Forschung wurde nicht veröffentlicht.

Ambreen et al. [1] verwendeten eine systematische Mappingstudie, um den Stand von empirischer Forschung im RE zu untersuchen. Hierfür untersuchten sie 270 wissenschaftliche Publikationen im Zeitraum 1991 - 2012. Sie zeigten dabei in ihrer Arbeit unter anderem, in welchen Domänen, Kernbereichen und Unterbereichen des RE empirische Forschung betrieben wird sowie die Bereiche, die dabei aufstreben und welche Forschungsmethoden verwendet werden. Dabei fanden sie heraus, dass die Bereiche *Requirements Elicitation*, *Analysis* und *Process* die meisten empirischen Studien aufweisen. Den wichtigen Bereichen *Requirements Verification* und *Validation* fehlt es dabei an empirischen Belegen. *Non-Functional Requirements* ist der Bereich, der in der Forschung am meisten aufstrebt. Als Forschungsmethode werden am häufigsten Fallstudien sowie Experimente verwendet, nur ein geringer Anteil verwendet Erfahrungsberichte. Nach Ambreen et al [1] sollte dieser Anteil höher sein, da gerade Praxis wichtig zum Lernen ist. Auch die Datenbasis dieser Arbeit ist nicht verfügbar.

Daneva et al. [8] verwendeten eine Literaturrecherche und sammelten 2218 Publikationen im Zeitraum 1983 - 2013, um die empirische Forschung im RE zu untersuchen. Dabei verwendeten sie Arbeiten, die systematische Literaturrecherchen und Mappingstudien verwendet haben. Sie analysierten, welche Bereiche des RE und Theorien in den Studien untersucht wurden. Ihre Ergebnisse verglichen sie mit zwei Roadmaps. In ihrer Forschung fanden Daneva et al. [8] heraus, dass es über die Jahre einen stetigen Anstieg von empirischer Forschung gab. Im Vergleich mit den Roadmaps fanden sie unter anderem heraus, dass die Unterbereiche *Requirements Elicitation*, *Specification*, *Prioritization and Tracing* die Bereiche des RE sind, auf die sich am häufigsten fokussiert wird. Auch fanden sie heraus, dass das Interesse an der Verwendung von Theorien aus anderen Disziplinen sehr hoch ist, aber der Erfahrungsaustausch, wie diese effektiv für empirische Forschung genutzt werden können, nur gering ist. Die Datenbasis dieser Forschung wurde auch hier nicht weiter zur Verfügung gestellt.

Ebenfalls mit einer systematischen Mappingstudie untersuchten Zhang et al. [31] 539 wissenschaftliche Publikationen aus dem Bereich des (SE), um herauszufinden, welche empirischen Forschungspraktiken und -methoden in diesem Bereich verwendet werden. Dabei zeigten sie quantitativ, welche Methoden am häufigsten in den unterschiedlichen Bereichen des SE und den Publikationen verwendet wurden, aber auch wie sich die Nutzung dieser Methoden in den Jahren zwischen 2013 und 2017 verändert haben. Dabei sind sie neben verwendeten Datensammlungs- und Analysemethoden auch darauf eingegangen, nach welchem Zweck geforscht wird und welchen Ursprung verwendete Daten besitzen. Auch Zhang et al. [31] haben die Datenbasis ihrer Forschung nicht veröffentlicht.

Verwandte Arbeit	Zeitraum der untersuchten Arbeiten	Ansatz	Anzahl untersuchter Arbeiten	Datenverfügbarkeit	Datensatz
Escudero-Mancebo et al. [11]	2018 - 2019	Systematische Literaturrecherche	52	Nein	/
Bozukurt et al. [5]	2014 - 2016	Systematische Literaturrecherche	258	Nein	/
Heidari et al. [13]	1997 - 2016	Systematische Mappingstudie	74	Nein	/
Kuckertz et al. [18]	2018	Online-Umfrage (225 Teilnehmer)	/	Nein	/
Sjoberg et al. [25]	1993 - 2002	Systematische Literaturrecherche	5453	Nein	/
Ambreen et al. [1]	1991 - 2012	Systematische Mappingstudie	270	Nein	/
Daneva et al. [8]	1983 - 2013	Systematische Literaturrecherche	2218	Nein	/
Zhang et al. [31]	2013 - 2017	Systematische Mappingstudie	539	Nein	/

Tabelle 3.1: Übersicht der Arbeiten, die Forschungspraktiken und -methoden untersucht haben

## 3.2 Anwendungsfälle im ORKG

Die in dieser Arbeit entwickelte semantische Struktur wird in Verbindung mit dem ORKG verwendet, um Forschungspraktiken und -methoden zu sammeln, langfristig aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen. Auch andere Forscher haben diesen Wissensgraphen schon genutzt, um dort Wissen aus unterschiedlichen Forschungsbereichen zu kuratieren.

Anteghini et al. [2] nutzten den ORKG, um dort Wissen über Bioassays aus dem Bereich der Biochemie zu digitalisieren. Dies erfolgte durch einen Prozess, indem sie verschiedene textbasierte Bioassays auf Grundlage der BioAssay Ontology *BAO* [29] semantisch unterteilten und im ORKG als Contribution einfügten und mittels Comparisons verglichen. Zum anderen arbeiteten sie an einem hybriden Ablauf zur automatisierten Semantisierung von Bioassays, welches im ORKG integriert werden

sollte. Für diesen automatisierten Ablauf implementierten sie einen automatischen Semantifizierer, sowie eine human-in-the-loop Kuratierung für vorhergesagte Label.

Karras et al. [15] untersuchten, wie der ORKG genutzt werden kann, um wissenschaftliches Wissen über Forschung im CrowdRE zu vermitteln. Dafür verwendeten sie den ORKG, um dort qualitative und quantitative wissenschaftliche Publikationen aus dem Bereich des CrowdRE zu sammeln, die aus zwei zuvor durchgeführten systematischen Literaturrecherchen [23, 16] entnommen wurden. Dabei verwendeten sie zwei verschiedene Fälle. Im ersten Fall wurden qualitativ analysierte Publikationen verwendet [16], im zweiten Fall dagegen quantitativ analysierte Publikationen [23]. Die Publikationen aus diesen zwei Literaturrecherchen wurden im ORKG gesammelt und durch Comparisons miteinander verglichen, um dieses Wissen langfristig im ORKG zu kuratieren.

Runnwerth et al. [22] verwendeten in ihrer Arbeit den ORKG und untersuchten dabei Publikationen aus dem Bereich des Operational Research (OR), um Wissen aus diesem Bereich im ORKG zu sammeln. Sie unterteilten dafür den Forschungsprozess des OR semantisch und fügten Publikationen, hierbei speziell Publikationen zum Optimierungsproblem des *Assembly Line Balancings*, als Contribution im ORKG ein, und verglichen diese mittels Comparisons. Anhand dieses Anwendungsfalls zeigten sie, wie der ORKG als Wissensgraph funktioniert und wie das Wissen dort kuratiert wird. Ausgehend von ihrer Studie gaben Runnwerth et al. [22] auch einige generelle und fachspezifische Verbesserungsvorschläge.

Knoll [17] untersuchte in seiner Arbeit den aktuellen Stand von Wissen über Kontrolltheorie, welches im ORKG kuratiert wurde. In einer Fallstudie erweiterte er außerdem das aktuelle Wissen, indem er fünf weitere Publikationen aus dem Bereich der Kontrolltheorie im ORKG semantisch beschrieb und hinzufügte. Er zeigte dabei, wie dieser Vorgang abläuft und welche Herausforderungen zu bewältigen waren. Außerdem gab er empfohlene Vorgehensweisen an, die beim Hinzufügen von neuem Inhalt beachtet werden sollten, wie z.B. das Wiederverwenden von existierenden Einträgen. Zusätzlich gab er auch einige Punkte an, wie die Struktur des Systems weiter verbessert werden kann. Unter anderem schlug Knoll [17] vor, ein Kommentar-system oder ein Peer-Review System einzuführen oder auch die inhaltliche Qualität zu verbessern. Dabei ging er unter anderem darauf ein, dass einige Daten im ORKG doppelt vorhanden sind, überhaupt nicht genutzt werden oder nur unvollständig sind.

Verwandte Arbeit	Domäne	Anzahl hinzugefügter Arbeiten	Anzahl erstellter Comaprison
Anteghini et al. [2]	Bioassays	3	1
Karras et al. [15]	CrowdRE	46	2
Runnwerth et al. [22]	Operational Research	8	/
Knoll [17]	Kontrolltheorie	5	/

Tabelle 3.2: Übersicht der Arbeiten, die den ORKG verwendet haben

### 3.3 Abgrenzung zu anderen Arbeiten

Die Gemeinsamkeit zwischen dieser und den in Kapitel 3.1 erwähnten Arbeiten besteht darin, dass der aktuelle Stand von verwendeten Forschungspraktiken und -methoden aus wissenschaftlichen Gebieten gesammelt wird. Diese Arbeiten zeigen zwar verwendete Forschungspraktiken und -methoden aus unterschiedlichen Fachgebieten auf, stellen ihre Datenbasis aber nicht weiter zur Verfügung, wie in Tabelle 3.1 zu sehen ist. Das hat zur Folge, dass eine erneute Studie zu einem schon untersuchten Thema komplett wiederholt werden muss, da keine Forschungsdaten existieren, auf denen aufgebaut werden kann. Um dieses Problem generell zu beheben, muss sichergestellt werden, dass die Daten langfristig für andere Forscher zur Verfügung stehen. Wie die Arbeiten in Kapitel 3.2 zeigen, bietet der ORKG als Forschungswissensgraph eine Möglichkeit, Daten langfristig zu sammeln. Wie in diesen Untersuchungen wird der ORKG auch in dieser Arbeit verwendet. Um Daten zu sammeln wird dafür zuerst ein Template erstellt, damit eine einheitliche semantische Struktur sichergestellt wird. Diese semantische Struktur wird generisch entwickelt, um diese domänenübergreifend verwenden zu können. Diese wird dabei zunächst im Bereich des RE erprobt. Um eine fundierte Aussage über die Anwendbarkeit des Templates auf verschiedene Publikationen aus dem RE treffen zu können, strebt diese Arbeit einen größeren Umfang an untersuchten Arbeiten als die Arbeiten in Tabelle 3.2 an. Das Ziel ist es, Publikationen aus dem Research Track der jährlich stattfindenden IEEE International Requirements Engineering Conference im Zeitraum von 2015 - 2021 mit ungefähr 25 Publikationen pro Jahr, also insgesamt 175 Publikationen, zu betrachten.

# Kapitel 4

## Konzept

### 4.1 Konzeption des Templates

In diesem Kapitel wird der Prozess für die Entwicklung der generischen, semantischen Struktur erläutert. Im Folgenden werden die einzelnen Iterationen erläutert, um zu verdeutlichen, wie die Struktur sukzessive erarbeitet und ausgebaut wurde, um den Erfordernissen zur generischen Erfassung von empirischen Forschungsvorgehen gerecht zu werden.

#### 4.1.1 Iteration 1

Als Grundlage für die generische, semantische Struktur habe ich eine Tabelle genutzt, die mein Betreuer mir zur Verfügung gestellt hat. Die Tabelle war ein zentrales Ergebnis von ihm und zwei weiteren Kolleginnen, um mit dieser Forschungsmethoden und -praktiken im RE zu untersuchen. Die Arbeit an dieser Tabelle musste aufgrund zeitlicher Beschränkungen pausiert werden, wurde mir aber freundlicherweise im Rahmen dieser Arbeit zur Verfügung gestellt. In dieser Tabelle waren einige Punkte wie Methoden für die Datensammlung, Typ einer Forschungsfrage oder auch der Ansatz für die Analyse enthalten, mit denen Publikationen inhaltlich beschrieben werden können. Die Eigenschaften dieser Tabelle wurden in Zusammenarbeit mit meinem Betreuer analysiert. Ziel war es, Punkte zu ermitteln, die relevant für den ersten Entwurf einer semantischen Struktur sein könnten. Dabei umfasste der erste Ansatz zunächst grundlegend die Knoten *data collection*, *data analysis* und *research paradigm*.

Unter dem Knoten *data collection* sollen die verwendeten Methoden für die Datensammlung beschrieben werden. Zunächst wurden die Knoten *survey*, *interview*, *questionnaire*, *action research*, *case studies*, *secondary research*, *archive analysis*, *observation* und *pilot study* für eine Beschreibung von verwendeten Methoden hinzugefügt. Einige dieser Methoden können in der Struktur noch genauer beschrieben werden, z.B. ob es sich bei einem Interview um ein strukturiertes oder unstrukturiertes Interview handelt, wie in Abbildung 4.1 zu sehen ist. Für ein Experiment konnte außerdem angegeben werden, ob es sich um ein *within-subjects* oder um ein *between-subjects design* handelt und wie viele Teilnehmer dieses Experiment hat. Außerdem kann unter dem Knoten *duration* die Dauer für den Datensammlungsprozess angegeben werden.

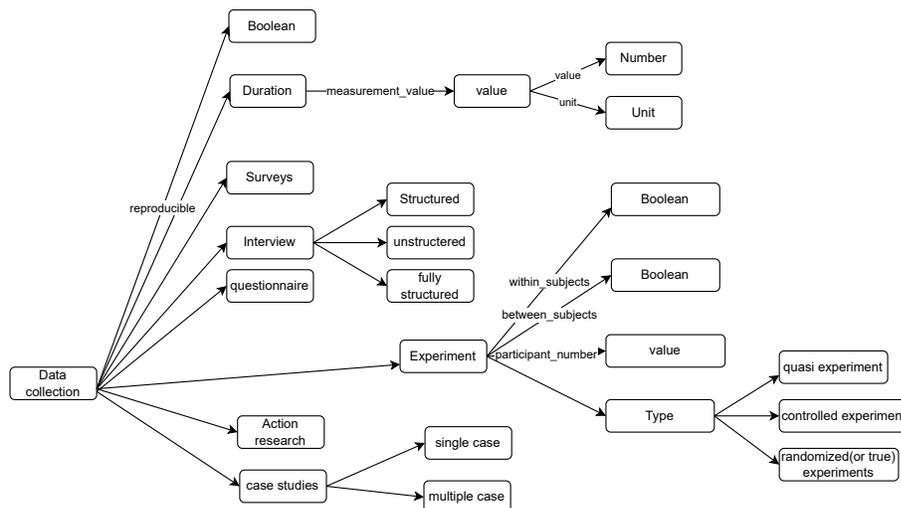


Abbildung 4.1: Erster Ansatz der semantischen Struktur

Unter Knoten *research paradigm* kann der Ansatz, wie die Forschung betrieben wird, beschrieben werden. Dieser umfasste zunächst die Typen *exploratory*, *explanatory* und *technical validation*.

