

# Master-Thesis

Identifikation und Vergleich von Autorenangaben zu Software  
zwischen verschiedenen Datenquellen

Eingereicht am: 8. Dezember 2024

von: Kevin Jahrens  
geboren am 05.08.1999  
in Bad Oldesloe

Matrikelnummer: 480592

Betreuer: Prof. Dr. -Ing. Frank Krüger<sup>ID</sup>  
Hochschule Wismar, Fakultät für Ingenieurwissenschaften  
Bereich Elektrotechnik und Informatik, Wismar, Deutschland

Zweitbetreuer: M.A. Stephan Druskat<sup>ID</sup>  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR),  
Institut für Softwaretechnologie, Berlin, Deutschland

Wismar, 1. Juli 2024

## Master-Thesis

für: Herr Kevin Jahrens

Identifikation und Vergleich von Autorenangaben zu Software zwischen verschiedenen Datenquellen

Identifikation and comparison of authors of software across different data sources

### Disposition

Software spielt eine zentrale Rolle in der Wissenschaft und sollte daher in wissenschaftlichen Arbeiten zitiert werden. Insbesondere für Autoren wissenschaftlicher Software ist die Zitation wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Anerkennung, sodass diese auch zunehmend in wissenschaftlichen Lebensläufen genannt werden und Beachtung finden. Anders als bei wissenschaftlichen Publikationen ist bei wissenschaftlicher Software aktuell noch unklar, welcher Anteil an der Entwicklung zu einer Nennung als Autor führt. Darüber hinaus existieren in verschiedenen Datenquellen widersprüchliche Angaben für Zitationsvorschläge bzgl. der Autoren einer Software.

Ziel dieser Masterarbeit ist es zu untersuchen inwieweit sich die Angaben von Autoren für Open Source Software unterscheiden. Dazu sollen öffentlich verfügbare Repositorien mit R und Python Paketen – als Stellvertreter für wissenschaftliche Software – hinsichtlich ihrer Autorenangaben untersucht werden. Insbesondere sollen die angegebenen Metadaten in den Repositorien (z.B. citation.cff) mit den Metadaten in Paketdatenbanken (<https://pypi.org/> und <https://cran.r-project.org/>) und den Entwicklungsanteilen automatisch verglichen werden.

1. Literaturrecherche Autorenrolle in Open Source Software und zur Disambiguierung von Autorennamen
2. Datensammlung: Identifikation und Download verfügbarer Metadaten zu „wichtigen“ Software-paketen
3. Automatische Auflösung und Abgleich der Autorennennungen aller Datenquellen
4. Analyse von Unterschieden in der Nennung von Autoren
5. Dokumentation der Ergebnisse in einer schriftlichen Master-Thesis

Startdatum: 16.09.2024

Abgabedatum: 17.03.2024

  
Prof. Dr. rer. nat. Litschke  
Chairman of the Examination Committee



Prof. Dr.-Ing. Krüger  
Supervisor

## **Kurzfassung**

Die zunehmende Digitalisierung der Wissenschaft erhöht die Bedeutung von Open-Source-Software (OSS) und fordert neue Ansätze zur Anerkennung von Autoren. In dieser Arbeit werden Git-Repositorys und andere Quellen wie das Citation File Format (CFF) analysiert, um die Qualität der Autorenangaben zu ermitteln. Eine entwickelte Software extrahiert, aggregiert und visualisiert Autoreninformationen aus Comprehensive R Archive Network (CRAN)- und Python Package Index (PyPI)-Repositorys. Die Ergebnisse zeigen Lücken bei der Nennung von Autoren in OSS. Abschließend wird anhand der Ergebnisse diskutiert, was Softwareentwickler leisten müssen, um als Autor genannt zu werden.

## **Abstract**

The increasing digitalization of science increases the importance of OSS and calls for new approaches to author recognition. In this work, Git repositories and other sources such as the CFF are analyzed to determine the quality of author information. A developed software extracts, aggregates and visualizes author information from CRAN and PyPI repositories. The results show gaps in the naming of authors in OSS. Finally, the results are used to discuss what software developers need to do to be named as an author.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1 Motivation . . . . .	6
1.2 Vorgehen . . . . .	7
1.3 Gliederung . . . . .	7
<b>2 Grundlagen</b>	<b>8</b>
2.1 Zitation von Software . . . . .	9
2.2 Autorenrolle und Anerkennung in Open-Source-Software . . . . .	12
2.3 Versionsverwaltung . . . . .	13
2.4 Software-Verzeichnisse und Paketverwaltung . . . . .	16
2.4.1 PyPI . . . . .	16
2.4.2 CRAN . . . . .	20
2.5 Zitierformate . . . . .	21
2.5.1 Citation File Format . . . . .	22
2.5.2 BIBTEX . . . . .	24
2.6 Named Entity Recognition . . . . .	26
2.7 Named Entity Disambiguation . . . . .	27
2.8 Unscharfe Suche . . . . .	28
<b>3 Methodik</b>	<b>31</b>
3.1 Datenbeschaffung . . . . .	33
3.1.1 Git . . . . .	36
3.1.2 PyPI . . . . .	38
3.1.3 CRAN . . . . .	40
3.1.4 Beschreibung . . . . .	43
3.1.5 Citation File Format . . . . .	45
3.1.6 BIBTEX . . . . .	47
3.2 Abgleich . . . . .	49
3.3 Auswertung . . . . .	51
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>53</b>
4.1 Ergebnisse der Gegenwart . . . . .	53
4.2 Ergebnisse mit Zeitverlauf . . . . .	67
<b>5 Diskussion</b>	<b>74</b>
5.1 Limitierungen . . . . .	74
5.2 Wie gut können Autoren abgeglichen werden? . . . . .	77
5.3 Was muss ein Softwareentwickler leisten, um als Autor genannt zu werden? . . . . .	77
5.4 Wie gut werden Autoren gepflegt? . . . . .	78

<b>6 Fazit und Ausblick</b>	<b>81</b>
6.1 Fazit . . . . .	81
6.2 Ausblick . . . . .	82
<b>Anhang A Zusätzliche Abbildungen</b>	<b>83</b>
<b>Anhang B Zusätzliche Tabellen</b>	<b>89</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>92</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>96</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>97</b>
<b>Quellcodeverzeichnis</b>	<b>98</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>99</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	<b>100</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die Wissenschaft ist in den letzten Jahren immer stärker digitalisiert worden und ist viel stärker auf OSS angewiesen als noch vor einigen Jahren. In der Wissenschaft werden längst nicht mehr nur Paper und Bücher veröffentlicht, sondern auch Software, Daten und andere digitale Artefakte. Dies steigert die Ausführbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Arbeiten. Der Wandel der Wissenschaft bringt allerdings die Herausforderung mit sich, digitale Artefakte angemessen zu würdigen. Neue Zitierformate und -weisen werden unerlässlich, um diesen Ansprüchen gerecht zu werden. Außerdem benötigt es eine gerechte Würdigung der einzelnen Autoren<sup>1</sup>, die an der Entwicklung von OSS beteiligt sind.

Bei der Entwicklung von OSS arbeiten Softwareentwickler zum Teil in ihrer Freizeit, um die Software zu verbessern. Dabei kommt es immer wieder vor, dass ihre Arbeit nicht gewürdigt wird, da sie nicht als Autor der Software oder sogar ihres Beitrags genannt werden. Dies ist beispielsweise dem Entwickler Ariel Miculas widerfahren, welcher einen Beitrag zum Linux-Kernel geleistet hat und nicht als Autor genannt wurde (Miculas 2023). Im Gegensatz zu wissenschaftlichen Arbeiten ist die Autorschaft von Software nicht semantisch geklärt (Schmidt 2024).

Um zu prüfen, welchen Einfluss dies auf OSS hat, stellen sich folgende Forschungsfragen:

**F1** Wie gut können Autoren abgeglichen werden?

**F2** Was muss ein Softwareentwickler leisten, um als Autor genannt zu werden?

**F3** Wie gut werden Autoren gepflegt?

---

<sup>1</sup>Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

## 1.2 Vorgehen

In der Arbeit werden Autoren aus unterschiedlichen Quellen extrahiert. Eine wichtige Quelle ist Git, welche als Referenz genutzt wird. Andere Quellen, wie beispielsweise das CFF, werden mit den Git-Autoren abgeglichen. Dadurch ist es möglich, Daten zu erheben, die zeigen, wie einzelne Git-Autoren in den Quellen repräsentiert werden. Die Daten werden anschließend Graphisch aufbereitet und präsentiert.

Es muss berücksichtigt werden, dass in der Masterarbeit ausschließlich Git-Autoren betrachtet werden. Dadurch werden nur Personen betrachtet, die Code beigetragen haben. Allerdings wird dadurch nicht das gesamte Spektrum von Beiträgen zur Software in der Masterarbeit abgedeckt, da beispielsweise Personen, die für die Distribution der Software zuständig sind, nicht genannt werden. Für die Nennung jener Autoren ohne Code-Beiträge gibt es andere Arbeitsgruppen, die sich mit dem Problem beschäftigen, da diese ebenfalls wichtig für die Entwicklung von Software sind und berücksichtigt werden sollten.

## 1.3 Gliederung

In der Masterarbeit wird Software erzeugt, die es erlaubt, für eine beliebige Liste an CRAN oder PyPI Repositorys Autorenangaben aus verschiedenen Datenquellen zu extrahieren, diese im Anschluss zu aggregieren und graphisch aufzuarbeiten. Dabei werden in Kapitel 2 die benötigten Grundlagen geschaffen, um beispielsweise die Themen Versionsverwaltung, Paketverwaltung, Software-Verzeichnisse und im Allgemeinen verschiedene Zitierformate für Software verstehen zu können. Sie werden benötigt, um anschließend in Kapitel 3 Software zu entwickeln, über die Autorenangaben aus verschiedenen Datenquellen extrahiert und abgeglichen werden können. Anschließend werden die Ergebnisse in Kapitel 4 präsentiert. Dabei wird auf Ergebnisse der Gegenwart und jene mit Zeitverlauf eingegangen. Im anschließenden Kapitel 5 werden die Probleme und Herausforderungen der Arbeit diskutiert. Außerdem werden die Forschungsfragen beantwortet. Im Kapitel 6 wird die Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick auf weitere Forschungsansätze gegeben, welche mit dieser Arbeit möglich geworden sind.

## 2 Grundlagen

In Abschnitt 2.1 wird auf die Prinzipien der Software-Zitation eingegangen. Es wird beschrieben, warum die Zitation von Software ebenfalls wichtig ist, ähnlich wie die Zitation von anderen wissenschaftlichen Arbeiten. Außerdem wird darauf eingegangen, dass ebenfalls Personen zitiert werden sollten, welche nicht aktiv an der Software programmieren. Zusätzlich dazu wird in Abschnitt 2.2 auf die Rolle von Autoren in OSS eingegangen und ein wissenschaftliches Paper dargestellt, welches dies schon analysiert hat.

Autoren von Software werden in unterschiedlichen Quellen zitiert. Einige dieser Quellen sind stark mit der Softwareentwicklung verbunden. So gibt es verschiedene Systeme, die ein Entwickler verwenden kann, um seine Arbeit zu erleichtern bzw. überhaupt sinnvoll zu ermöglichen, in denen Sie anschließend als Autoren genannt werden. In den Abschnitten 2.3 und 2.4 wird auf die Versions- und Paketverwaltung eingegangen, welche zwei dieser Systeme darstellen. Des Weiteren existieren spezielle Zitierformate, in welchen Autoren explizit angegeben werden können. Auf diese Formate wird in Abschnitt 2.5 eingegangen. Außerdem können in Fließtexten, beispielsweise der Beschreibung einer Software, ebenfalls Autoren genannt werden. In Abschnitt 2.6 wird auf die *Named Entity Recognition* eingegangen, welche eine Methode darstellt, um Personen in Texten zu erkennen.

Alle Quellen, welche beschrieben werden, dienen im Verlauf der Masterarbeit als Grundlage für die Extraktion von Autoren und deren Metainformationen. Die extrahierten Autoren müssen anschließend zugeordnet werden. Der Prozess dafür heißt *Author Name Disambiguation*, welcher in Abschnitt 2.7 beschrieben wird. Eine weitere einfache Möglichkeit des Abgleichs ist ein einfacher Abgleich von Zeichenfolgen. Dieser funktioniert jedoch nicht immer, da Autoren unterschiedliche Schreibweisen ihres Namens verwenden können. Aus diesem Grund wird in Abschnitt 2.8 auf die unscharfe Suche eingegangen, welche eine Möglichkeit darstellt, um ähnliche Zeichenfolgen miteinander zu vergleichen, beispielsweise für den Abgleich von Namen mit oder ohne genannten Zwischennamen.