Unter dem Knoten *data analysis* konnte zunächst nur der Typ einer Forschungsfrage grundlegend beschrieben werden, z.B. ob eine Frage eine *exploratory question* oder eine *causality question* ist.

### 4.1.2 Iteration 2

Die erste Version der semantischen Struktur wurde zusammen mit meinem Betreuer analysiert und in einer zweiten Iteration überarbeitet und erweitert.

Unter anderem wurde bei der Analyse der Struktur festgestellt, dass der Typ von Forschungsfragen allein nicht ausreichend ist, um diese in vollem Umfang zu beschreiben. Die Beantwortung von Forschungsfragen ist das Ziel einer Forschungsarbeit und deswegen sind diese Fragen elementar für die inhaltliche Beschreibung einer Publikation. Um diese genauer zu beschreiben, wurde der Knoten *topic* eingefügt. Unter diesem Knoten können die Forschungsfragen selbst, sowie mögliche Unterfragen, explizit aufgenommen werden. Außerdem wurden zwei weitere Knoten, *highlighted in text* und *hidden in text*, eingefügt, mit denen beschrieben werden kann, ob eine Forschungsfrage im Text hervorgehoben wird, oder ob diese im Text versteckt ist. Eine hervorgehobene Frage ist ein Vorteil für andere Forscher, da die Forschungsfragen so schneller gefunden werden können. Abbildung 4.2 zeigt die Erweiterungen für den Knoten *research question*.

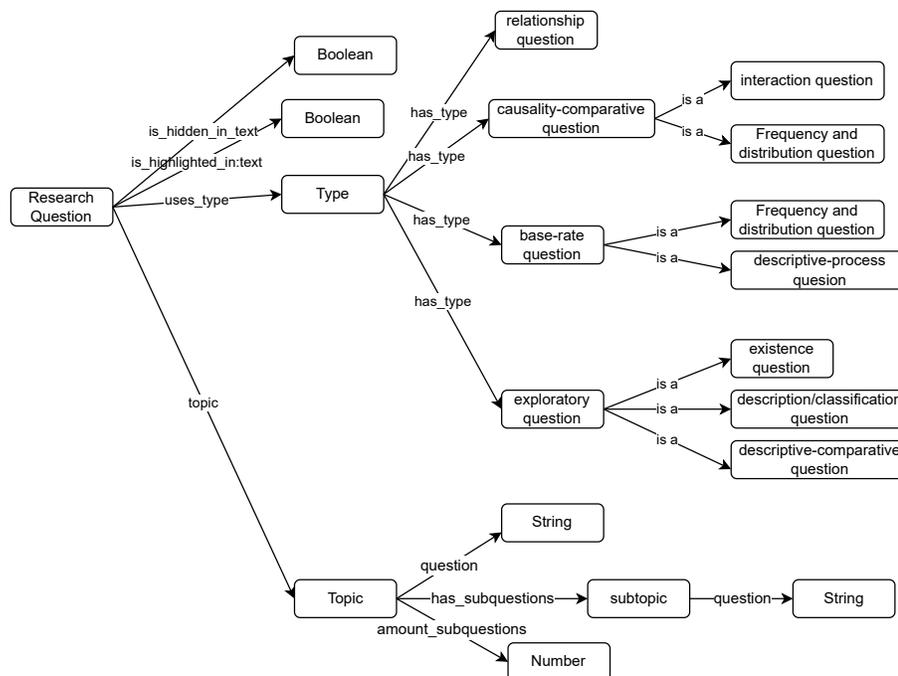


Abbildung 4.2: Erweiterung des Knotens *research question*

Des Weiteren konnten unter *data collection* einige Methoden für die Datensammlung zusammengefasst werden. Der Knoten *case studies* wurde in *study* umbenannt und kann neben *single* und *multiple case*, auch durch *pilot study* beschrieben werden. *Pilot study* konnte somit als eigenständiger Knoten entfernt werden. *Archive analysis* wurde als neue Methode für Beschreibung von *secondary* research hinzugefügt und konnte somit ebenfalls als eigenständiger Knoten entfernt werden. Des Weiteren wurde unter dem Knoten *data collection* noch ein Knoten *data* hinzugefügt, mit dem entstandene Forschungsdaten beschrieben werden können. Forschungsdaten können anderen Forschern beispielsweise dabei helfen, eine bestehende Studie aufzunehmen und zu erweitern, ohne dass ein erneuter Prozess der Datensammlung und -analyse erfolgen muss. Für diese Daten kann angegeben werden, ob diese qualitativ und/oder quantitativ sind. Außerdem kann auch beschrieben werden, um was für eine Art von Daten es sich dabei handelt, beispielsweise, ob diese *open source* oder *dataset*, wie eine Tabelle mit Ergebnissen, sind.

### 4.1.3 Iteration 3

Nach einer weiteren Analyse der semantischen Struktur wurde in einer dritten Iteration der Knoten *data analysis* umstrukturiert und erweitert. Dieser Knoten wurde in *data analysis method* umbenannt, um dort nur die verwendeten Analysemethoden zu beschreiben. Dabei können Forschungsdaten auf unterschiedliche Weisen analysiert werden. Zunächst wurden die Analysemethoden *inferential statistics*, *descriptive statistics*, *machine learning*, *thematic analysis*, *content analysis* und *grounded theory* diesem Knoten hinzugefügt.

Da vor allem in Experimenten oftmals Hypothesen verwendet werden, wurde *inferential statistics* für die Beschreibung von Hypothesen in die Struktur aufgenommen. Unter diesem Knoten können dabei der verwendete Hypothesentest oder die verwendete Regressionsanalyse beschrieben werden. Außerdem kann hier weitergehend die Hypothese explizit aufgenommen und angegeben werden, ob es sich bei dieser um eine Null- oder Alternativhypothese handelt.

Unter dem Knoten *descriptive statistics* können verschiedene Methoden für eine quantitative Analyse beschrieben werden. In diesem Bereich gibt es vier Haupttypen, die in die Struktur eingefügt wurden. Diese sind *measures of frequency*, *measures of central tendency*, *measures of dispersion or variation* und *measures of position*. Mit *measures of frequency* kann die Frequenz von Daten mit den Eigenschaften *count*

und *percent* beschrieben werden. *Measure of central tendency* bietet die Möglichkeit, Daten mit einem Wert zu beschreiben, die die Mitte oder das Zentrum von Daten darstellen. Hier stehen die Eigenschaften *mean*, *median* und *mode* zur Verfügung. Durch *measures of dispersion or variaton* kann die Streuung der analysierten Daten beschrieben werden. Dafür stehen die Eigenschaften *range*, *variance* oder *standard deviation* zur Verfügung. Mit dem letzten Knoten *measures of position* kann die Position von untersuchten Daten im Verhältnis zu anderen Daten beschrieben werden. Hier kann angegeben werden, ob die Daten mit einem *percentile rank* oder *quartile rank* dargestellt wurden.

Der Knoten *machine learning* wurde in diese Struktur mit aufgenommen, da gerade dieser Bereich durch die technische Weiterentwicklung eine immer größere Rolle in der Zukunft spielen wird. Dort können unter *algorithm* die verwendeten *machine learning* Algorithmen angegeben werden, sowie der *classification type*. Außerdem wurde dort auch der Knoten *metric* hinzugefügt, mit dem verwendete Performance-Metriken, wie *recall*, *precision*, *f1-score* oder *accuracy*, beschrieben werden können. In Abbildung 4.3 werden die vorgenommenen Änderungen dargestellt.

Durch die Umstrukturierung des Knotens *data analysis method* wurde der Knoten *research question* von der Datenanalyse aus um eine Ebene nach oben verschoben. Für die Analyse der Daten sind Forschungsfragen zwar wichtig, aber nicht direkt ein Teil von verwendeten Datenanalysemethoden, weshalb dieser Knoten dort entfernt wurde. Außerdem wurde der Knoten *topic* durch *subquestion* ersetzt. Unter diesem Punkt können Unterfragen einer Forschungsfrage aufgenommen sowie deren Typ beschrieben werden. Der Knoten *question* wurde um eine Ebene nach oben verschoben, sodass dieser direkt am Knoten *research question* angehängt wird.

Außerdem wurde in dieser Iteration der Knoten *threats to validity* als ein neuer Hauptknoten in die semantische Struktur hinzugefügt. *Threats to validity* sind Bedrohungen, die die Validität einer Arbeit einschränken. Diese sollten von Forschern in ihrer Arbeit genannt werden, weshalb dieser Punkt in die Struktur aufgenommen wurde. Die Bedrohungen können dabei mit *construct*, *internal*, *external* oder *conclusion validity* beschrieben werden.

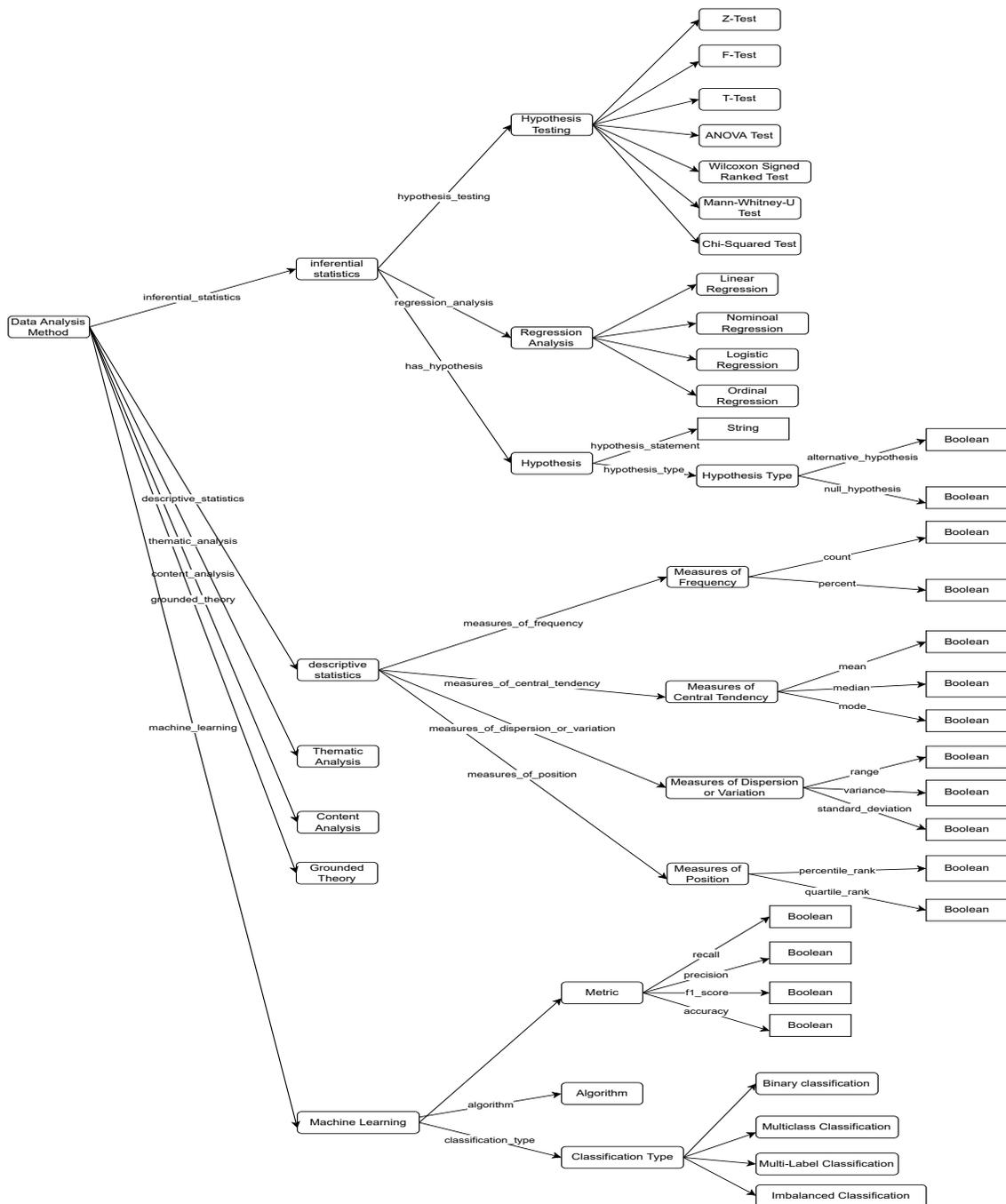


Abbildung 4.3: Erweiterung der Datenanalyse

Der Knoten *research question answer* wurde ebenfalls als ein neuer Hauptknoten in die Struktur eingefügt, der wie bei der Forschungsfrage mit *highlighted in text* oder *hidden in text* beschrieben werden kann. Für andere hat das den Vorteil, dass eine hervorgehobene Antwort so schneller gefunden werden kann.

Auch *data collection* wurde in dieser Iteration umstrukturiert. Zum einen wurde dieser Knoten in *data collection method* umbenannt und zum anderen wurden die Eigenschaften *participants*, *within-subjects* und *between subjects design* direkt an *data collection* angehängt und vom Knoten *experiment* entfernt. Dies hat den Grund, dass es nicht nur bei Experimenten Teilnehmer gibt oder ein *within-subjects* oder *between subjects Design* verwendet wird, sondern diese auch bei anderen Methoden relevante Eigenschaften sein können. Dies trägt auch dazu bei, die semantische Struktur generischer zu machen.

Der Knoten *data*, für die Beschreibung von Forschungsdaten, wurde mit der Eigenschaft *URL* erweitert. Durch die Angabe der *URL* kann direkt auf vorhandene Forschungsdaten verwiesen werden. Dies ist wiederum für andere Forscher, in Bezug auf Wiederverwendbarkeit von anderen Forschungsdaten, wichtig.

In dieser Iteration wurde der aktuelle Stand dieser Struktur zum ersten Mal auf einige Publikationen im RE angewendet. Der Knoten *duration* wurde daraufhin entfernt, da in den Publikationen keine oder nur wenige Angaben über die Dauer der Datensammlung gemacht wurden und dieser somit nicht relevant ist.

### 4.1.4 Iteration 4

Um die Struktur so generisch wie möglich zu machen, wurden nach einer weiteren Analyse und in einer vierten Iteration alle Knoten, die eine detailliertere Beschreibung ermöglichen, durch einen Kommentar in der Struktur ersetzt. In diesen Kommentaren stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um z.B. Umfragen genauer zu beschreiben (s. Abbildung 4.4). Diese Möglichkeit wurde dann auch im ORKG so angelegt, um Dateneingaben für Nutzer zu vereinfachen, indem Ressourcen wiederverwendet werden können. Diese kann dabei helfen, mögliche Eingabefehler zu vermeiden, was zu einer höheren Datenqualität führt. Außerdem wurden für die Methoden *survey* und *interview* die Anzahl der Fragen als neue Eigenschaft hinzugefügt. Die Anzahl der Fragen kann Aufschluss darüber geben, wie detailliert und umfangreich ein Interview oder eine Umfrage gewesen ist.

Im Ergebnis dieser Iteration stand die Grundstruktur der semantischen Struktur fest und wurde im nächsten Schritt für die Beschreibung von Publikationen im RE verwendet. Während der Arbeit mit der Struktur wurden einige Eigenschaften ergänzt, die die Struktur noch nicht umfasst hat. Diese wurden während des Vorgangs der Beschreibung laufend erweitert.

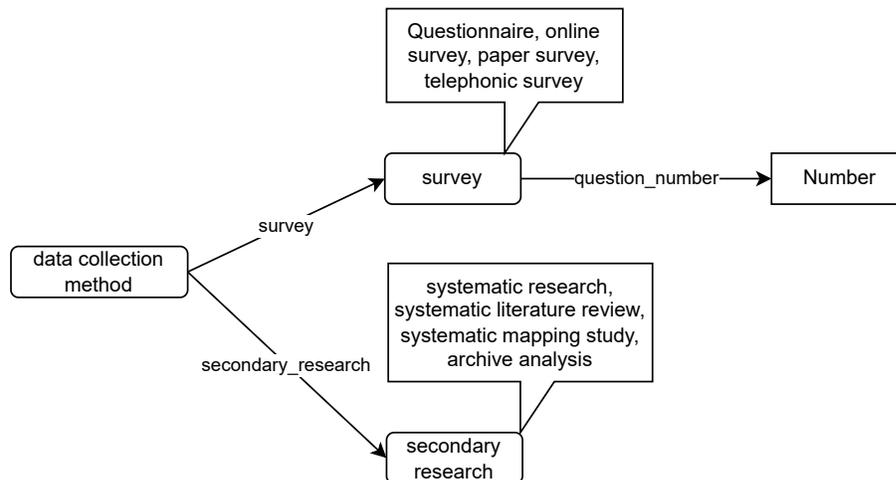


Abbildung 4.4: Kommentare für eine detaillierte Beschreibung

Unter dem Knoten *threats to validity* wurden auch andere Bedrohungen von Forschern genannt, die nicht in der Struktur vorhanden sind und neu hinzugefügt wurden. Diese sind *content validity*, *reliability* und *generalizability*.

Auch wurden einige andere Methoden für die Datenanalyse verwendet, die die Struktur noch nicht umfasst hat. So wurden als neue Analysemethoden *error*, *artefact*, *in-depth*, *regularity*, *comparative*, *sentiment*, *stakeholder* und *literature analysis* sowie *triangulation* neu hinzugefügt. Außerdem wurden die Codingverfahren *thematic* und *content analysis*, sowie *grounded theory* in einem neuen Knoten *coding* zusammengefasst. Dieser Knoten umfasst dabei auch andere Verfahren wie *open coding* oder *deductive coding*.

Unter dem Knoten *measures of central tendency* wurden die Methoden *minimum* und *maximum* ergänzt. *Measures of dispersion or variation* wurde um die Methoden *kurtosis* und *skewness* erweitert. Für *measures of position* wurde *boxplot*, als Beschreibung für die Darstellung von Daten, hinzugefügt.

Für *machine learning* wurde ein Knoten *evaluation* definiert. Mit diesem können Techniken, wie z.B. *cross validation*, beschrieben werden, die für das Training und die Tests eines *machine learning model* verwendet werden.

## 4.2 Finales Template

Im Folgenden wird die komplett entwickelte generische, semantische Struktur noch einmal vorgestellt. Die vollständige semantische Struktur steht in verschiedenen Dateiformaten unter Figshare<sup>3</sup> und im ORKG<sup>4</sup> zur Verfügung. Die fertige Struktur umfasst die Hauptknoten *data collection method*, *data analysis method*, *Threats to Validity*, *research question answer*, *research question* sowie *research paradigm*.

Im Knoten *data collection method* können die verwendeten Methoden für die Datensammlung in einer Forschung beschrieben werden. Dafür stehen die Forschungsmethoden *study*, *survey*, *secondary research*, *action research*, *interview* sowie *experiment* zur Verfügung. Hierbei können einige Methoden genauer beschrieben werden. Wie in Abbildung 4.5 zu sehen ist, stehen an einigen Knoten Kommentare, die mehrere Möglichkeiten bieten, um diese Methode noch genauer zu beschreiben. Für die Methoden *survey* und *interview* kann außerdem die Anzahl der Fragen angegeben werden. Des Weiteren können im Knoten *research data* die Forschungsdaten einer Studie beschrieben werden. Für diese Daten kann angegeben werden, ob diese qualitativ und/oder quantitativ sind. Außerdem kann auch eine *URL* sowie eine Quelle für die Daten angegeben werden. Bei dem Knoten *data source* kann angegeben werden, um was für Daten es sich dabei handelt, z.B. ob es ein *dataset*, wie eine Tabelle oder *source code* ist. Neben diesen Eigenschaften kann auch die Anzahl der Teilnehmer in der Eigenschaft *participants* angegeben werden oder aber auch, ob ein *within-subjects* oder *between-subjects Design* für die Datensammlung verwendet wurde.

Unter dem Hauptknoten *threats to validity* kann angegeben werden, welche Bedrohungen der Validität von Forschern in ihrer Arbeit genannt wurden. In der Struktur stehen dafür die Bedrohungen *construct*, *conclusion*, *internal*, *external* und *content validity*, sowie *generalizability* und *reliability* zur Verfügung.

---

<sup>3</sup>[https://figshare.com/projects/Bachelor-Thesis\\_Semantic\\_Structure/146541](https://figshare.com/projects/Bachelor-Thesis_Semantic_Structure/146541)

<sup>4</sup><https://orkg.org/template/R186491>

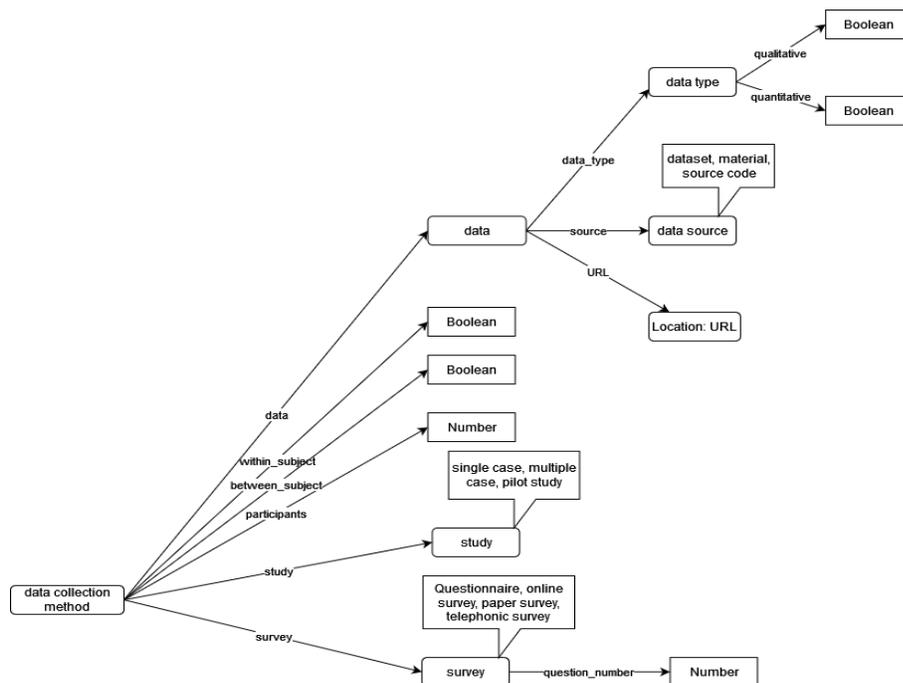


Abbildung 4.5: Teil der Struktur der *data collection method*

Im Hauptknoten *data analysis method* können die in der Studie verwendeten Analysemethoden beschrieben werden. Hierbei stehen die Methoden *inferential statistics*, *descriptive statistics*, *machine learning*, *coding*, *error*, *artefact*, *in-depth*, *regularity*, *comparative*, *sentiment*, *stakeholder* und *literature analysis* sowie *triangulation* zur Verfügung.

Unter dem Knoten *inferential statistics* können verwendete Hypothesen explizit aufgenommen und auch angegeben werden, ob es sich um eine Null- oder Alternativhypothese handelt. Außerdem steht ein Knoten *hypothesis testing* zur Verfügung, mit dem verwendete Hypothesentests angegeben werden können, sowie ein Knoten *regression analysis*, unter dem verwendete Regressionsanalysen definiert werden können. Der Knoten *descriptive statistic* bietet die Möglichkeit, die quantitative Analyse einer Forschung zu beschreiben. Mit *measures of frequency* kann die Frequenz der Daten mit den Methoden *count* oder *percent* beschrieben werden. Durch *measures of central tendency* kann versucht werden, einen Datensatz durch einen einzelnen Wert zu beschreiben, indem dieser die zentrale Position im Datensatz angibt. Hierbei stehen die Methoden *mean*, *median*, *mode*, *maximum*, und *minimum* zur Verfügung. Der Typ *measures of dispersion or variation* kann durch die Methoden *range*, *variance*, *standard deviation*, *kurtosis* und *skewness* die Streuung von Daten beschreiben.

Durch *measures of position* kann die Position eines einzelnen Wertes im Verhältnis zu anderen Werten dargestellt werden. Dies kann durch *quartile rank*, *percentile rank* oder auch einem *boxplot* geschehen.

Der Knoten *machine learning* teilt sich in *algorithm*, *metric*, *evaluation* und *classification type* auf. Wie in Abbildung 4.6 zu sehen, können Algorithmus, Evaluation und Klassifikationstyp durch eine explizite Eingabe genau beschrieben werden. Für die Metriken stehen *precision*, *recall*, *F-score*, *accuracy*, *roc auc* und *cohen's kappa* zur Verfügung.

Unter dem Knoten *coding* können verwendete Codingverfahren wie *grounded theory thematic* oder *content analysis* beschrieben werden.

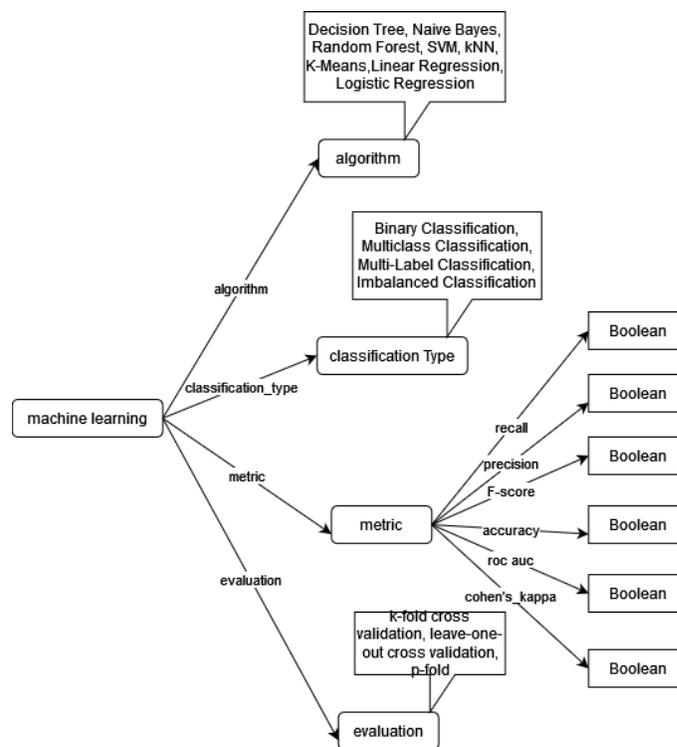


Abbildung 4.6: Teil der Struktur von *machine learning*

Unter dem Hauptknoten *research question answer* kann, wie bei der Forschungsfrage, angegeben werden, ob die Antwort im Text hervorgehoben wird oder im Text versteckt ist.

Im Hauptknoten *research question* können explizit die aufgestellten Forschungsfragen aufgenommen werden. Mit den Eigenschaften *highlighted in text* und *hidden in text* kann angegeben werden, ob die Fragen im Text hervorgehoben oder versteckt sind. Im Knoten *question type* kann der Typ der Forschungsfrage genauer beschrieben werden. Die Frage kann z.B. *exploratory*, *descriptive* oder *relationship-based* sein. Der Knoten *subquestion* teilt sich nochmal, wie bei der Forschungsfrage, in *question* und *question type* auf. So kann auch die Unterfrage einer Forschungsfrage explizit aufgenommen und der Typ beschrieben werden.

Mit dem Hauptknoten *research paradigm* kann der Ansatz angegeben werden, wie die Forschung betrieben wird und damit eingehend auch, welche Methoden verwendet werden, um das Ziel der Forschung zu erreichen. Der Knoten kann in der semantischen Struktur beispielsweise mit Paradigmen wie *exploratory*, *explanatory* oder auch *confirmatory* beschrieben werden. Abbildung 4.7 stellt die Struktur der Knoten *research question answer*, *research question* und *research paradigm* dar.