## 2.1 Zitation von Software

Software ist ein wesentlicher Bestandteil moderner Forschung. In der wissenschaftlichen Literatur ist es üblich, Quellen zu zitieren, um die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit von wissenschaftlichen Arbeiten zu gewährleisten. Im Gegensatz dazu ist dies bei wissenschaftlicher Software aktuell in diesem Umfang noch nicht gegeben. Hier gibt es aktuell kaum Anerkennung und Unterstützung für die Leistungen einzelner Autoren. Aus diesem Grund hat die „FORCE11 Software Zitier Arbeitsgruppe“ Prinzipien der Software-Zitation erstellt, welche eine breite Akzeptanz in der wissenschaftlichen Gemeinschaft finden sollen. Im Folgenden werden die Prinzipien vorgestellt und erläutert Smith, Katz und Niemeyer 2016:

1. **Wichtigkeit:** Software sollte ein seriöses und zitierbares Produkt wissenschaftlicher Arbeit sein. Software-Zitierungen sollten im wissenschaftlichen Kontext die gleiche Bedeutung zugeschrieben bekommen wie Zitierungen anderer Forschungsprodukte, wie Publikationen. Sie sollten wie Publikationen auch in der Arbeit enthalten sein, z. B. in der Referenzliste eines Artikels. Software sollte auf derselben Grundlage zitiert werden wie jedes andere Forschungsprodukt auch, wie z. B. ein Aufsatz oder ein Buch. Das bedeutet, dass Autoren die entsprechend verwendete Software zitieren sollten, so wie sie die entsprechenden Publikationen zitieren würden.
2. **Anerkennung und Zuschreibung:** Softwarezitate sollten die wissenschaftliche Anerkennung und die normative, rechtliche Würdigung aller Mitwirkenden an der Software ermöglichen, wobei anerkannt wird, dass ein einziger Stil oder ein Mechanismus für die Namensnennung nicht auf jede Software anwendbar sein kann.
3. **Eindeutige Identifikation:** Ein Softwarezitat sollte eine Methode zur Identifikation enthalten, die maschinell verwertbar, weltweit eindeutig und interoperabel ist und zumindest von einer Gemeinschaft der entsprechenden Fachleute und vorzugsweise von allgemeinen Forschern anerkannt wird.
4. **Persistenz:** Eindeutige Identifikatoren und Metadaten, die die Software und ihre Verwendung beschreiben, sollten bestehen bleiben – auch über die Lebensdauer der Software hinaus, die sie beschreiben.
5. **Zugänglichkeit:** Softwarezitate sollten den Zugang zur Software selbst und zu den zugehörigen Metadaten, Dokumentationen, Daten und anderen Materialien erleichtern, die sowohl für Menschen als auch für Maschinen notwendig sind, um die referenzierte Software sachkundig nutzen zu können.

6. **Spezifität:** Softwarezitate sollten die Identifizierung und den Zugang zu der spezifischen Version der verwendeten Software erleichtern. Die Identifizierung der Software sollte so spezifisch wie nötig sein, z. B. durch Versionsnummern, Revisionsnummern oder Varianten wie Plattformen.

In dieser Arbeit wird verstärkt auf das Prinzip der Wichtigkeit eingegangen, da besonders im CFF und BiBTeX Format die Möglichkeit besteht, nicht die Software, sondern beispielsweise einen Artikel anzugeben. Diese Zitierweise würde dann das Prinzip der Wichtigkeit verletzen, da die Software nicht die gleiche Bedeutung zugeschrieben bekommt wie andere Forschungsprodukte. Diese Diskrepanz wird in Kapitel 5 dargestellt.

Es gibt verschiedene Gründe, warum die Zitation von Software ebenfalls wichtig ist und auch, dass Standards der Zitation eingehalten werden, ähnlich wie es der Fall bei anderen wissenschaftlichen Arbeiten ist. Einige dieser Gründe werden im Folgenden genannt (Smith, Katz und Niemeyer 2016):

- Forschungsfelder verstehen: Software ist ein Produkt der Forschung und wenn sie nicht zitiert wird, werden Lücken in der Aufzeichnung der Forschung über den Fortschritt in diesem Forschungsfeld entstehen.
- Anerkennung: Akademische Forscher auf allen Ebenen, einschließlich Studenten, Postdocs, Dozenten und Mitarbeiter, sollten für die Softwareprodukte, die sie entwickeln und zu denen sie beitragen, anerkannt werden, insbesondere wenn diese Produkte die Forschung anderer ermöglichen oder fördern. Nicht-akademische Forscher sollten ebenfalls für ihre Softwarearbeit anerkannt werden, obwohl die spezifischen Formen der Anerkennung sich von denen für akademische Forscher unterscheiden.
- Software entdecken: Mithilfe von Zitaten kann die in einem Forschungsprodukt verwendete Software gefunden werden. Weitere Forscher können dann dieselbe Software für andere Zwecke verwenden, was zu einer Anerkennung der Softwareverantwortlichen führt.
- Reproduzierbarkeit: Die Angabe der verwendeten Software ist für die Reproduzierbarkeit notwendig, aber nicht ausreichend. Zusätzliche Informationen wie Konfigurationen und Probleme auf der Plattform sind ebenfalls erforderlich.

Wie bereits erwähnt, werden Autoren in unterschiedlichen Quellen angegeben. Einige dieser Quellen werden in dieser Masterarbeit untersucht, wie beispielsweise das CFF und BiBTeX Format. Die Autoren in diesen Quellen werden vom jeweiligen

Softwareprojekt angegeben. Falls an dem Projekt nicht nur Softwareentwickler beteiligt sind, sondern beispielsweise auch Grafikdesigner oder Übersetzer, so sollten diese ebenfalls in den Quellen angegeben werden. Dies ist wichtig, da diese Personen ebenfalls einen Beitrag zum Projekt geleistet haben und somit auch Anerkennung verdienen.

Es gibt ebenfalls bereits Projekte, welche sich für die halb automatische Nennung von Autoren ohne Codebeitrag einsetzen. Ein Beispiel für ein solches Projekt ist „All Contributors“ (All Contributors 2024). Bei der Verwendung von „All Contributors“ werden die Mitwirkenden standardmäßig in der README-Datei angegeben, welche im Projekt enthalten ist. Außerdem wird eine `.all-contributorsrc`-Datei erstellt, welche im JSON-Format die Mitwirkenden und deren Beiträge enthält. Die Liste wird dabei von einem Bot automatisch generiert und aktualisiert, sodass sie den Spezifikationen von „All Contributors“ entspricht. Über einen Befehl in einem Issue oder einem Pull Request kann ein neuer Mitwirkender hinzugefügt werden. Autoren, welche keinen Code beigetragen haben, stellen im weiteren Verlauf der Masterarbeit ein Problem dar, da diese nicht mit den Autoren aus den Quellen abgeglichen werden können, da sie keine Commits haben. Dies wird in Abschnitt 3.2 genauer erläutert.

Die untersuchten Pakete in dieser Arbeit sind Open Source, welche auf GitHub veröffentlicht werden. OSS ist eine Software, deren Quellcode öffentlich zugänglich ist und von einer Gemeinschaft von Entwicklern entwickelt wird. Die Entwickler arbeiten dabei in der Regel ehrenamtlich und ohne Bezahlung an der Software, wobei einige der untersuchten Pakete auch von Organisationen veröffentlicht werden, wie beispielsweise die „google-auth-library-python“ von Google. Diese wird primär von Google Mitarbeitern entwickelt und gepflegt. Wie bereits beschrieben sind Prinzipien und Gründe definiert, warum Software ebenfalls zitiert werden sollte. Welche Autoren in den Quellen angegeben werden sollten, ist jedoch nicht so genau definiert, wie es beispielsweise im Bereich von wissenschaftlichen medizinischen Artikeln der Fall ist. In diesem Bereich hat das „International Committee of Medical Journal Editors“ Richtlinien für die Rolle von Autoren und Beitragenden in wissenschaftlichen Artikeln definiert (*ICMJE / Recommendations / Defining the Role of Authors and Contributors* 2024). Unter anderem aus diesem Grund ist die Menge der Autoren, welche in den Quellen angegeben werden, unterschiedlich und hängt von dem jeweiligen Projekt ab. Außerdem ist es möglich, dass ausschließlich Autoren in den Quellen angegeben werden, welche aktuell nicht mehr an dem Projekt beteiligt sind, aber beispielsweise vor fünf Jahren aktiv das Projekt geführt haben. Diese und weitere Auffälligkeiten werden in der Masterarbeit untersucht. Auch dies ist in anderen

Bereichen anders definiert, sodass auch die neuen Autoren genannt werden müssen wie beispielsweise bei Neuauflagen von Büchern.

## 2.2 Autorenrolle und Anerkennung in Open-Source-Software

In der Wissenschaft existieren bereits Analysen zur Rolle von Autoren in OSS. Ein Paper analysiert die Zuschreibung von Entwicklern in OSS (Young u. a. 2021). Sie beantworten in dem Paper folgende Fragen:

- Wie unterscheiden sich die Modelle für die Anerkennung von Beiträgen?
- Wie viele Informationen gehen verloren bei einer Festlegung auf Repository-Änderungen als Modell für den Beitrag?
- Wie entwickeln sich die Beiträge zu OSS über die Zeit?
- Können wir Projekte auf der Grundlage von Beitragsmustern klassifizieren?

In dem Paper werden vier Modelle für die Anerkennung unterschieden. Im ersten Modell werden die Änderungen an einem Repository als Beitrag betrachtet. Dabei wird auf die Top 100 Benutzer in den Projekten geschaut, wie sie durch die GitHub-API ausgegeben werden. Das zweite Modell betrachtet die Autoren, welche automatisch über ein Tool identifiziert werden. In dem Paper wird hierbei das Programm *octohatrack* verwendet (Young u. a. 2021; LABHR/*octohatrack* 2024). Als drittes Modell werden die Autoren mittels Taxonomien identifiziert. Hierbei wird die `.all-contributorsrc`-Datei von „All Contributors“ analysiert (Young u. a. 2021; All Contributors 2024). Das vierte Modell betrachtet die Autoren, welche mittels ad hoc Methoden identifiziert werden. Diese können beispielsweise durch die Analyse von nicht standardisierten Quellen stammen, wie beispielsweise Webseiten oder unstrukturierten Textdateien. Das Modell wird in dem Paper aufgrund der Komplexität nicht fokussiert betrachtet.

Die Autoren betrachten die Fragen und Modelle dabei von einer gehobenen Perspektive. Dabei werden die einzelnen Fragen mithilfe von verschiedenen generellen Metriken wie die Anzahl der Autoren, welche Commits erstellt haben oder als Autoren in „All Contributors“ genannt werden, beantwortet. Sie betrachten keine einzelnen Autoren oder Projekte, sondern analysieren die gesamte OSS-Landschaft primär auf Basis von der Anzahl der Autoren. Es werden keine genaueren Analysen durchgeführt, wie beispielsweise in dieser Masterarbeit, in der unter anderem betrachtet

wird, ob die genannten Autoren noch aktiv an dem Projekt beteiligt sind. Außerdem wird nicht auf Daten eingegangen, welche aus weiteren Quellen wie dem CFF oder BiBTeX Format stammen.

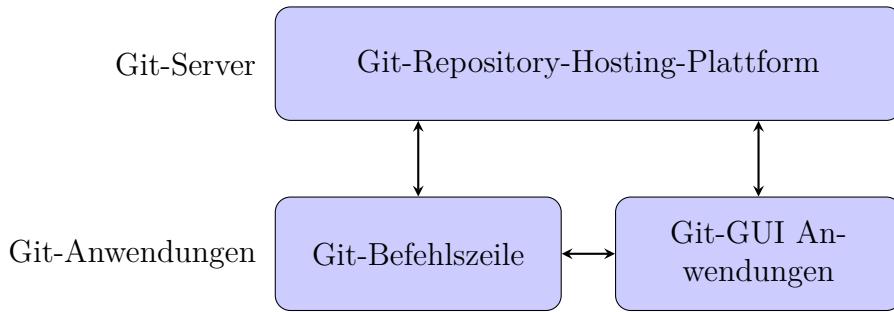
### 2.3 Versionsverwaltung

Die Versionsverwaltung ist ein System, um verschiedene Versionen von Software zu verwalten. Es bietet Zugang zu Code und dessen Änderungen in der Vergangenheit. Der Code und getätigte Änderungen werden in einem Repository gespeichert. Dadurch ist die Versionsverwaltung eine Art Logbuch, in dem alle Änderungen festgehalten werden. Dabei wird zusätzlich zu der Änderung der Autor und der Zeitpunkt der Änderung festgehalten (Ponuthorai und Loeliger 2022). Dies ermöglicht es in der Masterarbeit empirisch die Menge an Arbeit der einzelnen Autoren zu ermitteln.

Zusätzlich zum Code können in einem Repository andere Dateien, wie beispielsweise eine README, eine Lizenz, und Zitationsinformationen, beispielsweise in Form einer CFF-Datei, gespeichert werden. Eine README-Datei ist eine Datei, welche Informationen über das Projekt enthält, beispielsweise wie es installiert und verwendet wird. Sie wird standardmäßig im Stammverzeichnis des Repositorys gespeichert und wird an dieser Stelle auch von Diensten wie GitHub dargestellt.

Es gibt zwei verschiedene Arten von Versionsverwaltungssystemen. Zum einen gibt es die zentralen Systeme, bei denen alle Änderungen zentral verwaltet werden, beispielsweise SVN. Zum anderen gibt es die verteilten Systeme, bei denen jeder Entwickler eine Kopie des gesamten Repositorys und dessen Vergangenheit hat (ebd.). Ein solches System ist Git, welches sich mit einem Marktanteil von ungefähr 75 % gegenüber anderen Systemen durchgesetzt hat (Lindner 2024). Aus diesem Grund und weil Git-Repositorys in der Arbeit untersucht werden, wird auf Git eingegangen. Dabei werden Begriffe erklärt, mit denen es möglich ist, die geleistete Arbeit von einzelnen Autoren innerhalb eines Repositorys zu untersuchen. Außerdem wird auf grundlegende Funktionen von Git eingegangen, da diese für die Arbeit relevant sind. Der Aufbau der einzelnen Git-Komponenten ist in Abbildung 1 dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass Git in einen Git-Server und Git-Anwendungen aufgeteilt wurde.

Bei der Benutzung von Git ist ein Server nicht zwingend erforderlich, jedoch steigert dies die Komplexität der Verwaltung und ist komplizierter in der Handhabung. Der Git-Server ermöglicht die einfache kollaborative Entwicklung von Code, da dieser ständig erreichbar ist und zentral verwaltet wird (Ponuthorai und Loeliger 2022).



**Abbildung 1:** Übersicht über die Git-Komponenten

Die Git-Komponenten bestehen aus einem Git-Server, welcher das Repository hostet, und Git-Anwendungen, welche auf das Repository zugreifen (indirekt aus Ponuthorai und Loeliger 2022).