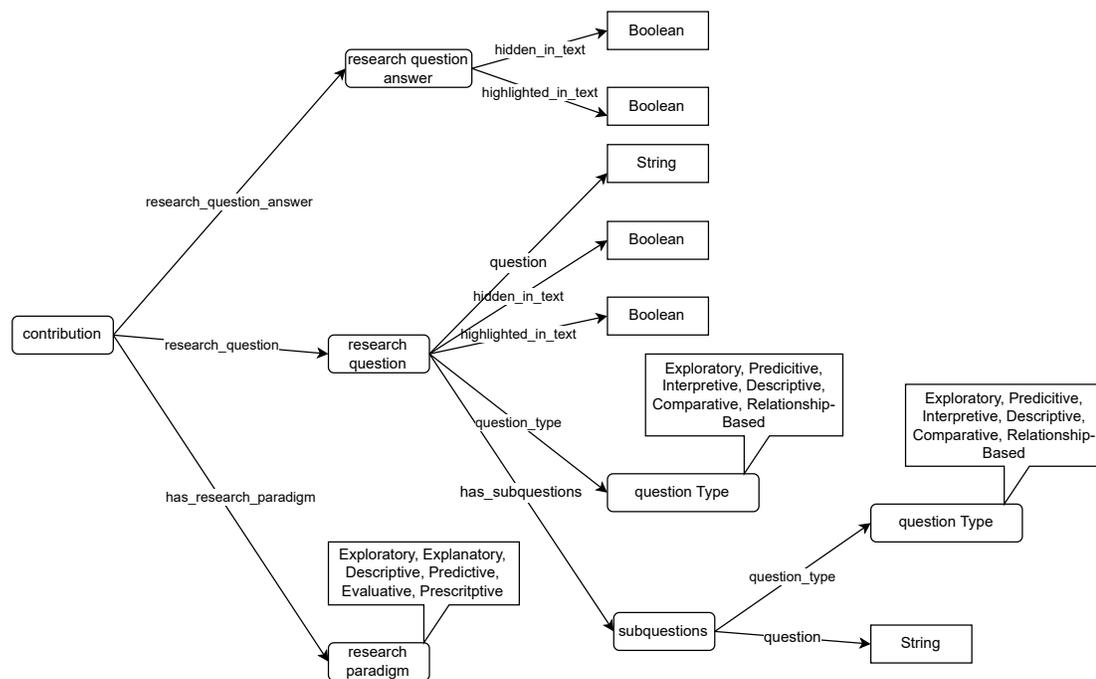


Abbildung 4.7: Struktur der Knoten *research question answer*, *research question* und *research paradigm*

# Kapitel 5

## Datenanalyse

### 5.1 Methodisches Vorgehen

Die in dieser Arbeit entwickelte semantische Struktur wurde als Template im ORKG implementiert und zunächst auf den Bereich des RE angewendet, um diesen auf verwendete Forschungspraktiken und -methoden zu untersuchen. Für diesen Zweck wurden Publikationen aus der jährlich stattfindenden IEEE International Requirements Engineering Conference untersucht. Die Publikationen dieser Konferenz sind mit einer Seitenlänge von 10 - 12 Seiten relativ kurz gehalten und so für eine inhaltliche Beschreibung mit dem Template gut geeignet. Durch diese Länge ist es möglich, einen größeren Umfang von Publikationen zu untersuchen. Theoretisch hätten für diesen Vorgang auch Journals aus dem Bereich des RE verwendet werden können, diese sind aber wesentlich umfangreicher. Beispielsweise stehen die Journals Requirements Engineering<sup>5</sup>, TOSEM (ACM Transactions on Software Engineering and Methodology)<sup>6</sup> oder auch EMSE (Empirical Software Engineering)<sup>7</sup> zur Verfügung. Verglichen mit den Publikationen aus dem Research Track wäre ein so großer Umfang untersuchter Publikationen, der in dieser Arbeit angestrebt wird, im zeitlichen Rahmen nicht möglich gewesen.

Wie eingangs erwähnt wurde, wird im Rahmen dieser Arbeit der ORKG verwendet. Durch diesen kann das gesammelte Wissen aus den Publikationen nachhaltig und wiederverwendbar gesichert werden. Damit die semantische Struktur als Template im ORKG genutzt werden kann, wurden jeweils einzelne Templates erstellt.

---

<sup>5</sup><https://www.springer.com/journal/766>

<sup>6</sup><https://dl.acm.org/journal/tosem>

<sup>7</sup><https://www.springer.com/journal/10664>

In einem solchen Template wird dann die Property sowie der jeweilige Typ angegeben. Als Property wurden die jeweiligen Bezeichnungen der Knoten und Eigenschaften aus der semantischen Struktur verwendet. Für jede Property wurde dann der entsprechende Typ festgelegt. Dabei können nicht nur Werte wie Strings oder Wahrheitswerte, sondern auch Klassen angegeben werden. Diese können ein weiteres Template enthalten, um so Beziehungen untereinander herzustellen. Diese Klasse kann aber auch leer gelassen werden, um die Property mit einem generischen Typen zu beschreiben. Abbildung 5.1 stellt einen Ausschnitt aus einem erstellten Template dar. Die Eigenschaften *between subject* und *within subject* können jeweils durch einen Wahrheitswert beschrieben werden. *Data* wiederum verweist in seinem Typen auf eine weitere Klasse, mit der diese Property dann detaillierter beschrieben werden kann. Die einzelnen Templates wurden dann untereinander verknüpft, um die semantische Struktur als Ganzes darzustellen.

Um die Publikationen dann im ORKG mittels des Templates zu beschreiben, wurden diese zuerst mit Hilfe ihrer DOI (Digital Object Identifier) als Paper im ORKG eingetragen. Anschließend wurde das Template auf diese angewendet, um die Daten für die inhaltliche Beschreibung eintragen zu können. Zu Beginn des Vorgangs wurden erst einmal nur wenige Publikationen inhaltlich beschrieben, um zu sehen, wie gut dieses Template anwendbar ist. Fehlende Daten, die während der Untersuchung nicht im Template eingetragen werden konnten, wurden analysiert. Nach der Analyse der Daten wurde dann entschieden, ob eine Erweiterung oder eine strukturelle Veränderung der semantischen Struktur nötig ist. Im Laufe des Vorgangs der inhaltlichen Beschreibung der Publikationen wurde das Template so permanent erweitert und an neue Gegebenheiten angepasst.

Nachdem die Daten aus den Publikationen mit dem Template untersucht und im ORKG gesammelt wurden, erfolgte eine Analyse der Daten. Die Analyse bezieht sich dabei auf Publikationen aus den Jahren 2015 - 2021 und damit auf Daten aus insgesamt 165 Publikationen. Nach der Analyse wurden nachträglich 44 weitere Publikationen aus dem Jahr 2014 im ORKG hinzugefügt, sodass insgesamt 199 Publikationen im ORKG mit dem Template beschrieben wurden. Dies wurde unter anderem dafür gemacht, um in der später folgenden Diskussion aufzuzeigen, wie einfach die Erweiterung des Datensatzes im ORKG ist.

## 5.2. Kompetenzfragen

---

The image shows a user interface for defining semantic properties. It has three tabs: 'Description', 'Properties', and 'Format'. The 'Properties' tab is active. The interface is divided into two columns: 'Property' and 'Type'. There are three rows of property definitions:

Property	Type	Cardinality	Minimum Occurrence	Maximum Occurrence
Data	research data	Custom...	0	Maximum number of occurrences in the resource
between subject	Boolean	Custom...	0	Maximum number of occurrences in the resource
within subject	Boolean	Custom...	0	Maximum number of occurrences in the resource

Abbildung 5.1: Ausschnitt eines Templates der semantischen Struktur

Auf die Daten im ORKG kann mit der graphenbasierten Abfragesprache SPARQL<sup>8</sup> zugegriffen werden. In einem Jupyter Notebook wurden entsprechende Abfragen geschrieben, um die benötigten Daten aus dem ORKG abzurufen und weiter mit Python zu analysieren.

## 5.2 Kompetenzfragen

In diesem Teil der Arbeit wird noch einmal auf die Untersuchung von Sjoberg et al. [25] aus dem Kapitel 3.1 eingegangen. Diese stellten in ihrer Arbeit Herausforderungen von empirischer Forschung im Bereich des SE vor. Für jede dieser Herausforderungen wurde der aktuelle Stand der Praxis beschrieben sowie Visionen dargestellt, wie sie sich diesen Stand in der Zukunft (2020 - 2025) vorstellen. Diese Herausforderungen und Visionen werden in dieser Arbeit aufgegriffen. Aus diesen wurden insgesamt 35 Kompetenzfragen erstellt, die mit dem entwickelten Template und den

---

<sup>8</sup><https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

damit gesammelten Daten untersucht und analysiert werden sollen. Kompetenzfragen stellen eine Evaluationsmetrik für Wissensgraphen dar. Ein Wissensgraph muss in der Lage sein, Informationen zu all diesen Fragen zu liefern, um so eine Antwort für diese zu erhalten. Daraus können Rückschlüsse über die Qualität eines Wissensgraphen gezogen werden. Konnte eine Frage nicht beantwortet werden, kann dies daran liegen, dass der Aufbau des Templates falsch ist oder falsche Daten eingetragen wurden. Eine Möglichkeit wäre, dass noch nicht genug Daten vorhanden sind und das Template dementsprechend erweitert werden muss.

Die Visionen von Sjöberg et al. [25] beziehen sich auf den Bereich des SE. Da RE ein Teil vom SE ist, kann angenommen werden, dass die Visionen für die Entwicklung der empirischen Forschung im SE auch im RE angewendet werden können. Daher werden diese Fragen auf die empirische Forschung im RE bezogen.

Die folgenden Tabellen stellen jeweils den aktuellen Stand, die Visionen für die Zukunft sowie die jeweiligen Kompetenzfragen dar.

Die Aussagen und Visionen in Tabelle 5.1 beziehen sich auf den Umfang von empirischen Studien. In diesem Bereich sollen in Zukunft mehr und unterschiedliche empirische Studien durchgeführt werden, vor allem auch im Industriebereich.

Tabelle 5.2 zeigt den aktuellen Stand und Visionen für die Qualität von empirischen Studien. In diesem Bereich sollen in Zukunft die Ergebnisse aus anderen Forschungen für die eigene Forschung genutzt werden. Des Weiteren wissen Forscher genau, warum sie welche Forschungsmethoden anwenden sollten, und geben eine detaillierte Analyse der Daten.

Punkt	Aktueller Stand und Visionen (2020 - 2025)	Kompetenzfragen
Sjöberg et al.[25] Tabelle 2 Punkt 1	Es werden nur wenige empirische Studien durchgeführt. In Zukunft gibt es viele Studien, die unterschiedliche empirische Methoden anwenden, um damit alle wichtigen Bereiche im RE abzudecken.	Welche empirischen Forschungsmethoden verwenden Forscher im Bereich des RE? Wie hat sich die Verwendung der Methoden in den letzten Jahren geändert?
Sjöberg et al.[25] Tabelle 2 Punkt 2	Die Verwendung von empirischen Studien im Industriebereich ist gering. Zukünftig gibt es hochqualifiziertes Personal, die empirische Studien entwerfen und durchführen.	Wie hoch ist der Anteil von empirischen Studien im Industriebereich?

Tabelle 5.1: Umfang von empirischen Studien

## 5.2. Kompetenzfragen

Punkt	Aktueller Stand und Visionen (2020 - 2025)	Kompetenzfragen
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 1	Forscher bauen nicht häufig genug auf den Ergebnissen von vorherigen Studien auf, insbesondere auch nicht auf Ergebnisse, die in anderen Fachgebieten erzielt wurden. In Zukunft soll ein großer Wert auf die Verwendung von Ergebnissen aus anderen Studien, hierbei auch aus anderen Bereichen, gelegt werden.	Verwenden Forscher Ergebnisse und Daten aus vorherigen Arbeiten, auch aus anderen Forschungsbereichen, als Basis für ihre eigene Arbeit?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 2	Die Fähigkeit bei der Verwendung von Umfragen, Fallstudien und Aktionsforschung sind gering. Zukünftig sind Forscher gut ausgebildet in der Anwendung einer großen Vielfalt von unterschiedlichen Forschungsmethoden und -techniken und wissen, wo Stärken und Schwächen liegen.	Wie hoch ist der Anteil bei der Verwendung von Umfragen, Fallstudien und Aktionsforschung? Wie hat sich die Nutzung dieser drei Methoden (Umfragen, Fallstudien und Aktionsforschung) in den vergangenen Jahren entwickelt?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 3	Ergebnisse von Studien sind häufig nicht belastbar, da nur eine Art von Forschungsdesign gewählt wird und Wiederholungen fehlt. Zukünftig werden zuverlässige Ergebnisse durch die Anwendung von Replication und Triangulation erzielt.	Verwenden empirische Studien Replication, Repetition und Triangulation?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 4	Bei vielen Studien handelt es sich meist nur darum, dass eine Technologie funktioniert oder um Erfahrungsberichte. Zukünftige empirische Bewertungen basieren hauptsächlich auf qualitativ hochwertigen Studien.	Handelt es sich bei der Studie um eine Einmalstudie? Wie groß und umfangreich ist die Studie (Anzahl Teilnehmer oder Literatur in Literaturrecherchen)?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 5	Häufig wird der Vergleich von Technologien nicht angegeben oder als nicht relevant gesehen. In Zukunft werden neue Technologien mit relevanten und alternativen Technologien verglichen.	Werden neue Ansätze oder Technologien mit bestehenden Ansätzen verglichen?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 6	Der Geltungsbereich einer Arbeit wird nur selten angegeben. Zukünftig soll der Bereich systematisch und definiert beschrieben werden.	Ist der Geltungsbereich der Arbeit definiert?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3 Punkt 7	Statistische Methoden werden mit wenig Wissen über Grenzen und Annahmen eingesetzt. Populationen sind nicht gut beschrieben und Experimenten fehlt es an Power-Analysen und Effektgrößenschätzungen. In Zukunft ist die Anwendung statistischer Methoden ausgereift. Populationen werden gut definiert und es werden Power-Analysen und Effektgrößenschätzungen durchgeführt.	Welche statistischen Methoden werden in der Forschung im RE verwendet? Wie hat sich die Nutzung dieser Methoden in den letzten Jahren geändert? Wird die Population / Zielgruppe der Forschung beschrieben? Werden Power-Analysen und Effektgrößenschätzungen durchgeführt?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 3.8	Statistisch-basierte Verallgemeinerung wird als vorwiegendes Mittel für die Generalisierung von Studien verwendet. Zukünftig geben Studien, vor allem durch den Einsatz von Theorien, eine vielfältige und reflektierte Sicht auf die Verallgemeinerung.	Werden (bestehende) Theorien in der Forschung verwendet, um eine vielfältige und reflektierte Sichtweise auf die Verallgemeinerung zu erhalten?

Tabelle 5.2: Qualität von empirischen Studien

In Tabelle 5.3 werden der aktuelle Stand und die Visionen im Bezug auf die Relevanz von empirischen Studien dargestellt. In diesem Bereich soll es in zukünftigen Studien unter anderem darum gehen, dass Forscher ihre Forschungsdaten veröffentlichen, um anderen Forschern diese zur Verfügung zu stellen. Auch sollen die Ergebnisse der Studie deutlich und verständlich dargestellt werden. Weiterhin soll der Kontext beschrieben werden, um zu zeigen, warum welche Methoden für die Forschung verwendet wurden.

Punkt	Aktueller Stand und Visionen (2020 - 2025)	Kompetenzfragen
Sjoberg et al.[25] Tabelle 4 Punkt 1	Die industrielle Relevanz der meisten RE Studien kann in Frage gestellt werden. In Zukunft sollten mehr Fallstudien und Aktionsforschungen durchgeführt werden. Bezüglich Themen, Technologien, Aufgaben und Softwaresysteme sollten Experimente mehr Realismus aufweisen.	Wie hoch ist der Anteil bei der Verwendung von Fallstudien und Aktionsforschung? Wie haben sich die Methoden in den letzten Jahren entwickelt? Wird der Anwendungsbereich von Experimenten beschrieben?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 4 Punkt 2	Es gibt nur wenige Arbeiten, die Antworten darauf geben, warum eine bestimmte Methode für die Forschung verwendet wurde. Zukünftig präsentieren Forscher ihre Ergebnisse so, dass andere Forscher diese aufnehmen und anwenden können, z.B. durch die Angabe des Kontexts, von Checklisten oder Empfehlungen (Guidelines).	Wird der Kontext (Scope) einer Arbeit beschrieben? Geben Forscher Ergebnisse, Checklisten oder Empfehlungen (Guidelines) an?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 4 Punkt 3	Nur wenige Studien veröffentlichen Ergebnisse, die für andere Forscher von großer Bedeutung sind oder die eine effizientere Forschung ermöglichen. In Zukunft werden mehr Studien so aufgebaut, dass eine effizientere Nutzung der Ergebnisse durch andere Forscher möglich ist.	Werden die Rohdaten, Materialien und Ergebnisse, die in einer Studie verwendet und erzielt wurden, veröffentlicht? Wird der Forschungsprozess der Studie beschrieben?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 4 Punkt 4	Wichtige Ergebnisse einer Studie werden durch akademische Sprache und mathematische Notationen versteckt und somit nicht an potentielle Nutzer weitergegeben. Künftig liegt ein höherer Fokus auf der Kommunikation der wichtigen Ergebnisse in verständlicher Sprache.	Wird die Antwort auf eine Forschungsfrage explizit im Text gegeben oder ist diese im Text versteckt? Werden die Ergebnisse verständlich dargestellt?

Tabelle 5.3: Relevanz von empirischen Studien

Tabelle 5.4 zeigt den aktuellen Stand und die Visionen hinsichtlich der Synthese von Beweisen. In diesem Bereich soll es zukünftig darum gehen, dass Forschungen durch die Verwendung von gemeinsamen Terminologien, Schlüsselwörtern oder auch Qualitätskriterien einheitlicher werden.

Punkt	Aktueller Stand und Visionen (2020 - 2025)	Kompetenzfragen
Sjoberg et al.[25] Tabelle 5 Punkt 2	Die Anzahl von systematischen Übersichten (systematic reviews) ist begrenzt. In Zukunft stehen sowohl aktuelle und relevante systematische Übersichten als auch evidenzbasierte Leitlinien und Checklisten zur Verfügung.	Wie hoch ist der Anteil von systematischen Studien, wie z.B. systematische Literaturrecherchen oder Mappingstudien? Bauen Literaturstudien auf den Daten von anderen Literaturstudien auf?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 5 Punkt 3	Sekundärforschung wird durch das Fehlen von gemeinsamen Terminologien und geeigneter Deskriptoren und Schlüsselwörtern sowie begrenzter Zugang zu elektronischen Ressourcen erschwert. Zukünftig gibt es ein gemeinsames Verständnis in der Verwendung von Terminologien, Deskriptoren und Schlüsselwörtern.	Gibt es eine einheitliche Nutzung von Terminologien und Schlüsselwörtern?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 5 Punkt 4	Es gibt keine standardisierten Qualitätskriterien für Primär- und Sekundärforschung. In Zukunft soll es einen gemeinsamen Satz für die Bewertung der Qualität von Studien geben.	Werden Qualitätskriterien oder Prüfungsverfahren genutzt, um primäre und sekundäre Forschungen zu analysieren und die Qualität zu sichern? Welche Qualitätskriterien werden verwendet?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 5 Punkt 6	Es werden nur wenige Ratschläge für die Kombination von verschiedenen Datentypen gegeben. Zukünftig bieten Forschung und Praxis eine Vielzahl von verschiedenen Ansätzen und Perspektiven für die Synthese von Erkenntnissen.	Verwenden Forscher mehr als eine Forschungsmethode? Welche Forschungsmethoden werden kombiniert? Welche Datensammlungs- und Analysemethoden werden kombiniert?

Tabelle 5.4: Synthese von Beweisen

### 5.3. Ergebnisse der Analyse

---

Punkt	Aktueller Stand und Visionen (2020 - 2025)	Kompetenzfragen
Sjoberg et al.[25] Tabelle 8 Punkt 1	Nur wenige Theorien werden verwendet und diese hauptsächlich für die Beantwortung von Forschungsfragen und Hypothesen. Künftig beinhalten die meisten Studien Theorien. Theorien zu erwägen, zu verwenden und zu testen ist Teil von jeder empirischen Arbeit.	Wie hoch ist die Anzahl verwendeter Theorien in RE Studien? Wie hat sich die Nutzung von Theorien über die Zeit geändert?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 8 Punkt 3	Theorien werden generell schlecht dokumentiert. Künftig gibt es einen weit verbreiteten Standard für die Beschreibung von Theorien auf eine klare und präzise Art.	Werden verwendete Theorien auf eine standardisierte Art beschrieben?
Sjoberg et al.[25] Tabelle 8 Punkt 4	Es ist schwierig, verwendete Theorien zu identifizieren. Zukünftig werden relevante Theorien auf Webseiten oder durch systematische Reviews systematisiert und charakterisiert.	Wie viele Studien stellen systematisiert und charakterisiert relevante Theorien dar?

Tabelle 5.5: Nutzung von Theorien

Die Aussagen in Tabelle 5.5 stellen den Stand und Visionen für die Nutzung von Theorien dar. In Zukunft sollen in diesem Bereich mehr Theorien in der empirischen Forschung verwendet werden, die gut dokumentiert und beschrieben sind.

Ausgehend von der gesamten Analyse aller beschriebenen Ist-Zustände und deren dazugehörigen Visionen, wurden die 35 ermittelten Kompetenzfragen mit dem parallel entwickelten Template abgeglichen. So soll ermittelt werden, welche Fragen mit der entwickelten Struktur und den erfassten Daten beantwortet werden können. Aufgrund der parallelen Entwicklung der Fragen und des Templates ist es nicht möglich gewesen, direkt eine umfassende Struktur zu entwerfen, um alle erforderlichen Daten zu allen Fragen zu erfassen. Durch die Menge der Fragen wird dies auch noch einmal erschwert. Denn für einige Fragen müssen teilweise spezifische und komplexe Inhalte erfasst werden. Eine Erweiterung der Struktur würde dann aber über den zeitlichen Rahmen dieser Arbeit hinausgehen und wurde aus diesem Grund nicht durchgeführt. Der zeitliche Aufwand für die Erstellung der Struktur in den vier Iterationen lag bei ca. zwei Monaten. Um die Richtigkeit dieser Fragen zu gewährleisten, wurden diese in Zusammenarbeit mit meinem Betreuer noch einmal überprüft und überarbeitet.

## 5.3 Ergebnisse der Analyse

Im Folgenden werden die Ergebnisse von einigen der aufgestellten Kompetenzfragen dargestellt. In der Analyse wurden Daten aus 165 untersuchten Publikationen verwendet. Alle Fragen sowie die dazugehörigen Ergebnisse können in meinem Github Repository<sup>9</sup> eingesehen werden. Diese Fragen wurden hierfür gewählt, da die Analyse

---

<sup>9</sup><https://github.com/fWern/Bachelor-Thesis>

für diese Fragen sehr aufschlussreich gewesen ist und interessante Erkenntnisse zum aktuellen Stand von empirischen Forschungsmethoden im RE zeigt.

### 5.3.1 Welche empirischen Forschungsmethoden verwenden Forscher im Bereich des RE?

Abbildung 5.2 zeigt die verwendeten Forschungsmethoden in der empirischen Forschung. Hierbei ist zu erkennen, dass Forscher Aktionsforschung, sekundäre Forschung, Studien, Interviews, Umfragen und Experimente als Forschungsmethode verwenden. Experimente machen dabei mit 26% (44) den größten Anteil der verwendeten Forschungsmethoden aus, gefolgt von Studien (21%, 36), sekundäre Forschung (20%, 34), Interviews (19%, 33) und Umfragen (13%, 23). Aktionsforschung wurde in den gesammelten Daten nur einmal als Forschungsmethode verwendet und hat einen Anteil von 1% (1). Bezogen auf die Vision in Tabelle 5.1 zeigt dieses Diagramm, dass Forscher eine Vielzahl von unterschiedlichen empirischen Methoden für ihre Forschung verwenden. Auch die Verteilung der einzelnen Forschungsmethoden ist hierbei relativ ausgeglichen, sodass es keine Methode gibt, die hauptsächlich in der empirischen Forschung im Bereich des RE verwendet wird.

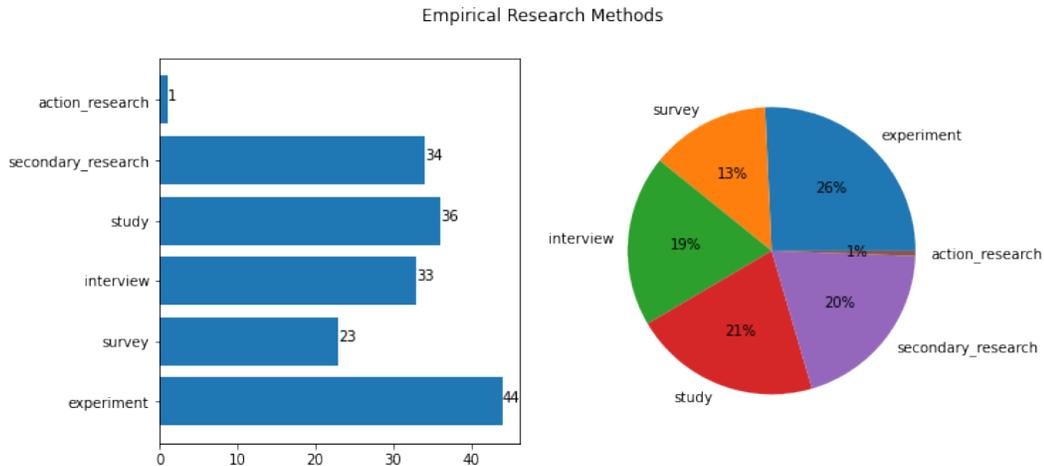


Abbildung 5.2: Verwendete empirische Forschungsmethoden

Abbildung 5.3 zeigt beispielhaft die SPARQL Abfrage, die für die Analyse dieser Frage geschrieben wurde.

```
""""
SELECT ?year, ?experiment, ?survey, ?interview, ?study, ?secondary_research, ?action_research
WHERE {
  ?paper orkgp:P31 ?contribution.
  ?contribution a orkgc:C27001.
  ?paper rdfs:label ?title.
  ?paper orkgp:P29 ?year.
  ?contribution rdfs:label ?contribution_name.
  ?contribution orkgp:P56008 ?data_collection_method.
  OPTIONAL{?data_collection_method orkgp:P1007/rdfs:label ?experiment}
  OPTIONAL{?data_collection_method orkgp:P57036/rdfs:label ?survey}
  OPTIONAL{?data_collection_method orkgp:P57034/rdfs:label ?interview.}
  OPTIONAL{?data_collection_method orkgp:P57040/rdfs:label ?study.}
  OPTIONAL{?data_collection_method orkgp:P57021/rdfs:label ?secondary_research.}
  OPTIONAL{?data_collection_method orkgp:P57020/rdfs:label ?action_research.}
}
""""
```

Abbildung 5.3: Auszug SPARQL Abfrage

#### 5.3.2 Wie hoch ist der Anteil bei der Verwendung von Umfragen, Fallstudien und Aktionsforschung?

Abbildung 5.4 stellt das Verhältnis der Forschungsmethoden Fallstudien, Umfragen und Aktionsforschung im Vergleich zu den anderen verwendeten Forschungsmethoden dar. Aktionsforschung wird nur sehr wenig als Forschungsmethode verwendet und hat deshalb mit nur 1% einen sehr geringen Anteil. Mit einem Anteil von 11% bei Fallstudien und 12% bei Umfragen, ist der Anteil der beiden Methoden fast gleich verteilt. Insgesamt machen diese drei Methoden mit 24% fast ein Viertel der verwendeten Forschungsmethoden in den gesammelten Daten aus. Hinsichtlich der Vision aus Tabelle 5.2 zeigt dieses Ergebnis, dass Fallstudien und Umfragen häufig verwendet werden, was der Vision entspricht. Aktionsforschung hingegen wird so gut wie nie als Forschungsmethode verwendet und müsste deutlich häufiger Verwendung finden, um die Vision zu erreichen.