Standardmäßig wird auf dem Git-Server die neueste Version des Repositorys gespeichert. Ein möglicher Git-Server ist GitHub, auf welchen im späteren Verlauf weiter eingegangen wird. Git-Anwendungen sind Programme, welche mit dem lokalen Repository interagieren (Ponuthorai und Loeliger 2022). Diese können auf entfernte Git-Repositorys zugreifen, wie beispielsweise Repositorys, welche auf GitHub ge-hostet werden. Anschließend arbeiten die Programme auf der lokalen Kopie und können die Änderungen, wenn nötig, auf das entfernte Repository übertragen.

In Repositorys werden verschiedene Arten von Statistiken gespeichert. Git verwaltet Revisionen als *Snapshot*. Anders als in anderen Systemen wird keine Serie von Änderungen gespeichert, sondern ein *Snapshot* der Änderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt erstellt (ebd.). Dies wird ein Commit genannt. An einem Commit werden verschiedene Metainformationen gespeichert, beispielsweise eine Commit-Nachricht, der Autor und der Zeitpunkt der Änderungen.

Die Änderung wird dabei als zwei Zeitpunkte angegeben. Zum einen wird der Zeitpunkt der Änderung des Autors angegeben, also jener Zeitpunkt, zu dem der Autor die Änderung vorgenommen und committet hat, dies wird in Git *author date* genannt. Zum anderen wird der Zeitpunkt des Einfügens des Commits in das Repository gespeichert, dies wird in Git *commit date* genannt. Der Commit kann von einer anderen Person, z. B. durch einen Projektverantwortlichen, mittels eines Pull Requests in das Repository übernommen worden sein. Durch dieses Verhältnis ist der *commit date* Zeitpunkt immer später oder gleich dem *author date* Zeitpunkt. Außerdem ist gewährleistet, dass beide verantwortlichen Anerkennung für die geleistete Arbeit erhalten (Chacon und Straub 2024).

Die Commit-Nachricht, sowie der Autor mit E-Mail-Adresse und Namen können in

den Einstellungen von Git frei gewählt werden, müssen jedoch vorhanden sein, um einen Commit erstellen zu können. Mehrere Commits bilden die Commit-Historie bzw. die Vergangenheit eines Repositorys. Weitere Eigenschaften, welche sich aus dem Repository exportieren lassen, sind die Anzahl der eingefügten und gelöschten Zeilen. Zudem lässt sich die Anzahl der geänderten Dateien ermitteln. Diese Werte können für das gesamte Repository oder für einzelne Autoren ermittelt werden.

Ein Repository kann verschiedene Branches enthalten, muss jedoch mindestens einen enthalten. In der Vergangenheit wurde der Standardbranch *master* genannt. Seit 2020 wird dieser jedoch in *main* umbenannt, um rassistische Konnotationen zu vermeiden (GitHub 2024c). Ein Branch ist eine separate Entwicklungslinie, welche unabhängig von anderen Branches ist. Beim Erstellen von einem Branch wird der aktuelle Zustand des Branches, auf welchem der neue Branch erstellt wird, kopiert (Ponuthorai und Loeliger 2022). Dadurch können Änderungen in dem neuen Branch durchgeführt werden, ohne dass diese Änderungen den ursprünglichen Branch beeinflussen. Diese Änderungen werden mittels Commits festgehalten. Unterschiedliche Branches können anschließend zusammengeführt werden, um die Änderungen in einem Branch in einen anderen Branch zu übernehmen.

Die Statistiken der Repositorys können auf verschiedene Arten aufgearbeitet werden. Zum einen können einige direkt mittels Git-Befehlen ausgelesen werden (Chacon 2024a). Andere wiederum benötigen komplexere Abfragen, welche beispielsweise mittels Skripten oder speziellen Programmen ausgelesen werden können. Ein Beispiel für ein Programm, welches Git-Statistiken aufarbeitet, ist *git-quick-stats* (Meštan 2024). Außerdem bieten Onlinedienste zur Versionsverwaltung, wie GitHub, Statistiken über APIs an, welche jedoch im Umfang der Anfragen limitiert sind (GitHub 2022a). Bei der Benutzung der API von GitHub zum Abfragen der Autoren eines Repositorys werden automatisch alle E-Mail-Adressen der Autoren in Git mit den E-Mail-Adressen, welche die Autoren in GitHub angegeben haben, abgeglichen (GitHub 2022b). Dadurch werden die Autoren eindeutig zugeordnet und deren Commits addiert. Diese Werte werden ebenfalls in der Weboberfläche von GitHub angezeigt.

GitHub ist eine Plattform, auf welcher Git-Repositorys gehostet werden können und dient somit als ein Git-Server. GitHub bietet zusätzliche Funktionen an, welche über die Standardfunktionen von Git hinausgehen. Diese umfassen unter anderem die kollaborative Entwicklung von Code, Automatisation mittels CI/CD, Sicherheitsaspekte, Projektmanagement, Team Administration und Client-Anwendungen zur Verwaltung von Repositorys (Ponuthorai und Loeliger 2022). Aktuell benutzen GitHub über 100 Millionen Entwickler und mehr als 4 Millionen Organisationen.

Insgesamt verwaltet die Plattform über 420 Millionen Repositorys. Außerdem ist GitHub in 90 % der Fortune 100 Unternehmen im Einsatz (GitHub 2024a). Um die zusätzlichen Funktionen von GitHub bereitzustellen, werden sogenannte Issues, Pull Requests, geschützte Branches, Actions, Diskussionen und Wikis eingesetzt. GitHub-Issues sind eine Möglichkeit, um Probleme und Aufgaben zu verfolgen. Pull Requests dienen dazu, Änderungen in einem Branch eines Repositorys anzufragen und über diese zu informieren. In dem Pull Requests kann der Code überprüft und diskutiert werden.

## 2.4 Software-Verzeichnisse und Paketverwaltung

Im Gegensatz zur Versionsverwaltung verwaltet die Paketverwaltung keinen Code und dessen Änderungen, sondern fertige Softwarepakete, welche von Entwicklern erstellt und in einem Software-Verzeichnis abgelegt werden. Inhalt eines Pakets können beispielsweise standardisierter Code von Software-Modulen sein oder kompilierter Code. Zusätzlich werden in einem Paket Metadaten gespeichert. Diese Metadaten können beispielsweise eine Beschreibung, Version, Abhängigkeiten und Autoren des Pakets enthalten. Sie lassen sich aus dem Paket mithilfe des Paketverwaltungssystems auslesen oder über APIs des Software-Verzeichnisses abrufen. Außerdem übernimmt das Paketverwaltungssystem das Installieren und meistens auch das Aktualisieren und Deinstallieren von Paketen. Zusätzlich wird das System verwendet, um fehlende Abhängigkeiten von Paketen automatisch zu installieren (Spinellis 2012).

In dieser Arbeit wird auf zwei Software-Verzeichnisse eingegangen. Zum einen wird auf PyPI eingegangen, welches das Verzeichnis für Python ist und von der Paketverwaltung *pip* verwendet wird. Zum anderen wird auf CRAN eingegangen, welches das Verzeichnis für R ist. In PyPI sind aktuell mehr als 500.000 unterschiedliche Projekte mit über 5 Millionen Veröffentlichungen verfügbar (Python Software Foundation 2024c). Im Gegensatz dazu sind in CRAN aktuell mehr als 20.000 Pakete verfügbar (CRAN Team 2024).

### 2.4.1 PyPI

PyPI hat zu Beginn des Jahres 2024 ein Python Enhancement Proposal (PEP) veröffentlicht, welches die Verifizierung von Daten auf PyPI beschreibt (Python Software Foundation 2024b). In dem PEP werden Änderungen an der API beschrieben, welche zum Hochladen von Paketen genutzt wird, um sogenannte „Attestation objects“

“ zu unterstützen, in denen digitale Signaturen enthalten sind. Das Ziel ist es verifizierte Daten auf PyPI zu ermöglichen, sodass Anwender direkt erkennen können, ob die Daten vertrauenswürdig sind. Aktuell wird dieses PEP umgesetzt, wodurch es zu vielen Änderungen in der API und auch in der Weboberfläche von PyPI kommt.

Außerdem sind noch nicht alle Daten über die APIs erreichbar und es ist auch aktuell nicht über die API erkennbar, ob es sich um verifizierte oder nicht verifizierte Daten handelt. Ein Beispiel für verifizierte Daten sind Links, beispielsweise auf GitHub. Diese Links werden von PyPI als verifiziert angesehen, wenn der Upload des Pakets auf PyPI über eine GitHub-Action erfolgt. Zudem werden die Personen als verifiziert dargestellt, welche in PyPI als Owner oder Betreuer des Pakets eingetragen sind, sie haben somit einen Account bei PyPI. Der dargestellte Owner kann nicht über eine API abgefragt werden.

Die dargestellten GitHub-Statistiken werden dabei von PyPI ermittelt und nicht über APIs ausgegeben. Das Ziel von PyPI ist es, dass alle Daten verifiziert werden können und keine Daten mehr in der unverifizierten Form vorliegen.

PyPI bietet verschiedene APIs und Quellen an, um die Daten der Pakete abzufragen. Im Folgenden werden auf einige der Zugriffsmöglichkeiten eingegangen, welche mit Ausnahme der BigQuery alle in dieser Arbeit verwendet werden.

## JSON-API

Die JSON-API ist die bevorzugt zu verwendende API von PyPI und bietet die Möglichkeit, die Metadaten eines Pakets abzufragen (Python Software Foundation 2024d). Diese API ist nicht in der Anzahl der Anfragen beschränkt. Dabei werden die Daten der neuesten Version des Pakets zurückgegeben. Die Werte der Metadaten stammen aus den Daten, welche beim Hochladen auf PyPI angegeben wurden. Die Daten des ersten Uploads eines Releases werden dabei als Metadaten der Version gespeichert und bei weiteren Uploads dieser Version nicht überschrieben.

Inhalt der Metadaten sind beispielsweise die Autoren und Maintainer zuzüglich deren E-Mail-Adresse, die Beschreibung, Lizenz und Links zu unterschiedlichen Quellen, beispielsweise einem GitHub-Repository (ebd.). Die Beschreibung kann den Text aus der README-Datei des Pakets auf GitHub enthalten. Es ist jedoch auch möglich, eine eigene Beschreibung für PyPI anzugeben, sodass sich die README-Datei in GitHub und die Beschreibung auf PyPI unterscheiden können. Die Metadaten werden von den Entwicklern des Pakets eingetragen. In Abbildung 2 sind einige der

Verified details ✓	Unverified details
These details have been <a href="#">verified by PyPI</a>	These details have <b>not</b> been verified by PyPI
Projekt-Links	Projekt-Links
 Bug tracker	 Documentation
 Source code	 Donate
Owner	
 Matplotlib	 Download
GitHub Statistics	Forum
 Repository	 Homepage
 Sterne: 20027	Meta
 Forks: 7577	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Lizenz:</b> Python Software Foundation License (License agreement for matplotlib versions 1.3.0 and later)</li> </ul>
 Open issues: 1204	=====
 Open PRs: 392	=====...)
Betreuer	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Autor:</b> <a href="#">John D. Hunter</a>, <a href="#">Michael Droettboom</a> </li> <li>○ <b>Benötigt:</b> Python &gt;=3.9</li> <li>○ <b>Provides-Extra:</b> <code>dev</code></li> </ul>
 ivanov	
 matthew.brett	
 mdboom2	

**Abbildung 2:** PyPI Verifizierte und unverifizierte Daten

Die Abbildung stellt die verifizierten und unverifizierten Daten des Pakets *matplotlib* auf PyPI dar (Python Software Foundation 2024c).

Metadaten des Pakets *matplotlib* unter dem Punkt „Meta“ dargestellt. Weitere Daten sind unter dem Punkt „Projekt-Links“ unter den verifizierten Details dargestellt. Aktuell gibt die JSON-API noch keine Auskunft darüber, ob die Daten verifiziert sind oder nicht. Die Weboberfläche stellt dies bereits dar.

Die Autoren und Maintainer aus den Metadaten müssen nicht den verifizierten Betreuern und Owner des Pakets auf PyPI entsprechen, da dies unterschiedliche Systeme sind. Zum einen sind es die Benutzer, welche Rechte auf PyPI haben, um das Paket dort anzupassen und zum anderen sind es die Personen, welche durch die Entwickler des Pakets angegeben werden. Die Autoren und Maintainer können jedoch ebenfalls verifiziert sein, wobei dies über die API noch nicht abgefragt werden kann, jedoch in der Weboberfläche bereits für einige Pakete dargestellt wird. Es gibt aktuell wenig Pakete, bei denen die Autoren verifiziert sind, ein Beispiel ist das Paket *hololinked*, welches zum Zeitpunkt des Schreibens darüber verfügt. *Matplotlib* unterstützt dies aktuell noch nicht, wie in Abbildung 2 dargestellt ist. Die verifizierten Betreuer und Owner können aktuell nicht über die JSON-API abgefragt werden, sondern müssen über die XML-RPC-API abgefragt werden, da diese die einzige API ist, welche die Daten zur Verfügung stellt.

## PyPI XML-RPC

Die PyPI XML-RPC-API ist eine veraltete API, welche jedoch noch genutzt werden kann, um einige Informationen zu den Paketen abzufragen. Es wird empfohlen, diese API nicht mehr zu verwenden und auf den RSS-Feed oder die JSON-API umzusteigen (Python Software Foundation 2024d). Dadurch ist die API stark limitiert in der Anzahl der möglichen Anfragen und auch die Abstände zwischen den Anfragen müssen relativ groß sein. PyPI macht keine genauen Angaben darüber, wie viele Anfragen in welchem Zeitraum möglich sind. Diese API ist jedoch die einzige Quelle, um die Betreuer eines Pakets abzufragen, ohne einen Web-Scraper einzusetzen zu müssen. Web-Scraping bezeichnet dabei das Extrahieren von Daten aus Webseiten, indem der HTML-Code der Webseite analysiert wird (Richardson 2024).