Proportion of case studies, surveys and action research

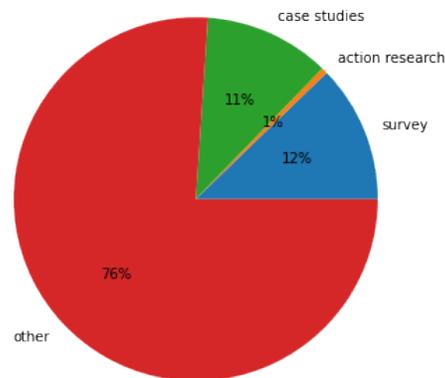


Abbildung 5.4: Anteil der Forschungsmethoden Fallstudien, Umfragen und Aktionsforschung

### 5.3.3 Wird die Datenbasis einer Studie veröffentlicht? Welche Daten werden veröffentlicht?

Abbildung 5.5 zeigt, welche Daten und wie häufig diese veröffentlicht wurden. Im linken Diagramm werden die Anteile der veröffentlichten Datentypen dargestellt. Daraus ist zu erkennen, dass Forscher am häufigsten Datensätze, wie z.B. Tabellen mit gesammelten Daten oder Ergebnissen (17%, 28), veröffentlichen. Material, in Form von Fragebögen oder eine Anleitung zum Ablauf der Studie, hat einen Anteil von 10% (17). Den geringsten Anteil hat die Veröffentlichung von Source Code (4%, 7). Insgesamt wurden 31% der gesammelten Daten veröffentlicht. Das rechte Diagramm stellt dar, wie viele Publikationen in den Jahren 2015 - 2021 ihre Daten veröffentlicht haben. Der Begriff *contribution* in der Legende stellt dabei eine Publikation dar, die im entsprechenden Jahr veröffentlicht wurde. Hierbei zeigt sich, dass es seit 2019 einen Anstieg bei der Veröffentlichung von Daten gibt. In Bezug auf die Vision in Tabelle 5.3 zeigt dieses Ergebnis, dass Forscher mehr Wert darauf legen sollten, ihre Daten zu veröffentlichen, um diese so anderen Forschern zur Verfügung zu stellen. Das Jahr 2021, in dem mehr als die Hälfte der veröffentlichten Publikationen auch Daten veröffentlicht haben, zeigt, dass der Trend dafür in die richtige Richtung geht.

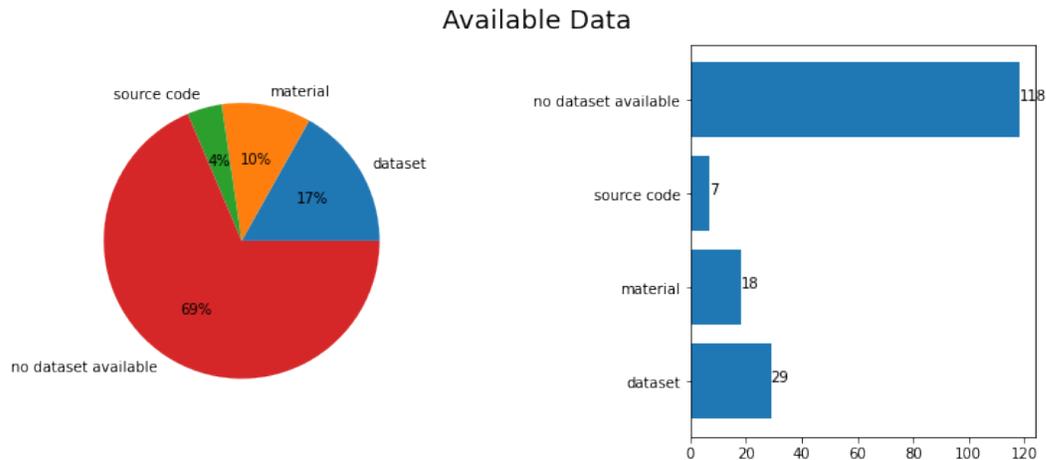


Abbildung 5.5: Anteil der Daten, die von Forschern veröffentlicht werden

#### 5.3.4 Welche Datensammlungs- und Analysemethoden werden kombiniert?

Abbildung 5.6 zeigt beispielhaft für Experimente, welche Methoden zur Datenanalyse in Kombination mit dieser Forschungsmethode verwendet werden. Dabei besitzen deskriptive Analysemethoden mit 30% den größten Anteil bei der Analyse von Experimenten, gefolgt von Inferenzstatistik (28%) und Machine Learning (23%). Coding und vergleichende Analyse besitzen jeweils 9% und damit den geringsten Anteil. Bezogen auf die Vision in Tabelle 5.4 zeigt dies, dass Forscher eine Vielzahl von verschiedenen Ansätzen für die Synthese von Ergebnissen verwenden. Zu sehen ist auch, dass die Forschung aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und nicht immer nur ein Weg verfolgt wird.

Analysis Methods in combination with Experiments

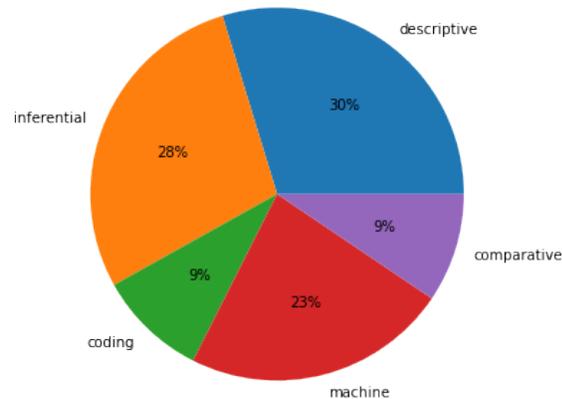


Abbildung 5.6: Datenanalysemethoden in Kombination mit Experimenten

## 5.4 Threats to Validity

Threats to Validity sind die Aspekte einer Arbeit, die eine Gefahr für die Validität der Arbeit darstellen. Die Erkennung dieser Bedrohungen ist wichtig, um Lesern und Forschern selbst ein besseres Verständnis über die Aussagekraft der Ergebnisse in Bezug auf Generalisierbarkeit und Gültigkeit zu geben. Es gibt dabei mehrere verschiedene Kategorien für die Bedrohung der Validität. Campbell und Stanley haben dafür zunächst zwei Kategorien definiert: internal und external validity [6]. Diese Kategorien der Validität wurden durch Cook und Campell um zwei weitere Kategorien erweitert: construct und conclusion validity [7].

### 5.4.1 Conclusion Validity

Die Bedrohungen von *conclusion validity* beziehen sich auf die Aspekte, die die korrekte Schlussfolgerung zwischen der Behandlung und dem Ergebnis beeinträchtigen [30].

Eine mögliche Bedrohung der *conclusion validity* ist, dass wichtige Daten aus Publikationen nicht berücksichtigt wurden, da diese möglicherweise schwerer aus dem Text herauszulesen waren als andere. Dies wird als *Fishing* bezeichnet und kann die Ergebnisse am Ende beeinflussen. Um dieses Problem zu verhindern, wurden al-

le Publikationen gleichermaßen genau untersucht. Bei aufkommenden Fragen wurde der Rat meines Betreuers hinzugezogen, um so mittels einer zweiten Meinung, auf Basis größerer Expertise im RE und empirischer Forschung, das Risiko von Fehlinterpretationen zu reduzieren. Mit diesem Vorgehen kann grundlegend dennoch nicht ausgeschlossen werden, dass Inhalte falsch interpretiert wurden. Diese Maßnahme vermindert aber die Bedrohung der Validität.

Eine weitere Bedrohung dieser Validität ist die Verlässlichkeit der Ergebnisse durch die Anwendung des Templates. Bei einer mehrmaligen Anwendung sollten immer die gleichen Ergebnisse erzielt werden. Dieses Problem wird als *Reliability of Measures* bezeichnet. Eine Möglichkeit, diesem Problem entgegenzuwirken, wäre die Erprobung des Templates mit mehreren Personen auf gleiche Publikationen. Mit diesen Ergebnissen könnte abgeglichen werden, wie ähnlich die Ergebnisse der verschiedenen Personen sind. Dies lag aber nicht im Fokus dieser Arbeit.

Ein weiteres Problem ist, dass die Anwendung des Templates im ORKG durch andere Forscher zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Dies wird als *Reliability of Treatment Implementation* bezeichnet. Um einheitliche Ergebnisse zu gewährleisten, wurden alle Eigenschaften des Templates mit dazugehörigen Beschreibungen definiert, so dass für andere Forscher erkenntlich wird, welche Daten wie eingetragen werden müssen. Dabei wird aber auch davon ausgegangen, dass alle Forscher das Template identisch anwenden können. Um eine Aussage darüber treffen zu können sind weitere Studien erforderlich, die nicht Teil dieser Arbeit waren.

### 5.4.2 Internal Validity

Unter dem Aspekt *internal validity* muss sichergestellt werden, dass es sich bei einem Zusammenhang zwischen der verwendeten Vorgehensweise und dem Ergebnis um eine kausale Beziehung handelt. Diese Beziehung sollte nicht das Ergebnis eines anderen Faktors sein, auf den kein Einfluss genommen oder der nicht gemessen werden kann, sondern nur durch deren Vorgehensweise bestimmt wird [30].

Eine Bedrohung der *internal validity* ist, dass bei einer längeren Arbeit mit dem Template Müdigkeit und dadurch entstehende Konzentrationsschwächen auftreten können, wodurch unter Umständen falsche Daten eingetragen oder wichtige Daten übersehen werden können. Diesem Problem wurde entgegengewirkt, indem regelmäßige Pausen eingelegt wurden, um die Konzentrationsfähigkeit während der Untersuchung beizubehalten.

Eine weitere Gefahr besteht außerdem darin, dass nicht alle Daten, die in Publikationen während der Untersuchung gefunden wurden, auch im Template beschrieben werden können. Um diese Gefahr zu verringern, wurden während der Arbeit fehlende Eigenschaften ergänzt, damit alle wichtigen Daten auch im Template beschrieben und so im ORKG gesammelt werden können.

Eine weitere Bedrohung der *internal validity* ist, dass durch die Arbeit von mehreren Personen mit dem Template unterschiedliche Ergebnisse entstehen können. Die Ergebnisse müssten in diesem Fall immer wieder zusammen mit allen beteiligten Personen verifiziert werden, um ein einheitliches Ergebnis zu erzielen. Um dieser Bedrohung entgegenzuwirken und einheitliche Ergebnisse zu gewährleisten, habe nur ich in dieser Arbeit Daten mit dem Template erfasst.

### 5.4.3 Construct Validity

*Construct validity* bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen der Theorie und der Beobachtung. Wenn es einen kausalen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung gibt, muss sichergestellt werden, dass die Vorgehensweise die Ursache und das Ergebnis die Wirkung gut widerspiegelt [30].

Eine mögliche Bedrohung der *construct validity* ist, dass die semantische Struktur vor der Anwendung im ORKG nicht gut genug ausgearbeitet wurde, um vernünftige Ergebnisse zu erzielen. Diesem Problem wurde entgegengewirkt, indem die Struktur zuvor auf einzelne Publikationen angewendet und mit Hilfe einer Tabelle die entsprechenden Daten gesammelt wurden. So konnten vor der Anwendung im ORKG bereits Fehler in der Struktur oder fehlende Eigenschaften gefunden werden, die in den Iterationen ergänzt wurden.

In dieser Arbeit wurden nur Publikationen aus dem Research Track der International Requirements Engineering Conference untersucht und damit nur eine Möglichkeit von vielen genutzt. Dies stellt eine weitere Gefahr für die *construct validity* dar und wird als *Mono-operation bias* bezeichnet. Diesem Problem wird dahingehend entgegengewirkt, dass diese Konferenz Publikationen aus den letzten 30 Jahren bereitstellt. Mit durchschnittlich 30 Publikationen pro Jahr sind dies etwa 900 Publikationen, von denen bisher 199 untersucht wurden. Die fehlenden Publikationen können in Zukunft ebenfalls untersucht und mit dem Template beschrieben werden, um bessere Aussagen treffen zu können. Das Template in Zukunft auch auf

andere Konferenzen angewendet werden. Weitere Möglichkeiten sind die Konferenzen REFSQ (Requirements Engineering Foundation for Software Quality), EmpiRE (International Workshop on Empirical Requirements Engineering), ESEIW (Empirical Software Engineering International Week), ESEM (International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement) oder die Journals Requirements Engineering oder Empirical Software Engineering.

In dieser Arbeit lag der Fokus auf der Verwendung des Templates im ORKG, um Wissen über Forschungspraktiken- und methoden zu sammeln. Dies stellt eine Gefahr für die *construct validity* dar, da lediglich nur eine Methode für die Datenerhebung genutzt wurde und deswegen zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen kann.

Die entwickelte generische, semantische Struktur wurde in dieser Arbeit nur im Bereich des RE erprobt. Dies stellt eine Gefahr für die *construct validity* dar, da nicht gesagt werden kann, ob die Struktur generisch genug ist, um auch in anderen Domänen angewendet werden zu können. Um eine Aussage über die Anwendbarkeit des Templates in anderen Domänen zu treffen, muss diese Struktur in Zukunft auch in anderen Bereichen erprobt werden.

### 5.4.4 External Validity

Bei dem Aspekt der *external validity* geht es darum, inwieweit die Ergebnisse der Arbeit verallgemeinert werden können. Hierbei muss auch geklärt werden, inwiefern kausale Zusammenhänge, die durch die Arbeit ermittelt werden, repräsentativ für die Allgemeinheit sein können [30].

Eine Bedrohung der *external validity* ist, dass die Ergebnisse aus den gesammelten Daten mit dem Template nicht unbedingt verallgemeinert werden können. In dieser Arbeit wurde primär der Bereich des RE mit dem Template untersucht. Um die Verallgemeinerbarkeit der Aussagen zumindest auf den in dieser Arbeit fokussierten Bereich des RE zu gewährleisten, wurden mit 199 Publikationen aus dem RE in den Jahren 2014 - 2021 ein größerer Umfang untersucht. So soll ein möglichst großer Bereich des RE abgedeckt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit das Template zu erweitern, um damit alle RE Tracks entsprechend erfassen zu können.

Eine weitere Gefahr der *external validity* ist, ob die entwickelte generische, semantische Struktur auch auf andere Domänen angewendet werden kann. Darüber kann zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussage getroffen werden, da bisher nur der Bereich des

RE untersucht wurde. In Zukunft muss diese Struktur auch in anderen wissenschaftlichen Domänen erprobt werden, um die generische Eigenschaft und eine mögliche Anwendbarkeit in Domänen zu überprüfen.

## 5.5 Schlussfolgerung

Durch die Verwendung des ORKG in Verbindung mit dem Template wurden die Daten über Forschungspraktiken und -methoden im RE nachhaltig und wiederverwendbar gesammelt. Diese Daten können so durch andere Forscher ständig abgerufen werden und für eigene Analysen und Forschungen verwendet werden. Durch die Veröffentlichung des Skripts, das für die Analyse der Kompetenzfragen verwendet wurde, die Ergebnisse frei zur Verfügung. Diese können so durch andere Forscher für eine eigene Forschung verwendet werden. Außerdem ist damit auch die Ausbaufähigkeit gegeben, so dass das Skript für weitere Analysen erweitert werden kann. Das bestehende Skript muss nicht verändert werden, wenn neue Daten im ORKG hinzugefügt werden. Dazu muss es lediglich nur einmal neu ausgeführt werden, um sowohl die neu hinzugefügten Daten als auch die bestehenden Daten im ORKG in die Analyse einzubeziehen, um so neue Ergebnisse zu erhalten.

Die Analyse der Kompetenzfragen zeigt, dass in der empirischen Forschung im Bereich des RE eine Vielzahl von unterschiedlichen Forschungspraktiken und -methoden angewendet werden. Es gibt dabei keine Methode, die hauptsächlich für die Forschung verwendet wird. Vielmehr wird die Forschung aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Dies zeigt sich daran, dass für die Forschung teilweise zwei oder mehr Methoden für die Datensammlung verwendet werden, aber auch dadurch, dass die gesammelten Daten in der Forschung durch eine Vielzahl von unterschiedlichen Datenanalysemethoden analysiert werden.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Entwicklung der empirischen Forschung im RE in einigen Bereichen schon weiter vorangeschritten ist, in anderen Bereichen hingegen noch Potential für eine Weiterentwicklung besteht. Die Forschungsmethode Aktionsforschung wurde so gut wie nie verwendet. Zukünftig müssen Forscher mehr Wissen über diese Forschungsmethode sammeln, um herauszufinden, wo die Stärken liegen, damit diese Methode häufiger Anwendung in der Forschung findet. Außerdem wurden insgesamt nur 32% der Forschungsdaten veröffentlicht. In Zukunft muss dort mehr Wert auf die Nachhaltigkeit dieser Daten gelegt werden, da diese gerade auch für andere Forscher von großem Interesse sein können. Weiterhin werden die Ergebnisse einer Forschung nur selten im Text einer Publikation hervorgehoben. Forscher sollten dafür sorgen, dass die Ergebnisse einer Forschung deutlich hervorgehoben

werden, um diese so klar untereinander kommunizieren zu können.

Für die gesammelten Daten zeigen diese Ergebnisse, dass für den Bereich des RE, und damit auch den Bereich des SE, aussagekräftige Resultate für verwendete Forschungspraktiken und -methoden über empirische Forschung erzielt werden können.

Mit der aktuellen semantischen Struktur konnten 12 von 35 Kompetenzfragen beantwortet werden. Für die Beantwortung der restlichen Fragen sind Erweiterungen der semantischen Struktur nötig. Da diese Erweiterungen über den Zeitrahmen dieser Arbeit hinausgehen würden, werden mögliche Erweiterungen nur theoretisch vorgestellt.

Um den Industriebereich untersuchen zu können, kann ein neuer Knoten hinzugefügt werden, der den Bereich, in dem die Forscher arbeiten, beschreibt. Durch diese Erweiterung wäre es auch möglich, nicht nur den Industriebereich, sondern auch andere Bereiche gezielter zu analysieren.

Eine weitere mögliche Erweiterung ist ein weiterer Hauptknoten, der für die grundlegende Beschreibung von Theorien verwendet werden kann. So können Daten darüber gesammelt werden, ob Theorien überhaupt Anwendung in der Forschung finden. Auch können Theorien inhaltlich beschrieben werden, um so beispielsweise herauszufinden, welchem Bereich eine verwendete Theorie entstammt. Um Aussagen über mögliche beschreibende Eigenschaften zu finden, müsste der Bereich der Theorien dahingehend vorher untersucht werden.

Für den Bereich der Datenanalyse könnte ein Knoten für Qualitätskriterien eingefügt werden, um verwendete Kriterien für die Analyse von primärer und sekundärer Forschung untersuchen und beschreiben zu können.



# Kapitel 6

## Diskussion

### 6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In dieser Arbeit wurde eine generische, semantische Struktur entwickelt, die wissenschaftliche Publikationen aus unterschiedlichen Domänen inhaltlich auf eine einheitliche Weise beschreiben soll. Diese Struktur wurde dafür zunächst im Bereich des RE erprobt und soll dabei helfen, das Wissen über Forschungspraktiken und -methoden aus diesem Bereich im ORKG zu akquirieren, zu kuratieren, zu veröffentlichen und zu verarbeiten. Mit dem Erstellen der semantischen Struktur und der Verwendung von dieser als Template im ORKG wurden sowohl die Akquirierung als auch die Kuratierung der Daten im ORKG erreicht. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zum aktuellen Zeitpunkt Daten aus 199 Publikationen aus dem Research Track im Zeitraum 2014 bis 2021 der International Requirements Engineering Conference aus dem Bereich des RE im ORKG gesammelt. Die vorhandenen Daten im ORKG wurden anschließend in einem Jupyter Notebook, ausgehend von den aufgestellten Kompetenzfragen in Kapitel 5, verarbeitet und analysiert. Das Skript für die Analyse wurde öffentlich zugänglich gemacht und kann ohne Einschränkungen von anderen Forschern genutzt werden. Des Weiteren ist damit auch die Erweiterung des Skripts gegeben und kann so für weitere Analysen angepasst oder ausgebaut werden.

Die Ergebnisse der Kompetenzfragen zeigen, dass in der empirischen Forschung im RE viele unterschiedliche Methoden für die Datensammlung und -analyse verwendet werden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass mit den gesammelten Daten aussagekräftige Ergebnisse über verwendete Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des RE erzielt werden können. Zu beachten ist aber, dass von etwa 900 möglichen Publikationen nur ein Teil mit dem Template untersucht wurde, weshalb die Gene-

ralisierbarkeit der Ergebnisse dahingehend limitiert ist. Außerdem wurde in dieser Arbeit nur der Bereich des RE auf verwendete Forschungspraktiken und -methoden untersucht, sodass noch keine Aussage darüber getroffen werden kann, wie generisch und anwendbar die semantische Struktur auch in anderen Domänen ist.

## 6.2 Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit

Mit dieser Arbeit und der semantischen Struktur wird gezeigt, dass der ORKG als Forschungswissensgraph mit seinen Funktionen eine gute Möglichkeit bietet, Daten nachhaltig und wiederverwendbar zu sammeln. Die gesammelten Daten stehen anderen Forschern langfristig zur Verfügung und können von diesen genutzt werden. Durch die Nachhaltigkeit der Daten im ORKG ist auch die Wiederverwendbarkeit gegeben. Die bestehenden Daten können dabei durch andere Forscher für eigene Forschungen verwendet werden oder sie haben die Möglichkeit bestehende Daten im ORKG auch überarbeiten. Auch das erstellte Template wurde nachhaltig im ORKG implementiert und kann von anderen Forschern immer wieder verwendet werden, so dass diese selbst neue Daten und somit neues Wissen in den ORKG einfügen können.

Um die Wiederverwendbarkeit der vorhandenen Daten noch einmal zu verdeutlichen, wurden nach der Analyse der dieser Daten, Publikationen aus dem Jahr 2014 aus dem RE im ORKG hinzugefügt. Wie zuvor wurden die Publikationen im ORKG eingefügt und mit dem Template inhaltlich beschrieben, um dieses Wissen nachhaltig im ORKG zu sammeln. Um diese Daten nun zu analysieren, muss das vorhandene Skript im Jupyter Notebook nicht verändert werden. Dieses muss nur noch einmal ausgeführt werden, um die neu hinzugefügten Daten aus dem ORKG abzurufen und diese zusammen, mit den bereits bestehenden Daten im ORKG, zu analysieren und so neue Ergebnisse zu erzielen. Abbildung 6.1 zeigt ein Diagramm, welches auch schon in der Analyse in Kapitel 5 dargestellt wurde. Dabei stellt das obere Diagramm die Daten aus Publikationen im Zeitraum 2015 - 2021 dar. Im unteren Diagramm werden die neuen hinzugefügten Daten aus dem Jahr 2014 gezeigt, so dass dort der Zeitraum 2014 - 2021 von empirischen Forschungsmethoden dargestellt wird. Dies zeigt, wie leicht der Datenbestand im ORKG erweitert und für weitere Analysen verwendet werden kann.

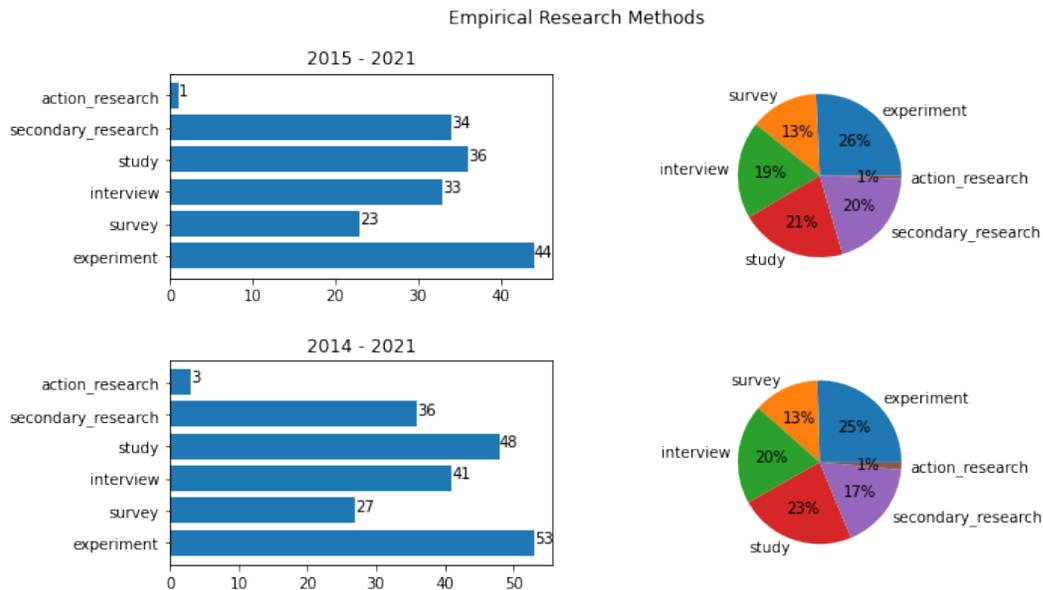


Abbildung 6.1: Wiederverwendbarkeit der Daten

Durch die Verwendung des ORKG werden die Daten nachhaltig und wiederverwendbar gesammelt. Damit sind diese Daten FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). Die Analyse der Fragen mit dem Jupyter Notebook und SPARQL zeigt, dass bestehende Daten im ORKG nicht nur von Forschern, sondern auch von Maschinen auffindbar sind und genutzt werden können. Dies zeigt auch, dass die Interoperabilität der Daten gegeben ist, da die Daten auch außerhalb des ORKG durch andere Programme verarbeitet werden können. Der ORKG selbst steht allen Forschern frei zur Verfügung, sodass auch die Daten darin von jedem abgerufen und verwendet werden können. Die Wiederverwendbarkeit der Daten wurde durch das Hinzufügen neuer Daten und der anschließenden Wiederverwendung der Daten im Jupyter Notebook noch einmal verdeutlicht.

## 6.3 Best Practices

In dieser Arbeit wurde der ORKG verwendet, um Wissen über Forschungspraktiken und -methoden im Bereich des RE zu sammeln. In diesem Kapitel wird darauf eingegangen, worauf bei der Arbeit mit dem ORKG geachtet werden sollte, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Folgende Punkte sollten beachtet werden.

- Bevor Templates, vor allem sehr komplexe, im ORKG implementiert werden, muss zuerst eine gründliche Analyse in diesem Bereich erfolgen. Durch die Analyse soll zum einen ein logischer Aufbau und zum anderen treffende, beschreibende Eigenschaften gefunden werden.
- Es sollte immer versucht werden, bestehende Einträge wiederzuverwenden, damit keine redundanten Einträge, die dieselbe Bedeutung haben, entstehen.
- Bevor ein Nutzer neue Daten in den ORKG einträgt, sollte eine Untersuchung für den Bereich, in dem diese eingetragen werden sollen, erfolgen. Dies soll vermeiden, dass falsche Daten in den ORKG eingetragen werden. Beispielsweise nutzen andere diese Daten für eine Analyse und erhalten durch diese falschen Daten schlechte oder irreführende Ergebnisse.

Während der Arbeit mit dem ORKG bin ich auf Probleme gestoßen, die ich im Folgenden darstelle und für die ich einen Lösungsansatz vorschlage.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 199 Publikationen im ORKG eingefügt. Eine Comparison mit all diesen Daten ist nicht möglich, da die Daten aller Contributions nicht übersichtlich in einer Übersicht dargestellt werden können. Das Problem ist, dass nicht immer die gleichen Daten in jeder Publikation vorhanden waren, sodass in der Comparison viele leere Lücken entstehen und die Comparison dadurch sehr groß und unübersichtlich wird. Ein richtiger Vergleich von Forschungspraktiken und -methoden ist so nur schwer möglich. Eine leichtere Auswahl von den Inhalten, die für einen Vergleich geeignet sind, könnte für eine bessere Übersicht sorgen. Damit könnten kleinere und übersichtlichere Comparisons erstellt werden.