Die Betreuer, welche über die API ausgegeben werden, enthalten den Benutzernamen auf PyPI, ein Vollname wird hierbei nicht ausgegeben. Außerdem enthalten sie eine Rollenbezeichnung, welche entweder *Maintainer* oder *Owner* sein kann, welcher in der Oberfläche nicht dargestellt wird. Owner können dabei alle Änderungen am PyPI Projekt vornehmen und Betreuer können neue Versionen des Pakets veröffentlichen (Ingram 2023). Der Benutzername für die Betreuer des Pakets *matplotlib* sind

in Abbildung 2 unter dem Punkt „Betreuer“ dargestellt. Aktuell stellt PyPI keine API bereit, um den Namen eines Benutzers abzufragen, sodass nur der Benutzername über eine API abgefragt werden kann (Python Software Foundation 2024a).

## BigQuery

Ebenfalls bietet PyPI über Google BigQuery einen Datensatz an, in dem alle Pakete mit ihren Versionen und Metadaten enthalten sind (Python Software Foundation 2024d). BigQuery ist ein Dienst von Google, welcher auf der Infrastruktur der Google Cloud-Plattform ausgeführt wird (Google 2024). Es ist möglich, den kompletten Datensatz auf BigQuery in mehreren einzelnen CSV-Dateien herunterzuladen. Dabei kann ausgewählt werden, welche Daten heruntergeladen werden sollen.

Nicht alle Metadaten, welche über die JSON-API abgefragt werden können, stehen in der BigQuery zur Verfügung. Ebenfalls stehen nicht alle Daten der BigQuery in der JSON-API zur Verfügung. Die wichtigsten Daten sind in beiden Quellen enthalten. So sind beispielsweise der Autor und Maintainer und deren E-Mail-Adressen in beiden Quellen enthalten. Auch die Beschreibung, Version und Abhängigkeiten sind in beiden Quellen enthalten. Die jeweiligen Daten, wie die Autoren eines Pakets, sind in beiden Quellen identisch.

### 2.4.2 CRAN

CRAN selbst bietet keine API an, um die Metadaten der Pakete abzufragen. Jedoch gibt es das METACRAN-Projekt, welches eine Kollektion von kleinen Diensten für das CRAN-Repository bereitstellt. Eines dieser Dienste ist eine API, welche die CRAN Downloads bereitstellt. Über diese API ist es unter anderem möglich, eine Liste der meist heruntergeladenen Pakete in einem bestimmten Zeitraum abzufragen (Csárdi 2024). Ein weiterer Dienst, welcher durch das METACRAN-Projekt bereitgestellt wird, ist eine CouchDB, welche die Metadaten aller Pakete von CRAN bereitstellt. Dieser Dienst wird ebenfalls von dem R-Paket *pkgsearch* genutzt, welches dazu dient, in R die Metadaten anderer Pakete abzufragen. Die beiden Projekte sind keine CRAN Projekte, was bedeutet, dass sie nicht von den Entwicklern von CRAN betrieben werden. Eine CouchDB ist eine Apache-Datenbank, welche nativ eine HTTP/JSON-API bereitstellt (The Apache Software Foundation 2024). Die Datenbank ist eine Kopie des CRAN-Repository und wird regelmäßig aktualisiert (Csárdi und Salmon 2023).

Um in CRAN ein Paket hinzufügen zu können, muss ein Formular ausgefüllt werden. Dabei muss der eigene Name sowie eine E-Mail-Adresse und das Paket angegeben werden. Anschließend werden die Daten von einem teilweise automatisierten Prozess überprüft und nach einer erfolgreichen Überprüfung wird das Paket in CRAN veröffentlicht (Altmann u. a. 2024). Aus diesem Grund gibt es in CRAN keine Unterscheidung zwischen verifizierten und nicht verifizierten Daten, da sie im Gegensatz zu PyPI manuell geprüft werden.

Die Metadaten der einzelnen Pakete, welche über die METACRAN-API erreichbar sind, sind dabei ähnlich zu denen in PyPI (Csárdi und Salmon 2023). Es werden beispielsweise die Autoren, Maintainer, eine Beschreibung, die Version und Abhängigkeiten über die API ausgegeben. Die Autoren werden in zwei unterschiedlichen Formaten ausgegeben. Zum einen wird ein Feld „Author“ ausgegeben, welches die Autoren in einer Zeichenfolge enthält. Dieses Feld enthält den Namen der Autoren, sowie ggf. deren Rolle und ORCID iD. Zum anderen wird ein Feld „Authors@R“ ausgegeben, welches die Autoren in einem R-Format ausgibt. Dieses Feld enthält ebenfalls die Werte des Feldes „Author“, sowie ggf. eine E-Mail-Adresse des jeweiligen Autors. Im Gegensatz zu PyPI gibt es bei CRAN keine Benutzer für das Software-Verzeichnis. Außerdem lassen sich alle Metadaten über die gleiche API abfragen. Es wurden keine Informationen über mögliche Limitierungen in der Anzahl der Anfragen gefunden.

## 2.5 Zitierformate

In der Wissenschaft gibt es viele verschiedene Zitierweisen, die sich je nach Fachgebiet unterscheiden. In dieser Arbeit soll jedoch nicht auf die verschiedenen Zitierweisen eingegangen werden, sondern auf Zitierformate, welche für die Zitation verwendet werden können und die Datenstruktur hinter der Zitation beschreiben. Hierbei gibt es ebenfalls unterschiedliche Formate, wobei sich in dieser Arbeit auf das CFF und das BibTEX-Format beschränkt werden. Das CFF ist ein Format, welches speziell für die Zitation von Software entwickelt wurde, weshalb es in dieser Arbeit besonders interessant ist. Das BibTEX-Format wird dazu verwendet, um zumeist in Verbindung mit LATEX Bibliographien zu erstellen und ist daher ebenfalls von Interesse, da es auch für Software verwendet werden kann und von vielen eingesetzt wird.

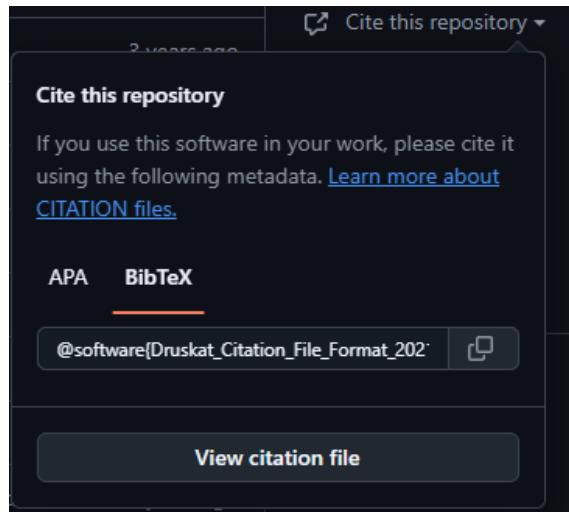
### 2.5.1 Citation File Format

Das CFF ist ein Format, welches in der Datei `CITATION.cff` gespeichert wird und in YAML 1.2 geschrieben wird. Das Format beschreibt die Zitation von Software und kann von Menschen und Maschinen gelesen werden. Es enthält Metadaten, welche für die Zitation von Software benötigt werden. Außerdem wird es öffentlich auf GitHub verwaltet und ist dort weit verbreitet. Insgesamt haben Stand 07.11.2024 2.512 Repositorys eine `CITATION.cff`-Datei. Softwareentwickler können das CFF in ihre Repositorys einbinden, um anderen die Zitation ihrer Software zu erleichtern und vorzugeben, wie die Software richtig zu zitieren ist (Druskat u. a. 2021).

Da die Datei von Menschen gelesen werden kann, kann diese manuell erstellt werden und in das Repository eingebunden werden. Die Spezifikationen für das CFF werden auf GitHub verwaltet und sind öffentlich einsehbar (ebd.). Ebenfalls existieren Programme, welche das CFF verarbeiten können. Beispielsweise kann das Programm `cffinit` genutzt werden, um eine `CITATION.cff`-Datei zu erstellen, sodass der Prozess der Erstellung vereinfacht wird (Spaaks u. a. 2023). Ein weiteres Beispiel ist das Programm `cffconvert`, welches das CFF in verschiedene Formate umwandeln kann, wie z. B. `BIBTEX` oder `RIS`. Außerdem kann das Programm genutzt werden, um CFF-Dateien zu validieren (Spaaks 2021).

Zusätzlich wird das CFF von unterschiedlichen Plattformen unterstützt, wie z. B. von GitHub. Erkennt GitHub eine `CITATION.cff`-Datei im Repository auf dem Standardbranch, wird sie automatisch auf der Repository-Startseite verlinkt und kann direkt im `BIBTEX`-Format kopiert werden (Druskat u. a. 2021; GitHub 2024b). Ebenfalls ist es möglich, die in der Datei eingetragenen Autoren in der APA-Zitierweise zu kopieren. Die Funktionen sind in Abbildung 3 dargestellt. Eine weitere Plattform, welche unterstützt wird, ist Zotero, welches ein Literaturverwaltungsprogramm ist (Druskat u. a. 2021; Zotero 2024). Falls der Benutzer das Browser-Plugin von Zotero installiert hat, liest dieses die Daten aus der `CITATION.cff`-Datei, welche in dem GitHub Repository gespeichert ist und importiert die Daten in Zotero.

In dem CFF existieren verschiedene Felder, welche für die Zitation von Software relevant sind. In dieser Masterarbeit wird auf einige dieser Felder eingegangen, welche für die spätere Auswertung relevant sind. Das wichtigste Feld ist das „authors“-Feld, welches die Autoren der Software enthält und zwingend erforderlich ist. In diesem Feld können die Autoren als Liste angegeben werden. Ein Autor ist dabei entweder eine Person oder eine Entität. Eine Entität kann beispielsweise eine Organisation oder ein Unternehmen sein. Die Entität kann mit einem Namen mittels



**Abbildung 3:** GitHub-Repository mit `CITATION.cff`-Datei

Die Abbildung stellt den Link auf die `CITATION.cff`-Datei dar, wie ihn GitHub aktuell darstellt. Außerdem ist die Möglichkeit sichtbar, die Datei im `BIBTeX`-Format und in der `APA`-Zitierweise zu kopieren.

„name“ angegeben werden (Druskat u. a. 2021). Sie kann ebenfalls eine OORCID iD und eine E-Mail-Adresse enthalten. Besonders wichtig für diese Arbeit ist die Referenz auf eine Person, da dies die einzige Information ist, welche aus Git extrahiert werden kann. Eine Person enthält ebenfalls die genannten Werte einer Entität und wird jedoch über den Vor- und Nachname separiert mittels „given-names“ und „family-names“ angegeben. Dadurch ist es möglich, die Personen von den Entitäten zu unterscheiden.

Ein weiteres Feld, welches in der Masterarbeit relevant ist, ist das „preferred-citation“-Feld. Mit diesem Feld ist es möglich, die Anerkennung für die Arbeit auf eine andere Arbeit zu übertragen (ebd.). Ein Beispiel hierfür ist ein Paper über die Software, welches bevorzugt zitiert werden soll, anstelle der eigentlichen Software. Hierbei können ebenfalls Personen und Entitäten angegeben werden in dem gleichen Format wie bereits beschrieben. Durch die Angabe einer „preferred-citation“ kann das Prinzip der Wichtigkeit vernachlässigt werden. Auf dieses Verhalten wird in der Diskussion konkreter eingegangen.

Weitere in der Arbeit verwendete Felder sind „type“, „year“, „month“, „date-released“, „date-published“, „doi“, „collection-doi“ und „identifiers“ (ebd.). Das Feld „type“ ist zwingend erforderlich, hat jedoch als Standardwert „software“, sodass dies nicht angegeben werden muss. Es gibt an, ob es sich um eine Software oder einen Datensatz handelt. Dabei sind lediglich die Werte „software“ und „dataset“ erlaubt. Das

Feld „date-released“ gibt an, wann die Software oder der Datensatz veröffentlicht wurde. Das Feld „doi“ kann eine Digitaler Objektbezeichner (DOI) der Software oder des Datensatzes enthalten. Mittels „identifiers“ können weitere Identifikatoren angegeben werden, wie z. B. eine DOI oder eine URL, wobei die „identifiers“ mit einer Beschreibung erweitert werden können. Die beschriebenen Felder können zusätzlich alle unter dem Feld „preferred-citation“ angegeben werden, um eine andere Arbeit zu referenzieren.

Die Felder „year“, „month“ und „date-published“ können zusätzlich zu dem Feld „date-released“ unter dem Feld „preferred-citation“ angegeben werden, um das Jahr und das Datum der Veröffentlichung anzugeben. Außerdem können weitere Typen mittels „type“ angegeben werden, wie beispielsweise „thesis“ oder „manual“, so dass diese Arbeiten ebenfalls referenziert werden können. Zusätzlich kann das Feld „collection-doi“ angegeben werden, um auf eine Sammlung von Arbeiten zu verweisen, die die Arbeit enthält. Ein Beispiel einer `CITATION.cff`-Datei ist in Listing 1 dargestellt. Dabei wurde sich auf die beschriebenen und notwendigen Felder beschränkt.

### 2.5.2 BIBTEX

`BIBTEX` ist eine Software, welche zur Erstellung von Literaturangaben und -verzeichnissen in `LATEX`-Dokumenten verwendet wird. Außerdem existiert mit `BIBTEX` ein gleichnamiges Format, welches in der Datei `CITATION.bib` gespeichert wird und auf keinem anderen Format basiert. `BIBTEX` ist ein weit verbreiteter Standard und wird von vielen verwendet, um Literatur zu zitieren. Insgesamt haben Stand 07.11.2024 2.144 Repositorys auf GitHub eine `CITATION.bib`-Datei. Das Format beschreibt die Zitation von Literatur und kann von Menschen und Maschinen gelesen werden. Es beschränkt sich dabei nicht auf eine spezielle Art von Literatur, sondern kann für viele unterschiedliche Arten von Literatur verwendet werden. Beispielsweise können Bücher und Masterarbeiten in `BIBTEX` zitiert werden (Patashnik 1988). Ein offizieller Literaturtyp für Software existiert nicht. In der Datei können mehrere Einträge vorhanden sein, wobei jeder Eintrag eine Literaturangabe darstellt.

`BIBTEX`-Dateien können von Menschen manuell erstellt werden und in das Repository eingebunden werden. Außerdem existieren viele Literaturverwaltungsprogramme wie Zotero, welche `BIBTEX`-Dateien erstellen und verarbeiten können (Zotero 2024). Ebenfalls ist die Integration in andere Plattformen möglich, wie z. B. in GitHub. Hier wird die `CITATION.bib`-Datei auf der Repository-Startseite verlinkt, sie lässt

```
1 cff-version: 1.2.0
2 title: "CompAuthorsBetweenDS"
3 message: "If you use this software, please cite it using the metadata from
   ↵ this file."
4 type: software
5 authors:
6   - given-names: "Kevin"
7     family-names: "Jahrens"
8     email: "k.jahrens@stud.hs-wismar.de"
9   - name: "Hochschule Wismar"
10 date-released: "2025-01-01"
11 doi: "10.1000/182"
12 identifiers:
13   - description: "The DOI of the work."
14     type: "doi"
15     value: "10.1000/182"
16   - description: "The versioned DOI for version 1.0.0 of the work"
17     type: "doi"
18     value: "10.1000/182"
19 preferred-citation:
20   title: "Identifikation und Vergleich von Autorenangaben zu Software
   ↵ zwischen verschiedenen Datenquellen"
21   type: thesis
22   year: 2025
23   month: 01
24   date-published: "2025-01-01"
25   date-released: "2025-01-01"
26   doi: "10.1000/182"
27   collection-doi: "10.1000/182"
28   identifiers:
29     - description: "The DOI of the work."
30       type: "doi"
31       value: "10.1000/182"
32     - description: "The versioned DOI for version 1.0.0 of the work"
33       type: "doi"
34       value: "10.1000/182"
35   authors:
36     - given-names: "Kevin"
37       family-names: "Jahrens"
38       email: "k.jahrens@stud.hs-wismar.de"
39     - name: "Hochschule Wismar"
```

**Listing 1:** Beispiel einer CITATION.cff -Datei

---

```

1 @masterthesis{Jahrens:2025,
2   author = {Jahrens, Kevin},
3   title = {Identifikation und Vergleich von Autorenangaben zu Software
4           \z zwischen verschiedenen Datenquellen},
5   school = {Hochschule Wismar},
6   month = {1},
7   year = {2025}
8 }
```

**Listing 2:** Beispiel einer `CITATION.bib`-Datei

sich jedoch im Gegensatz zu dem CFF nicht direkt kopieren oder in andere Formate umwandeln (GitHub 2024b).

In dem `BIBTEX`-Format existieren verschiedene Felder, welche für die Zitation von Literatur relevant sind. Einige Felder sind dabei zwingend erforderlich und andere nicht. Welche Felder zwingend erforderlich sind, hängt vom Literaturtyp ab. Zudem sind die verfügbaren Felder vom Literaturtyp abhängig (Patashnik 1988). In dieser Arbeit wird auf einige dieser Felder eingegangen, welche für die spätere Auswertung relevant sind. Das wichtigste Feld ist das „author“-Feld, welches die Autoren der Literatur enthält und zwingend erforderlich ist. Die Vor- und Nachnamen der Autoren werden mit einem Komma separiert und mehrere Autoren werden über ein „and“ getrennt. Weitere Felder, welche für die Masterarbeit verwendet werden, sind „year“ und „month“, welche das Jahr und den Monat der Veröffentlichung angeben. Ein Beispiel einer `CITATION.bib`-Datei ist in Listing 2 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass in dem `BIBTEX`-Eintrag Informationen fehlen, welche in dem CFF-Eintrag vorhanden waren. Dies liegt daran, dass in dem `BIBTEX`-Eintrag nur eine Referenz auf die Masterarbeit möglich ist und nicht auf die entwickelte Software.

## 2.6 Named Entity Recognition

Die Named entity recognition (NER) beschreibt den Prozess der automatischen Erkennung und Klasseneinteilung von Substantiven, sogenannten Entitäten im Text (Mohit 2014). Typische Entitäten sind Personen, Orte und Organisationen. Im folgenden Beispiel sind die Entitäten markiert, dabei ist nach erfolgreicher NER die Klasse der Entität bekannt, welche hinter der Entität in Klammern gesetzt wurde.

***PyTorch*** (Organisation) is currently maintained by ***Soumith Chintala*** (Person), ***Gregory Chanan*** (Person), ***Dmytro Dzhulgakov*** (Person), ***Edward***

**Yang** (Person), and **Nikita Shulga** (Person) with major contributions coming from **hundreds** (Ziffer) of talented individuals in various forms and means.

NER wird in vielen Bereichen eingesetzt, wie z. B. Informationsextraktion, Frage-Antwort-Systeme und der maschinellen Übersetzung, um eine Wort-für-Wort-Übersetzung zu vermeiden. Die NER wurde in vielen Sprachen untersucht, darunter auch Arabisch und Hebräisch (Mohit 2014). In dem Fall der Masterarbeit kann das System verwendet werden, um die Beschreibungen der Pakete zu verarbeiten und die Namen der Entwickler zu extrahieren.

In der NER gibt es verschiedene Herausforderungen, welche schwierig zu lösen sind. Diese sind zum einen das Erkennen des Entitäten-Anfangs und Endes und zum anderen die Erkennung der korrekten Entitätenklasse, welche standardmäßig versucht werden, parallel zu lösen. Ebenfalls gibt es ähnlich wie in vielen anderen Bereichen der natürlichen Sprachverarbeitung das Problem der Polysemie, also dass ein Wort mehrere Bedeutungen haben kann (ebd.). Ein Beispiel hierfür ist das Wort „Bank“, welches sowohl eine Sitzgelegenheit als auch ein Finanzinstitut sein kann. Dieses Problem ist besonders schwerwiegend in der Named entity disambiguation (NED), auf welche im nächsten Abschnitt eingegangen wird.

Für die NER gibt es verschiedene Programme und trainierte Modelle, welche verwendet werden können. Ein Programm im Python-Umfeld für die NER ist *spaCy*, welches eine Open-Source-Bibliothek für die Verarbeitung natürlicher Sprache ist. Die Bibliothek ist nicht beschränkt auf die NER, sondern bietet auch Funktionalitäten wie Tagging, Parsing und Text Klassifikation. Die Bibliothek hat zum Anspruch, fertige Modelle für den industriellen Einsatz bereitzustellen, welche sowohl schnell sind, als auch eine hohe Genauigkeit haben (Honnibal u. a. 2020). Für die unterschiedliche Genauigkeit sowie für unterschiedliche Sprachen existieren verschiedene Modelle, welche verwendet werden können.

## 2.7 Named Entity Disambiguation

Die NED ist ein automatischer Prozess, bei dem ein Name einer Entität einer gegebenen Datenmenge zugeordnet wird (Cucerzan 2007; Yamada u. a. 2022). Die Entitäten können beispielsweise durch die NER extrahiert worden sein. Dabei kann es dazu kommen, dass eine Entität mehrfach extrahiert wird und mehrfach in der Datenmenge vorhanden ist, jedoch mit anderen Bedeutungen. In der natürlichen Sprachverarbeitung ist dies das Problem der Polysemie, auf das bereits eingegangen

wurde. Es ist aber auch möglich, dass Personen mit dem gleichen Namen, sogenannte Namensvetter extrahiert werden, welche unterschieden werden müssen. Dies beschreibt die Author name disambiguation, welche konkret individuelle Personen disambiguier und ein Teil der NED ist. Diese Probleme kann die NER mittels Modellen lösen, die die Entitäten anhand von Kontexten disambiguieren. Beispiele für erkannte Entitäten sind (Cucerzan 2007):

- George W. Bush (George W. Bush)
- George Bush (George W. Bush)
- Bush (George W. Bush)
- Reggie Bush (Reggie Bush)
- Bush (Reggie Bush)
- Bush (Rock band)

In dem Beispiel ist die Entität dargestellt, gefolgt von der Entität in der Datenmenge, welche in Klammern steht. Hierbei ist auffällig, dass Nennungen von „Bush“ mehrfach vorkommen und durch den Kontext, in dem sie stehen, durch die NED unterschieden werden müssen.

NED wird in vielen Bereichen eingesetzt, wie z. B. Textanalysen, semantische Suche und der Gruppierung von Software-Nennungen in wissenschaftlichen Arbeiten (Cucerzan 2007; Yamada u. a. 2022; Schindler u. a. 2021). In der Masterarbeit kann die NED verwendet werden, um Autoren aus verschiedenen Quellen miteinander abzugleichen.

Ähnlich zu der NER gibt es für die NED verschiedene Modelle, welche verwendet werden können. Viele Modelle sind jedoch spezifisch auf einzelne Aufgabenbereiche trainiert. Allgemeine Modelle sind primär für die Disambiguierung von Entitäten in Texten trainiert, welche in der Arbeit nicht immer vorhanden sind. Ein Beispiel ist ein Modell, welches auf BERT basiert und Wörter, sowohl als auch Entitäten als Tokens erhält und diese mit Entitäten aus einem Text disambiguert (Yamada u. a. 2022).

## 2.8 Unscharfe Suche

Die unscharfe Suche ist ein Verfahren, um ähnliche Zeichenfolgen zu finden, die sich in ihrer Schreibweise unterscheiden (Hall und Dowling 1980). Dieses Verfahren hat

viele Anwendungsgebiete in der Informatik. Ein Beispiel ist das Finden eines Personennamens in einem Index. Falls der Name exakt in dem Index vorhanden ist, ist die Suche trivial. Falls der Name unterschiedlich geschrieben ist, beispielsweise durch Abkürzungen oder Tippfehler, wird die triviale Suche fehlschlagen. Die unscharfe Suche kann in diesem Fall helfen, den Namen trotzdem zu finden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist eine allgemeine Suche, beispielsweise von Produkten in einem Online-Shop. Hierbei müssen auch Tippfehler, welche häufig auftreten, berücksichtigt werden. Dadurch ist die Suche nach einer Zeichenfolge, welche nahezu korrekt ist, ein häufiges Problem in der Informatik.

Die unscharfe Suche basiert auf der Levenshtein-Distanz (Levenshtein 1965). Als Ergebnis der unscharfen Suche wird in vielen Implementierungen die Distanz zwischen zwei Zeichenfolgen in Prozent angegeben. Die Levenshtein-Distanz verwendet drei Arten von einzelzeichenbasierten Editieroperationen, um die Distanz zwischen zwei Zeichenfolgen zu berechnen.

1. Einfügen eines Zeichens zur Zeichenfolge (`Suhe` → `Suche`)
2. Löschen eines Zeichens aus der Zeichenfolge (`Suchee` → `Suche`)
3. Ersetzen eines Zeichens in der Zeichenfolge (`Siche` → `Suche`)

Zusätzlich zu der Levenshtein-Distanz existiert eine Erweiterung, die Damerau-Levenshtein-Distanz (Damerau 1964). Diese erweitert die Levenshtein-Distanz um eine vierte Editieroperation. Mittels dieser vier Operationen werden ungefähr 80 % der menschlichen Tippfehler abgedeckt (ebd.).

4. Vertauschen von zwei benachbarten Zeichen in der Zeichenfolge (`Suhce` → `Suche`)

Eine Herausforderung bei der unscharfen Suche ist die Laufzeit. Sie ist ungefähr proportional zum Produkt der beiden Zeichenfolgenlängen, wodurch eine unscharfe Suche nach langen Zeichenfolgen unpraktisch wird. Eine weitere Herausforderung ist das Finden des richtigen Prozentsatzes, um die unscharfe Suche zu verwenden. Ein zu hoher Prozentsatz führt dazu, dass die Suche zu viele Ergebnisse zurückgibt, während ein zu niedriger Prozentsatz dazu führt, dass die Suche zu wenige Ergebnisse zurückgibt.

Für die unscharfe Suche gibt es viele Implementierungen, die auf verschiedenen Algorithmen basieren. Ein Programm, welches in Python implementiert ist, ist *TheFuzz* ([seatgeek/thefuzz](https://seatgeek/thefuzz) 2024). Das Programm basiert auf *RapidFuzz*, welches

die Levenshtein-Distanz in Python und C++ implementiert (*rapidfuzz/RapidFuzz* 2024).

### 3 Methodik

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Daten der einzelnen Quellen beschafft, abgeglichen und anschließend ausgewertet werden. Die Datenbeschaffung wird in Abschnitt 3.1, der Abgleich in Abschnitt 3.2 und die Auswertung in Abschnitt 3.3 beschrieben.

Die Datenbeschaffung wurde in die einzelnen Quellen untergliedert. Einige Methoden zur Datenbeschaffung sind dabei ähnlich, worauf im konkreten Fall eingegangen wird. Diese werden jedoch nicht doppelt erläutert.

Der Abgleich findet jeweils zwischen Git und einer weiteren Quelle statt. Es existiert kein Abgleich zwischen einzelnen Quellen wie den Daten aus PyPI und der Beschreibung. Der Abgleich wird in jeder Datenbeschaffung außer der von Git automatisch durchgeführt. Die Ergebnisse des Abgleichs werden in einer CSV-Datei gespeichert. Die Datei wird nur erstellt, falls mindestens ein Eintrag enthalten ist. Allgemeine Daten, beispielsweise ob die Quelle valide ist, werden ebenfalls in einer CSV-Datei gespeichert. Falls in einer Quelle keine Daten vorhanden sind, wird keine CSV-Datei für diese erstellt.

Sämtliche Ergebnisse werden, falls verfügbar, zu verschiedenen Zeitpunkten in denen Änderungen an der Quelle vorgenommen wurden ermittelt und gespeichert. Falls aus der Quelle verschiedene Zeitpunkte der Änderungen vorliegen, wird der Abgleich mit Git jeweils mit der neuesten Version durchgeführt und mit der Version, welche zu dem Zeitpunkt der Änderung in der Quelle vorhanden war. Dadurch entstehen für ein Paket mehrere Dateien, welche unterschiedliche Werte enthalten. Es entsteht die in Abbildung 4 dargestellte Ordnerstruktur, welche die Ergebnisse der Datenbeschaffung darstellt.