Nachdem das Template auf eine Publikation im ORKG angewendet wurde, können die Eigenschaften von diesem ausgewählt und beschrieben werden. Dabei ist es mir beim Eintragen von Daten zu Beginn häufiger passiert, dass ich den "Zurück"-Button im Browser anstatt den des Templates genutzt habe. Dadurch werden alle Eigenschaften, die noch nicht beschrieben wurden, wieder entfernt. Diese müssen dann nachträglich wieder hinzugefügt werden. Als Lösung könnte eine Meldung angezeigt werden, ob die Seite wirklich verlassen werden soll, wenn der Edit-Modus aktiv ist.

# Kapitel 7

## Fazit und Ausblick

### 7.1 Fazit

Für Forscher wird es in der heutigen Zeit immer schwieriger, eine Übersicht über alle gängigen Forschungspraktiken und -methoden in ihrem Forschungsbereich zu behalten. Das grundlegende Problem bei bisherigen Untersuchungen von Forschungspraktiken ist, dass die Datenbasis nicht langfristig und nachhaltig aufbereitet wird. Die Daten werden meist nur in Datentabellen gesammelt, die nicht weiter zur Verfügung gestellt werden. Dies erschwert die Aufnahme oder Erweiterung einer bestehenden Untersuchung durch andere Forscher, da ohne vorhandene Daten der Datensammelungs- und Analyseprozess komplett wiederholt werden muss.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, wurde in dieser Arbeit eine generische, semantische Struktur entwickelt. Mit dieser soll es möglich sein, wissenschaftliche Publikationen aus unterschiedlichen Domänen inhaltlich auf verwendete Forschungspraktiken und -methoden auf eine einheitliche Weise zu beschreiben. Im Rahmen dieser Arbeit wurde dieses Template zunächst auf Publikationen aus dem Bereich des RE angewendet. Die entwickelte semantische Struktur wurde dafür zuerst als Template im ORKG implementiert, um die Daten aus den Publikationen im ORKG zu sammeln. Insgesamt wurden 199 Publikationen im Zeitraum 2014 - 2021 aus dem Bereich des RE untersucht.

Mit der Verwendung des ORKG und der semantische Struktur als Template wurden die untersuchten Daten nachhaltig und wiederverwendbar gesammelt. Somit wurde das Ziel der Akquirierung und Kuratierung von Forschungsmethoden im Bereich des RE erreicht. Diese Daten stehen so langfristig für andere Forscher zu Verfügung und

können von diesen für eigene Forschungen oder weitere Analysen verwendet werden. Ein aktueller Stand von Forschungspraktiken und -methoden steht somit zur Verfügung. Dies kann zukünftig dabei helfen, Forschern einen Überblick über alle aktuellen Forschungsmethoden zu geben. Aber auch, um dem Problem der geringen Datenverfügbarkeit entgegenzuwirken.

Die Veröffentlichung und Weiterverarbeitung der Daten erfolgte ausgehend von den in Kapitel 5 aufgestellten Kompetenzfragen. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass im RE eine Vielzahl von unterschiedlichen Datensammlungs- und Analysemethoden für die empirische Forschung verwendet werden. Außerdem zeigt sich, dass einige Bereiche schon weiter vorangeschritten sind als andere, so dass eine Weiterentwicklung nötig ist. Die Ergebnisse der Kompetenzfragen und das Skript für die Analyse wurden veröffentlicht, so dass diese von anderen Forschern frei genutzt werden können. Mit der Veröffentlichung des Skripts ist die Erweiterung für weitere Analysen gegeben. Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit sind somit langfristig gewährleistet.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass es mit der aktuellen semantischen Struktur möglich ist, aussagekräftige Resultate über empirische Forschung im RE zu erzielen. Wie anwendbar die Struktur auch in anderen Domänen ist, muss in zukünftigen Arbeiten untersucht werden. Der ORKG bietet dafür effiziente Werkzeuge, um Wissen aus wissenschaftlichen Publikationen nachhaltig und wiederverwendbar zu sammeln. Diese stehen so langfristig und frei zur Verfügung. Dem Problem der geringen Datenverfügbarkeit kann damit entgegengewirkt werden.

## 7.2 Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine möglichst generische, semantische Struktur zu entwickeln, um damit verwendete Forschungspraktiken und -methoden aus unterschiedlichen Domänen zu untersuchen. Diese semantische Struktur wurde in dieser Arbeit zunächst nur auf wissenschaftliche Publikationen im Bereich des RE angewendet. In zukünftigen Arbeiten könnte die semantische Struktur auch auf andere Domänen angewendet werden, um zum einen die generische Eigenschaft zu überprüfen und zum anderen, um die verwendeten Forschungspraktiken und -methoden anderer Domänen zu untersuchen. So kann beispielsweise empirische Forschung im RE mit empirischer Forschung in anderen Domänen verglichen werden, um neues Wissen zu generieren. Unterschiedlichen Domänen können nicht nur verglichen, sondern auch tiefgehend analysiert werden. Zukünftig kann untersucht werden, wie in anderen Domänen geforscht wird und welche Forschungspraktiken und -methoden dort zur Anwendung

kommen. Dahingehend kann auch weiter analysiert werden, wie sich die Forschung in diesen Domänen über die Zeit entwickelt hat. Dies könnte dabei helfen, jungen und neuen Disziplinen den Weg zu einem guten empirischen Forschungsvorgehen zu erleichtern. Aber auch etablierte Disziplinen könnten dadurch profitieren. Beispielsweise werden in einer Domäne Forschungspraktiken und -methoden verwendet, die auch in anderen Domänen hilfreich sein könnten. Dies kann die Weiterentwicklung fördern, um so neue Erkenntnisse zu gewinnen, die vorher eventuell nicht möglich waren. Auch können die neu gewonnenen Informationen helfen, zu verstehen, welche Informationen in den verschiedenen wissenschaftlichen Domänen kommuniziert werden. So wäre es möglich, einheitlichere Strukturen für wissenschaftliche Publikationen zu entwerfen oder aber auch klare Kriterien zu ermitteln, welche Informationen berichtet werden müssen oder über was berichtet werden kann.

In dieser Arbeit wurde auch nur ein Bruchteil der etwa 900 zur Verfügung stehenden Publikationen aus dem RE untersucht. Auch hier kann in Zukunft weiter daran gearbeitet werden, diese Publikationen mit dem Template zu beschreiben und die Daten nachhaltig und wiederverwendbar im ORKG zu sammeln. Mit den neuen Daten sollen aussagekräftigere Ergebnisse über empirische Forschung für den Bereich des RE erzielt werden.

Ein weiteres Ziel für zukünftige Arbeiten ist die Erweiterung der aktuellen semantischen Struktur. Mit der aktuellen Struktur ist es nicht möglich, alle gestellten Kompetenzfragen zu beantworten. Mögliche Erweiterungen für die semantische Struktur wurden in Kapitel 5 bereits dargestellt. Die Erweiterungen des Templates erfordert zuvor eine Analyse, damit treffende und beschreibende Eigenschaften gefunden werden können. Durch kommende Erweiterungen wird es dann möglich sein, neue Daten zu sammeln, um das Wissen über RE im ORKG zu erweitern.

Zukünftige Arbeiten können auch die Verwendung des Templates durch andere Personen untersuchen. Hierbei kann ein Vergleich der Daten stattfinden, die durch unterschiedliche Personen mit dem Template eingetragen wurden. Durch diesen Vergleich kann erkannt werden, wie sehr sich die Daten ähneln oder wie unterschiedlich diese sind. Dies kann dabei helfen, Eigenschaften und Beschreibungen des Templates anzupassen, um so einheitlichere Ergebnisse zu erzielen.



# Literaturverzeichnis

- [1] Talat Ambreen et al. “Empirical research in requirements engineering: trends and opportunities”. In: *Requirements Engineering* (2018). DOI: 10.1007/s00766-016-0258-2.
- [2] Marco Anteghini et al. “Representing semantified biological assays in the open research knowledge graph”. In: *International Conference on Asian Digital Libraries*. Springer. 2020, pp. 89–98.
- [3] Sören Auer et al. “Improving access to scientific literature with knowledge graphs”. In: *Bibliothek Forschung und Praxis* 44.3 (2020), pp. 516–529.
- [4] E Börger et al. “Requirements capture, documentation, and validation”. In: *Dagstuhl Seminar*. 99241. Citeseer. 1999.
- [5] Aras Bozkurt et al. “The current state of the art in STEM research: A systematic review study”. In: *Cypriot Journal of Educational Sciences* 14.3 (2019), pp. 374–383.
- [6] Donald Thomas Campbell. “Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching”. In: *Handbook of research on teaching* 5 (1963), pp. 171–246.
- [7] Thomas D Cook, Donald Thomas Campbell, and Arles Day. *Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings*. Vol. 351. Houghton Mifflin Boston, 1979.
- [8] Maya Daneva et al. “Empirical research methodologies and studies in Requirements Engineering: How far did we come?” In: *Journal of systems and software* 95 (2014), pp. 1–9.
- [9] Tamer E El-Diraby. “Domain ontology for construction knowledge”. In: *Journal of Construction Engineering and Management* 139.7 (2013), pp. 768–784.
- [10] Lisa Ehrlinger and Wolfram Wöß. “Towards a definition of knowledge graphs.” In: *SEMAN-TiCS (Posters, Demos, SuCCESS)* 48.1-4 (2016), p. 2.
- [11] David Escudero Mancebo et al. “Research methods in Engineering Design: A systematic literature review”. In: (2021). DOI: <https://doi.org/10.31224/osf.io/tudwa>.
- [12] Said Fathalla et al. “Towards a Knowledge Graph Representing Research Findings by Semantifying Survey Articles”. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. Ed. by Jaap Kamps et al. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 315–327. ISBN: 978-3-319-67008-9. DOI: 10.1007/978-3-319-67008-9\_25.
- [13] Ali Heidari et al. “A systematic mapping study on tourism business networks”. In: *European Business Review* (2018).

- 
- [14] Aidan Hogan et al. “Knowledge Graphs”. In: *ACM Comput. Surv.* 54.4 (July 2021). ISSN: 0360-0300. DOI: 10.1145/3447772. URL: <https://doi.org/10.1145/3447772>.
- [15] Oliver Karras et al. “Researcher or Crowd Member? Why not both! The Open Research Knowledge Graph for Applying and Communicating CrowdRE Research”. In: *2021 IEEE 29th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)*. 2021, pp. 320–327. DOI: 10.1109/REW53955.2021.00056.
- [16] Javed Ali Khan et al. “Crowd intelligence in requirements engineering: Current status and future directions”. In: *International working conference on requirements engineering: Foundation for software quality*. Springer. 2019, pp. 245–261.
- [17] Carsten Knoll. “Examining the ORKG towards Representation of Control Theoretic Knowledge—Preliminary Experiences and Conclusions”. In: (2022).
- [18] Andreas Kuckertz and Alicia Prochotta. “What’s hot in entrepreneurship research 2018?” In: (2018).
- [19] K. Pohl and C. Rupp. *Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum Certified Professional for Requirements Engineering Foundation Level*. iSQI-Reihe. Dpunkt.Verlag GmbH, 2021. ISBN: 9783864908149. URL: <https://books.google.de/books?id=4Pv5zQEACAAJ>.
- [20] L. Pouillet, J.-M. Pinon, and S. Calabretto. “Semantic structuring of documents”. In: *Proceedings of the Third Basque International Workshop on Information Technology - BIWIT'97 - Data Management Systems*. 1997, pp. 118–124. DOI: 10.1109/BIWIT.1997.614058.
- [21] Allen H. Renear and Carole L. Palmer. “Strategic reading, ontologies, and the future of scientific publishing”. English (US). In: *Science* 325.5942 (2009), pp. 828–832. ISSN: 0036-8075. DOI: 10.1126/science.1157784.
- [22] Mila Runnwerth, Markus Stocker, and Sören Auer. “Operational Research Literature as a Use Case for the Open Research Knowledge Graph”. In: *Mathematical Software – ICMS 2020*. Ed. by Anna Maria Bigatti et al. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 327–334. DOI: 10.1007/978-3-030-52200-1\_32.
- [23] Rubens Santos, Eduard C Groen, and Karina Villela. “An Overview of User Feedback Classification Approaches.” In: *REFSQ Workshops*. 2019.
- [24] K Schneider. *Grundlagen der Software-Technik*. Leibniz Universität Hannover. 2020.
- [25] Dag I. K. Sjøberg, Tore Dyba, and Magne Jørgensen. “The Future of Empirical Methods in Software Engineering Research”. In: *Future of Software Engineering (FOSE '07)*. 2007, pp. 358–378. DOI: 10.1109/FOSE.2007.30.
- [26] Larisa Soldatova and Maria Liakata. “CISP the proposed Core Information about scientific Papers”. In: (Dec. 2007).
- [27] Markus Stocker et al. “SKG4EOSC-Scholarly Knowledge Graphs for EOSC: Establishing a backbone of knowledge graphs for FAIR Scholarly Information in EOSC”. In: *Research Ideas and Outcomes* 8 (2022), e83789.

- [28] Timothy H. Vines et al. “The Availability of Research Data Declines Rapidly with Article Age”. In: *Current Biology* 24.1 (2014), pp. 94–97. ISSN: 0960-9822. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.11.014>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982213014000>.
- [29] Ubbo Visser et al. “BioAssay Ontology (BAO): a semantic description of bioassays and high-throughput screening results”. In: *BMC bioinformatics* 12.1 (2011), pp. 1–16.
- [30] Claes Wohlin et al. *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [31] Li Zhang et al. “Empirical Research in Software Engineering - A Literature Survey”. In: *Journal of Computer Science and Technology* (2018), pp. 876–899. DOI: 0.1007/s11390-018-1864-x.