Der Prozess findet für jedes zu untersuchende Paket statt. Die Pakete werden dabei aus dem PyPI und dem CRAN Software-Verzeichnis entnommen. Die Ergebnisse des Prozesses werden in fünf Ordner gespeichert jeweils für PyPI, CRAN, CFF, PyPI CFF und CRAN CFF. Die Ordner stellen die 5 Top 100 Listen dar, welche in Abschnitt 3.1 beschrieben werden. In jedem Ordner sind jeweils Unterordner

```
/..... Wurzelverzeichnis
|   20210819_161452-0400_bib_authors.csv BibTEX Autoren abgeglichen mit
|       den Git-Werten zu diesem Zeitpunkt
|   20210819_161452-0400_bib_authors_new.csv BibTEX Autoren abgeglichen
|       mit den Git-Werten zum neuesten Zeitpunkt
|   20210819_161452-0400_git_contributors.csv Git-Autoren bis zu diesem
|       Zeitpunkt
|   20221010_124020-0400_readme_authors.csv Autoren in der Beschreibung
|       abgeglichen mit den Git-Werten zu diesem Zeitpunkt
|   20221010_124020-0400_readme_authors_new.csv ..... Autoren in der
|       Beschreibung abgeglichen mit den Git-Werten zum neuesten Zeitpunkt
|   20221010_124020-0400_git_contributors.csv Git-Autoren bis zu diesem
|       Zeitpunkt
|   bib.csv .. Allgemeine informationen zur BibTEX-Datei zu allen Zeitpunkten
|           z. B. eingetragene DOI
|   readme.csv..... Allgemeine Informationen zur Beschreibung
|   git_contributors.csv ..... Git-Autoren zum neuesten Zeitpunkt
|   pypi_maintainers.csv..... PyPI Maintainer
|   python_authors.csv..... In Python angegebene Autoren
```

**Abbildung 4:** Ergebnisse der Datenbeschaffung

Die Abbildung stellt einen Ausschnitt der CSV-Dateien der Datenbeschaffung dar.

für die einzelnen Pakete. Diese Daten werden für die anschließende Auswertung in Abschnitt 3.3 verwendet. Hier werden die Ergebnisse der Abgleiche ausgewertet und zusammengefasst, um über alle Pakete hinweg Aussagen treffen zu können. Die Datenbeschaffung, der Abgleich und die Auswertung sind in Python programmiert und verwenden OSS auf welche in den jeweiligen Abschnitten eingegangen wird. Der entwickelte Quellcode ist in einem Gitea-Repository verfügbar (Jahrens 2024). Über alle Abschnitte hinweg wird Pandas in der Version 2.2.2 verwendet, um die Tabellen zu erstellen und zu verarbeiten (The pandas development team 2024).

### 3.1 Datenbeschaffung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Top 100 Listen der Pakete erstellt wurden, welche in der Masterarbeit untersucht werden. Außerdem wird beschrieben, wie das Skript zur Datenbeschaffung aus den einzelnen Quellen aufgebaut ist. Hierbei wird *tqdm* in der Version 4.66.5 verwendet, um den Fortschritt der Datenbeschaffung anzuzeigen (Costa-Luis u. a. 2024). Der Abschnitt ist in die einzelnen zu untersuchenden Quellen untergliedert.

Insgesamt werden in der Masterarbeit 5 Top 100 Listen untersucht. Die erste Liste enthält die Top 100 PyPI Pakete, welche am häufigsten im August 2024 heruntergeladen wurden (Kemenade u. a. 2024). Die zweite Liste enthält die Top 100 meist heruntergeladenen CRAN Pakete im Zeitraum von 02.08.2024 bis 31.08.2024 (Csárdi 2024).

Zusätzlich zu den beiden Listen, welche ausschließlich PyPI und CRAN Pakete mit ihren Namen auf der jeweiligen Plattform enthalten, werden noch drei weitere Listen erstellt und anschließend untersucht. Hierbei wurde eine Liste von Herrn Druskat untersucht, welche die Links zu allen Repositorys auf GitHub enthält, welche eine CFF-Datei enthalten. In der Liste sind 20.870 unterschiedliche Links enthalten, wobei einige der Links aufgrund von Umbenennungen auf das gleiche Repository zeigen. Die Liste wurde am 19.10.2024 um die Anzahl der Sterne auf GitHub erweitert, um über diese Metrik anschließend die Top 100 zu definieren. Dafür wurde ein Skript entwickelt, welches einmalig die gesamte Liste analysiert und für jedes Paket die GitHub-API verwendet, um die Anzahl der Sterne zu erhalten.

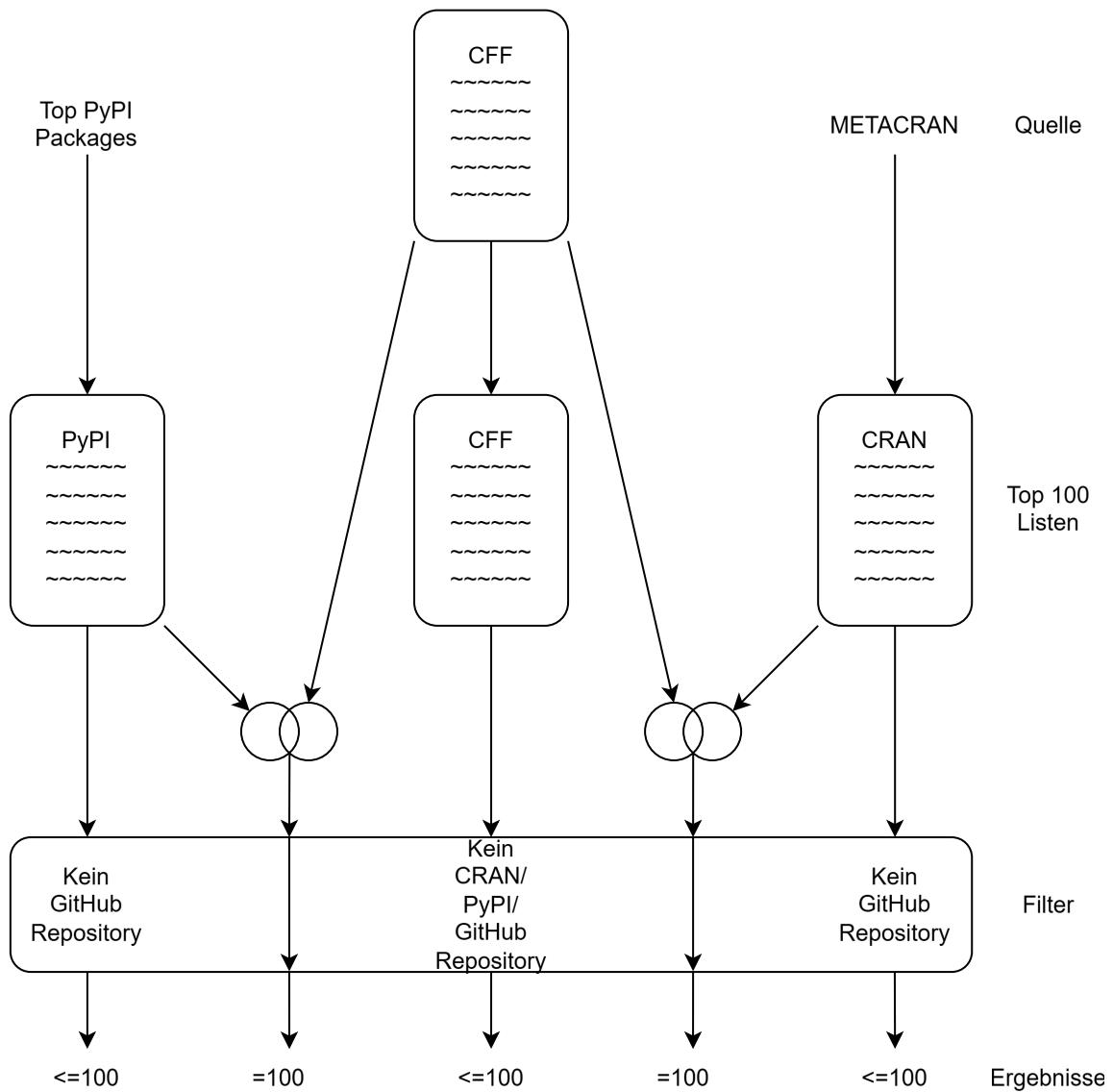
Anschließend wurden aus der Liste die Top 100 Pakete ausgewählt und mittels ecosyste.ms um die Paketverwaltung und den Namen des Pakets in dem jeweiligen Verzeichnis erweitert (Nesbitt o. D.). Ecosyste.ms ist eine Plattform, welche öffentlich zugängliche APIS bereitstellt, mit denen es möglich ist, Software-Metadaten

zu erhalten. Beispielsweise bietet eine API von ecosyste.ms die Möglichkeit, eine GitHub-URL zu übergeben und anschließend eine Liste von Metadaten zu erhalten, wie beispielsweise das Software-Verzeichnis, in welchem das Paket verwaltet wird. Die Liste besteht dabei teilweise aus vielen Einträgen, da beispielsweise ebenfalls Einträge für *nightly* Versionen enthalten sind. Um jeweils nur einen Eintrag pro Paket zu erhalten, wird nur das Paket betrachtet, welches die meisten Downloads hat, da davon auszugehen ist, dass dies die Hauptversion des Pakets ist. Für jedes Paket wird zusätzlich eine *purl* ausgegeben, mit derer es möglich ist, die doppelten Einträge in der Liste aller GitHub-Repositorys mit CFF zu identifizieren und anschließend nur jeweils einmal zu speichern (*package-url/purl-spec* 2024; Nesbitt o. D.).

Die Liste enthält anschließend 100 Pakete, welche nicht zwangsweise analysiert werden können, da sie beispielsweise nicht in CRAN oder PyPI verwaltet werden oder gar keinen Code in der jeweiligen Sprache enthalten. In solchen Fällen kann es sich beispielsweise um Dokumentation handeln, welche in GitHub verwaltet wird. Diese Pakete werden in der Datenbeschaffung nicht betrachtet.

Konkret sind in der Liste null CRAN und 46 PyPI Pakete enthalten. Die restlichen 54 Pakete sind in keiner der beiden zu untersuchenden Paketverwaltungen enthalten und können dadurch nicht untersucht werden. Außerdem können von den 46 PyPI Paketen zwei Pakete zusätzlich nicht untersucht werden, da diese nicht zurück auf das GitHub-Repository verweisen. Aus diesem Grund werden zwei weitere Listen erstellt. Die Listen enthalten die Top 100 PyPI und CRAN Pakete, welche eine CFF-Datei in GitHub haben. Um zu ermitteln, ob und in welchem Verzeichnis die Software liegt, wurde erneut ecosyste.ms verwendet. Anschließend wird für jedes Paket geprüft, ob ein Link aus dem PyPI oder CRAN Software-Verzeichnis zurück zu dem GitHub-Repository vorhanden ist. Zudem werden erneut die doppelten Einträge nicht betrachtet. Dadurch wird gewährleistet, dass in den Listen jeweils 100 Pakete enthalten sind, welche anschließend alle analysiert werden können. Der Prozess, wie die Listen erstellt wurden und wie viele Ergebnisse aus der Datenbeschaffung zu erwarten sind, ist in Abbildung 5 dargestellt.

Aus den Quellen Git, Beschreibung, Citation File Format und BibTeX können zeitliche Informationen extrahiert werden, da diese in Git verwaltet werden. Aus diesem Grund werden die Daten jeweils zu der Änderung der Quelle gespeichert. Dabei ist die maximale Anzahl der Änderungen in die Vergangenheit für die Beschreibung auf 50 beschränkt, um die Laufzeit des Skripts zu begrenzen. Die anderen Quellen haben keine Beschränkung, da diese nicht so häufig aktualisiert werden. Außerdem

**Abbildung 5:** Erstellung der Listen

Die Abbildung zeigt den Prozess, wie die Top 100 Listen erstellt wurden. Dabei werden oben die Quellen für die Listen angegeben. Anschließend werden die Listen erstellt und durch die Datenbeschaffung untersucht. Am Schluss wird die mögliche Anzahl der Ergebnisse angegeben.

werden die Quellen jeweils für PyPI und CRAN betrachtet, da sie allgemein für alle Pakete unabhängig von der Paketverwaltung verfügbar sind.

In CRAN ist es nicht möglich die Änderungen in der Zeit zu betrachten. In der PyPI Quelle ist es teilweise mit BigQuery möglich die Änderungszeitpunkte zu erhalten, jedoch ist dies mit Kosten verbunden und erfordert eine andere Vorgehensweise als bei den anderen zeitlichen Daten, da diese nicht direkt aus Git extrahiert werden können. Die beiden Quellen werden aus diesem Grund nur in der neuesten Version betrachtet und enthalten keine Änderungshistorie.

### 3.1.1 Git

Die Git-Daten sind die grundlegenden Daten, welche für die weiteren Schritte benötigt werden. Sämtliche anderen Quellen werden mit den Git-Daten über den in Abschnitt 3.2 beschriebenen Prozess abgeglichen. Zu Beginn muss das Repository von GitHub geclont werden, um die Daten lokal verarbeiten zu können. Dabei kommt die OSS *GitPython* in der Version 3.1.43 zum Einsatz, welche eine Bibliothek für die einfache Interaktion mittels Python und Git-Befehlen darstellt (Thiel 2024). Beim Aufruf der Funktion wurde kein Branch spezifiziert, weshalb der Branch ausgewählt wird, auf welchen aktuell der *HEAD* vom remote Repository zeigt. Dieser Branch ist in der Regel der Standardbranch, auf welchem die Analyse durchgeführt werden soll. Für das Clonen muss außerdem der Link zum GitHub-Repository angegeben werden, welcher aus der PyPI oder CRAN Quelle stammt. Auf diese Quellen wird in den nächsten Abschnitten eingegangen.

Die Auswertung des Repositorys wird mit *git-quick-stats* in der Version 2.3.0 durchgeführt (arzzen 2021). *Git-Quick-stats* bietet einfache und effiziente Möglichkeiten, um verschiedene Statistiken in einem Git-Repository zu ermitteln. Das Tool wird in dem Python-Skript mit dem Befehl *git-quick-stats -T* aufgerufen, um detaillierte Statistiken zu erhalten. Ausgegeben wird eine Liste aller Autoren, welche in dem Repository Änderungen vorgenommen haben. Diese Liste enthält unter anderem den Namen, die E-Mail, die Anzahl der Einfügungen, Löschungen, geänderten Zeilen, Dateien, Commits, sowie den ersten und letzten Commit, welche alle am Ende des Prozesses gespeichert werden. Die Anzahl der Commits beinhaltet keine Merge-Commits. Dieses Verhalten von *git-quick-stats* ist erwünscht, da diese nicht relevant für die Analyse sind.

Die E-Mail-Adresse wird anschließend in Kleinbuchstaben umgewandelt, um die Daten zu vereinheitlichen. Anschließend wird eine Gruppierung auf der E-Mail durchge-

Feld	Beschreibung
<i>name</i>	Name des Autors
<i>email</i>	E-Mail des Autors
<i>insertions</i>	Hinzugefügte Zeilen des Autors
<i>deletions</i>	Gelöschte Zeilen des Autors
<i>lines_changed</i>	Geänderte Zeilen des Autors
<i>files</i>	Geänderte Dateien des Autors
<i>commits</i>	Anzahl der Commits des Autors
<i>first_commit</i>	Zeitpunkt des ersten Commits des Autors
<i>last_commit</i>	Zeitpunkt des letzten Commits des Autors

**Tabelle 1:** Felder der `git_contributors.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `git_contributors.csv` oder der `TIMESTAMP_git_contributors.csv` Datei. Für jeden Autor der betrachteten Software werden die dargestellten Werte gespeichert.

führt und die anderen Werte summiert, mit Ausnahme des ersten und letzten Commits, bei denen der älteste und neueste Commit ausgewählt werden. Der Name des Autors wird dabei ebenfalls summiert, was in dem Kontext bedeutet, dass Namen aneinander gehängt werden. Das Gruppieren ist notwendig, da die Autoren den Namen und die E-Mail-Adressen in Git eigenständig festlegen können, wie in Abschnitt 2.3 beschrieben wurde. Durch dieses Vorgehen wird gewährleistet, dass zumindest keine E-Mail-Adressen doppelt vorhanden sind, falls ein Autor unterschiedliche Schreibweisen für seinen Namen verwendet. Die ermittelten und gruppierten Daten werden nach der Anzahl der Commits sortiert in der Datei `git_contributors.csv` gespeichert. In Tabelle 1 sind die Felder der Datei aufgelistet.

Außerdem bietet das Tool die Möglichkeit, mit der gesetzten Umgebungsvariablen `_GIT_UNTIL=`, alle Änderungen nur bis zu einem bestimmten Zeitpunkt zu betrachten. Diese Funktion wird verwendet, um die Änderungen bis zur Aktualisierung einer Quelle zu betrachten. Die Daten werden beispielsweise in der Datei `20210819_161452-0400_git_contributors.csv` gespeichert, wobei der erste Teil des Dateinamens den konkreten Tag und Uhrzeit mit zugehöriger Zeitzone angibt. Dabei hat die Datei die gleichen Felder wie die `git_contributors.csv` Datei, welche in Tabelle 1 dargestellt ist, jedoch nur für die Änderungen bis zu dem angegebenen Zeitpunkt. Für die Verarbeitung der Zeiten in unterschiedlichen Zeitzonen wird das Modul `pytz` in der Version 2024.2 verwendet (Bishop 2024).

### 3.1.2 PyPI

Zu Beginn des Prozesses wird die Datei eingelesen, in denen die Top 100 Pakete von PyPI aufgelistet sind. In dieser Datei ist ausschließlich der Name des Pakets und die Anzahl der Downloads auf PyPI enthalten. Für die Beschaffung der Repository Daten von GitHub wird jedoch der Link zu der Versionsverwaltung benötigt. Dieser wird mithilfe von *aiohttp* in der Version 3.10.3 von der JSON-API von PyPI abgefragt (*aio-libs/aiohttp* 2024). Dabei muss ein Paket nicht zwangsläufig ein GitHub-Repository haben, weshalb die Daten nicht immer vorhanden sind. In diesem Fall wird das Paket übersprungen und nicht weiter betrachtet.

Anschließend werden die weiteren Daten verarbeitet, welche von der JSON-API abgefragt wurden. Dabei werden die nicht verifizierten Autoren und Maintainer jeweils mit Name und E-Mail des Pakets extrahiert. Welche Werte dort enthalten sind, können die Paketentwickler selbst entscheiden. Beispielsweise geben einige Paketentwickler mehrere Autoren mit Komma separiert an. Diese werden aufgeteilt und als einzelne Autoren gespeichert. Ebenfalls werden die E-Mail-Adressen anhand des Kommas separiert und jeweils mit dem Namen des Autors verbunden. Dies geschieht so, dass der 1. Name mit der 1. E-Mail verbunden wird, der 2. Name mit der 2. E-Mail und so weiter. Falls ein Autor keine E-Mail angegeben hat, wird der Name ohne E-Mail gespeichert und falls nur eine E-Mail angegeben ist, wird diese ohne einen Namen gespeichert.

Ebenfalls geben einige Paketentwickler keine E-Mail im E-Mail-Feld an, sondern nur den Namen und schreiben in das Namensfeld, zusätzlich eine E-Mail-Adresse, auch der andere Weg ist möglich. Es gibt noch verschiedene weitere Sonderfälle, welche jedoch nicht alle aufgezählt werden, da sie gleich behandelt werden. In diesen Sonderfällen wird keine weitere Betrachtung vorgenommen und die Daten so gespeichert, wie sie von der API zurückgegeben wurden. Anschließend werden die Daten mit dem in Abschnitt 3.2 beschriebenen Prozess mit den zuvor beschafften Git-Daten abgeglichen, dabei werden die verschiedenen Sonderfälle, welche auftreten können berücksichtigt. Zudem werden die Daten in den Dateien `python_authors.csv` und `python_maintainers.csv` gespeichert. Inhalt ist dabei der Name und die E-Mail des Autors oder Maintainers, sowohl als auch die Daten aus dem Abgleich mit Git. Die Felder der Dateien sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Zusätzlich zu den Informationen der Autoren und Maintainer wird die Beschreibung des Pakets von der API zurückgegeben. Einige Pakete haben in der Beschreibung

ebenfalls Autoren angegeben, welche zusätzlich verarbeitet werden. Die Beschreibung wird als unstrukturierter Text zurückgegeben. Dieser Text wird mittels der NER Bibliothek *spaCy* in der Version 3.7.6 verarbeitet, um die Autoren zu extrahieren (Honnibal u. a. 2020). Dabei wird das Programm so verwendet, dass nur die Entitäten *PERSON* extrahiert werden. Als Modell wurde das `en_core_web_trf` verwendet, welches auf Englisch trainiert ist und eine höhere Genauigkeit aufweist als das `en_core_web_sm` Modell. Das `en_core_web_sm` Modell hat einen F Score von 0.846, wohingegen das `en_core_web_trf` Modell einen F Score von 0.902 aufweist. Durch die Verwendung des genaueren Modells ist die Laufzeit erhöht. In Experimenten hat sich jedoch gezeigt, dass das kleinere Modell keine guten Ergebnisse für die Beschreibungen liefert, da sehr viele Entitäten fälschlicherweise als Autoren erkannt werden. Die extrahierten Autoren werden ebenfalls mit den Git-Daten abgeglichen und in der Datei `description_authors.csv` gespeichert. Inhalt ist dabei der Name des Autors, sowohl als auch die Daten aus dem Abgleich mit Git. Die Felder der Datei sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Außerdem werden die verifizierten Maintainer, welche auf PyPI angegeben sind verarbeitet, da diese unter Umständen nicht den Autoren entsprechen, welche durch die API ausgegeben werden. Diese werden durch PyPI nicht mittels der JSON-API ausgegeben, weshalb die Daten mittels der XML-RPC-API abgefragt werden. Die API liefert den Benutzernamen sowie die Rolle des Autors. Die Rolle kann dabei *Maintainer* oder *Owner* sein. *Owner* ist hierbei nicht der *Owner*, welcher in Abbildung 2 unter *Owner* aufgeführt ist, sondern in diesem konkreten Fall sind alle drei Betreuer des Pakets als *Owner* angegeben. Der Benutzer ‘‘Matplotlib’’, welcher unter *Owner* aufgeführt ist, wird nicht über die API zurückgegeben. Dieser wird jedoch auch nicht benötigt, da unter *Owner* immer eine Organisation angeführt wird und in der Masterarbeit nur Personen betrachtet werden. Im Allgemeinen ist die Dokumentation der XML-RPC-API nicht gut beschrieben und es wird nicht deutlich, welche Daten zurückgegeben werden.

Anschließend werden alle verifizierten Autoren, welche durch die API zurückgegeben wurden, analysiert, unabhängig von der angegebenen Rolle. Da die Autoren ausschließlich mit dem Benutzernamen zurückgegeben werden, wird ein Web-Scraper benötigt, um den vollständigen Namen des Autors zu erhalten. Falls ein Autor einen Namen angegeben hat, wird dieser auf der Profilseite des Benutzers dargestellt. Um diesen zu erhalten, wird eine Anfrage mittels *aiohttp* an die Profilseite des Benutzers gestellt. Anschließend wird mittels *BeautifulSoup* in der Version 4.12.3 der Name aus dem HTML extrahiert (Richardson 2024). Die Daten werden, nachdem

Feld	Beschreibung
<i>rank</i>	Rang des Autors sortiert nach der Anzahl der Commits
<i>insertions</i>	Hinzugefügte Zeilen des Autors
<i>deletions</i>	Gelöschte Zeilen des Autors
<i>lines_changed</i>	Geänderte Zeilen des Autors
<i>files</i>	Geänderte Dateien des Autors
<i>commits</i>	Anzahl der Commits des Autors
<i>first_commit</i>	Zeitpunkt des ersten Commits des Autors
<i>last_commit</i>	Zeitpunkt des letzten Commits des Autors
<i>score</i>	Zu wie viel Prozent der Abgleich mit Git übereinstimmt

**Tabelle 2:** Felder, welche durch den Abgleich mit Git entstehen

Die Tabelle zeigt die Felder, welche durch den Abgleich mit Git entstehen. Für jeden Autor oder Maintainer der betrachteten Software werden die dargestellten Werte gespeichert, falls der Autor abgeglichen werden konnte. Falls der Autor nicht abgeglichen werden konnte, sind die Felder leer und der Score ist 0.

Feld	Beschreibung
<i>name</i>	Name des Autors
<i>email</i>	E-Mail des Autors

**Tabelle 3:** Felder der `python_authors.csv`, `python_maintainers.csv` und `cran_maintainers.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `python_authors.csv`, `python_maintainers.csv` und `cran_maintainers.csv` Datei. Für jeden Autor oder Maintainer der betrachteten Software wird der Name und die E-Mail gespeichert, falls diese angegeben wurde. Außerdem werden weitere Felder durch den Abgleich mit Git in der Datei gespeichert, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind.

sie mit den Git-Daten abgeglichen wurden, in der Datei `pypi_maintainers.csv` gespeichert. Inhalt ist dabei der Benutzername und der Name des Autors, sowohl als auch die Daten aus dem Abgleich mit Git. Die Felder der Datei sind in Tabelle 4 aufgelistet.

### 3.1.3 CRAN

Ähnlich wie bei PyPI werden zu Beginn die Daten der Top 100 Pakete aus der zuvor beschafften Datei eingelesen. In dieser Datei sind ebenfalls ausschließlich der Name des Pakets und die Anzahl der Downloads auf CRAN enthalten. Aus diesem Grund wird zu Beginn eine Anfrage mittels `aiohttp` an die von METACRAN bereitgestellte

Feld	Beschreibung
<i>login</i>	Benutzername des Autors
<i>name</i>	Name des Autors

**Tabelle 4:** Felder der `pypi_maintainers.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `pypi_maintainers.csv` Datei. Für jeden Maintainer der betrachteten Software wird der Benutzername angegeben. Der Name kann leer sein, da er nicht angegeben werden muss. Außerdem werden weitere Felder durch den Abgleich mit Git in der Datei gespeichert, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind.

Feld	Beschreibung
<i>name</i>	Name des Autors

**Tabelle 5:** Felder der `description_authors.csv`, `TIMESTAMP_readme_authors(_new).csv` und `TIMESTAMP_bib_authors(_new).csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `description_authors.csv`, `TIMESTAMP_readme_authors(_new).csv` und `TIMESTAMP_bib_authors(_new).csv` Datei. Für jeden Autor der betrachteten Software wird der Name gespeichert, welcher durch die NER ermittelt wurde. Außerdem werden weitere Felder durch den Abgleich mit Git in der Datei gespeichert, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind.

API gestellt, um die Metadaten des Pakets zu erhalten. In den Metadaten kann der Link eines GitHub-Repositorys enthalten sein. Falls kein Link zu einem GitHub-Repository vorhanden ist, wird das Paket ebenfalls nicht weiter betrachtet.

Anschließend werden die weiteren Daten verarbeitet, welche von der API bereitgestellt werden. Von der API wird das Feld „Authors@R“ bereitgestellt. Dieses Feld beinhaltet die Autoren mit dem Namen, der E-Mail und einer ORCID iD des Pakets in einer in R formatierten Zeichenfolge. Dabei müssen nicht zwingend alle Informationen vorhanden sein. Des Weiteren haben Autoren eine Rolle zugeordnet. Die Rolle ist nicht fest definiert und kann von den Autoren frei gewählt werden. Es existieren allerdings Standards, welche eingehalten werden sollten. Einem Autor können mehrere Rollen zugewiesen sein. Im R Journal wurden folgende Rollen definiert (Hornik, Murdoch und Zeileis 2011):

- „aut“ (Autor): Vollständige Autoren, die wesentliche Beiträge zu dem Paket geleistet haben und in der Zitation des Pakets auftauchen sollten.
- „com“ (Complier): Personen, die Code (möglicherweise in anderen Sprachen) gesammelt, aber keine weiteren wesentlichen Beiträge zum Paket geleistet haben.

- „*ctb*“ (Mitwirkender): Autoren, die kleinere Beiträge geleistet haben (z. B. Code-Patches usw.), die aber nicht in der Auflistung der Autoren auftauchen sollten.
- „*cph*“ (Urheberrechtsinhaber): Personen, die das Urheberrecht an dem Paket besitzen.
- „*cre*“ (Maintainer): Paket Maintainer
- „*ths*“ (Betreuer der Thesis): Betreuer der Thesis, wenn das Paket Teil einer Thesis ist.
- „*trl*“ (Übersetzer): Übersetzer nach R, wenn der R-Code eine Übersetzung aus einer anderen Sprache (typischerweise S) ist.

Die Daten aus der Zeichenfolge werden mit der Software *rpy2* in der Version 3.5.16 verarbeitet (*rpy2/rpy2* 2024). *Rpy2* ist eine Software, welche es ermöglicht R-Code in Python auszuführen. Die Software wird mit dem R-Befehl `eval(parse(text = '{cran_author}'))` ausgeführt, wobei `cran_author` die R-Zeichenfolge der Autoren ist. Anschließend werden die Autoren, welche die Rolle *aut* zugeordnet haben, nach dem Abgleich mit den Git-Daten in der Datei `cran_authors.csv` gespeichert. In der Datei wird, falls vorhanden, der Name, die E-Mail-Adresse und die ORCID iD der Autoren gespeichert. Die Felder der Datei sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Falls das Feld „Authors@R“ keine Zeichenfolge enthält oder beim Verarbeiten der Zeichenfolge ein Fehler auftritt, wird das durch die API zurückgegebene Feld „Author“ verarbeitet. In dem Feld stehen ebenfalls die Autoren des Pakets, jedoch ohne die zusätzliche Information der E-Mail. Außerdem ist das Feld nicht in R formatiert, sodass die Zeichenfolge mittels eines regulären Ausdrucks verarbeitet wird. Die Folge ist dabei unterschiedlich in verschiedenen Paketen, sodass keine allgemeine Regel definiert werden kann. Einige Paketautoren geben keine ORCID iD an, sodass die gesamte Zeichenfolge anders aufgebaut ist. Andere Autoren wiederum geben keine Rollenbezeichnungen an, sodass die Zeichenfolge beispielsweise nur den Namen enthält. Falls eine Rolle angegeben ist, werden nur jene Autoren verarbeitet, welche als Rolle *aut* zugeordnet haben. Andernfalls werden alle Autoren verarbeitet. Die Autoren werden in der Datei `cran_authors.csv` nachdem sie mit den Daten aus Git abgeglichen wurden gespeichert. Dabei wird nur der Name gespeichert ohne zusätzliche Informationen wie der ORCID iD, da dieses Vorgehen die Verarbeitung bei den unterschiedlichen aufgebauten Zeichenfolgen vereinfacht hat. Zudem wird diese Methode nur verwendet, falls die Verarbeitung der Zeichenfolge „Authors@R“ fehlschlägt.

Feld	Beschreibung
<i>name</i>	Name des Autors
<i>email</i>	E-Mail des Autors
<i>orcid</i>	ORCID iD des Autors

**Tabelle 6:** Felder der `cran_authors.csv`, `TIMESTAMP_cff_authors(_new).csv` und `TIMESTAMP_cff_preferred_citation_authors(_new).csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `cran_authors.csv`, `TIMESTAMP_cff_authors(_new).csv` und `TIMESTAMP_cff_preferred_citation_authors(_new).csv` Datei. Für jeden Autor der betrachteten Software wird der Name, die E-Mail und die ORCID iD angegeben, falls diese vorhanden sind. Außerdem werden weitere Felder durch den Abgleich mit Git in der Datei gespeichert, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind.

Ein weiteres Feld, welches von der API zurückgegeben wird und verarbeitet wird, ist das Feld „Maintainer“. Dieses Feld ist nicht in R formatiert, sondern eine einfache Zeichenfolge. Die Zeichenfolge enthält weniger Informationen als die „Author“ Zeichenfolge. In ihr ist lediglich der Name und die E-Mail-Adresse des Maintainers enthalten. Außerdem ist immer nur ein Maintainer angegeben, welcher verarbeitet wird. Die Daten werden nach dem Abgleich mit den Daten aus Git in der Datei `cran_maintainers.csv` gespeichert. Ausgegeben wird in der Datei der Name und die E-Mail-Adresse des Maintainers. Die Felder der Dateien sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Das letzte Feld, welches von der API verarbeitet wird, ist das Feld „Description“. In diesem Feld ist die Beschreibung des Pakets enthalten. Dabei wird die Verarbeitung wie in Unterabschnitt 3.1.2 für die Beschreibung von PyPI durchgeführt. Es wird ebenfalls die NER Bibliothek *spaCy* verwendet, um die Autoren zu extrahieren. Anschließend werden Namen der extrahierten Autoren in der Datei `description_authors.csv` nach einem Abgleich mit den Git-Daten gespeichert. Die Felder der Datei sind in Tabelle 5 aufgelistet.

### 3.1.4 Beschreibung

In diesem Abschnitt wird anders als zuvor keine API angefragt, sondern auf den bereits heruntergeladenen Git-Daten die Analyse durchgeführt. Untersucht wird die Beschreibung, welche in der `README.md` Datei des Repositorys enthalten ist. Dabei wird die Beschreibung wie zuvor mit *spaCy* untersucht. Anders ist jedoch, dass die `README.md` Datei in Git verwaltet wird und somit die Änderungen in

Feld	Beschreibung
<i>committed_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>commit date</i>
<i>authored_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>author date</i>

**Tabelle 7:** Felder der `readme.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `readme.csv` Datei. Für jede Änderung der Beschreibung werden die dargestellten Werte gespeichert.

der Zeit betrachtet werden können. Aus diesem Grund wird das Programm *Git-Python* verwendet, um die letzten 50 Änderungen der Datei auf dem Standardbranch zu erhalten. Anschließend wird für jede Änderung die Beschreibung wie zuvor mit *spaCy* analysiert. Für jeden Zeitpunkt wird eine CSV-Datei mit dem Namen `TIMESTAMP_readme_authors_new.csv` erstellt, wobei *TIMESTAMP* durch den konkreten Zeitpunkt der Änderung der Datei ersetzt wird. Hierbei wird der *commit date* Zeitpunkt aus Git verwendet. Die erstellte Datei enthält die extrahierten Namen aus der Beschreibung, welche mit den neuesten Git-Daten abgeglichen wurden. Die Felder der Datei sind in Tabelle 5 aufgelistet. Der neueste Zeitpunkt entspricht hierbei dem Zeitpunkt, an dem die Repositorys heruntergeladen wurden, also dem Tag an dem der Prozess durchlaufen wurde.

Zusätzlich wird zu jedem Änderungszeitpunkt der Git-Prozess aus Unterabschnitt 3.1.1 bis zu diesem Zeitpunkt durchlaufen. Dies dient dazu, eine Liste aller Autoren zu erhalten, welche bis zu diesem Zeitpunkt Änderungen vorgenommen haben. Die Liste wird in der Datei `TIMESTAMP_git_contributors.csv` gespeichert, wobei *TIMESTAMP* durch den konkreten Zeitpunkt ersetzt wird. Der Inhalt ist der gleiche wie in Unterabschnitt 3.1.1, jedoch nur bis zu dem Zeitpunkt, an dem die `README.md` Datei jeweils geändert wurde. Diese Daten werden ebenfalls mit den Autoren, welche aus der Beschreibung extrahiert wurden, abgeglichen und in der Datei `TIMESTAMP_readme_authors.csv` gespeichert. Die Felder der Datei sind ebenfalls in Tabelle 5 aufgelistet. Der Inhalt ist hierbei der Name des Autors und weitere Informationen, welche durch den Abgleich ermittelt wurden.

Im Prozess werden ebenfalls allgemeine Informationen zur Beschreibung beschafft und anschließend in der Datei `readme.csv` gespeichert. Die Datei beinhaltet die Zeitpunkte *commit date* und *author date* für jede Änderung der Beschreibung. Die Felder der Datei sind in Tabelle 7 dargestellt.

### 3.1.5 Citation File Format

In diesem Unterabschnitt wird ähnlich wie im vorherigen Unterabschnitt die CFF Datei untersucht. Der Unterabschnitt ist dabei aufgeteilt in die allgemeinen Daten, welche für CFF und „preferred-citation“, gelten und die spezifischen Daten, welche ausschließlich für die „preferred-citation“, gelten. Die beiden Daten werden jeweils in einer `CITATION.cff` Datei gespeichert, wie es in den Grundlagen erläutert wurde. Es wird ebenfalls ein zeitlicher Verlauf der Daten betrachtet, um die Änderungen in der Zeit zu analysieren. Dabei wird der Verlauf nicht auf 50 Zeitpunkte beschränkt, sondern in der gesamten Historie betrachtet. Da die CFF Datei in YAML geschrieben wird, wird die Bibliothek `pyyaml` in der Version 6.0.2 verwendet, um die Datei zu lesen (*yaml/pyyaml* 2024).

In der CFF können für die eigentliche Zitation und für die „preferred-citation“, Autoren angegeben werden. Diese werden jeweils getrennt extrahiert, anschließend mit den neuesten Git-Daten abgeglichen und in separaten Dateien gespeichert. Dabei werden nur die Autoren betrachtet, welche Personen sind und keine Entitäten wie beispielsweise Organisationen. Die Autoren werden in der Datei `TIMESTAMP_cff_authors_new.csv` gespeichert, wobei *TIMESTAMP* durch den Zeitpunkt der Änderung ersetzt wird. Die Autoren aus der „preferred-citation“, werden in der Datei `TIMESTAMP_cff_preferred_citation_authors_new.csv` gespeichert. In beiden Dateien sind der Name, die E-Mail, die ORCID iD und die Git-Daten, welche durch den Abgleich ermittelt wurden, enthalten. Die Felder der Dateien sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Zusätzlich zu den neuesten Daten wird zu jedem Änderungszeitpunkt der Git-Prozess aus Unterabschnitt 3.1.1 bis zu diesem Zeitpunkt durchlaufen. Die Liste der Autoren wird in der Datei `TIMESTAMP_git_contributors.csv` gespeichert. Die Liste enthält die Autoren, welche bis zu diesem Zeitpunkt Änderungen vorgenommen haben. Außerdem wird die Liste der Autoren, welche aus der CFF extrahiert wurden, mit den Git-Autoren bis zu diesem Zeitpunkt abgeglichen. Dadurch entstehen die beiden Dateien `TIMESTAMP_cff_authors.csv` und `TIMESTAMP_cff_preferred_citation_authors.csv`. Enthalten sind die gleichen Informationen wie in den „new“ Dateien.

Zudem können in beiden Fällen ähnlich wie bei der Beschreibung allgemeine Daten extrahiert werden. Hierbei wird wie in der Beschreibung eine weitere CSV-Datei erstellt, welche die allgemeinen Daten enthält. In dem Fall der CFF werden zwei allgemeine Dateien erstellt, einmal für die CFF und einmal für die „preferred-citation“.

Die Dateien heißen `cff.csv` und `cff_preferred_citation.csv`. Die Felder der `cff.csv` Datei sind in Tabelle 8 aufgelistet und die der `cff_preferred_citation.csv` Datei in Tabelle 9. In den beiden Dateien werden ebenfalls die Zeitpunkte *commit date* und *author date* gespeichert.

In den Dateien wird ebenfalls gespeichert, ob die CFF Datei valide ist. Hierbei wird das Programm *cffconvert* in der Version 2.0.0 verwendet, um die Validität zu überprüfen (Spaaks 2021). Außerdem benötigt *cffconvert* die Programme *jsonschema* und *pykwalify*, welche in der Masterarbeit in der Version 4.23.0 und 1.8.0 verwendet werden (*python-jsonschema/jsonschema* 2024; Grokzen 2024). Diese werden von *cffconvert* benötigt, um die CFF Datei zu validieren. Zusätzlich wird gespeichert, ob die CFF Datei mit dem Tool *cffinit* erstellt wurde (Spaaks u. a. 2023). Dies ist möglich, da *cffinit* in der CFF Datei mehrere Kommentare einfügt, welche auf das Tool hinweisen. Es wird davon ausgegangen, dass *cffinit* benutzt wurde, falls der Kommentar „This CITATION.cff file was generated with cffinit.“ in der CFF Datei vorhanden ist. Dies ist jedoch kein sicherer Indikator, da der Kommentar auch manuell hinzugefügt und vor allem entfernt werden kann. Diese Werte werden jeweils in den allgemeinen Dateien gespeichert. Dies führt zu einer doppelten Speicherung, allerdings ist dadurch in beiden Dateien separat zu erkennen, ob die CFF Datei, aus denen die Daten extrahiert wurden, valide ist und ob *cffinit* benutzt wurde.

Alle weiteren Informationen werden direkt aus der CFF Datei extrahiert und in die eigene CSV Datenstruktur übertragen. Falls ein Wert dabei nicht in der CFF Datei vorhanden ist, wird der Eintrag in der CSV Datei leer gelassen. Im Folgenden werden die Daten, welche direkt extrahiert werden, beschrieben. Eine extrahierte Information, welche in beiden Dateien, also der `cff.csv` und `cff_preferred_citation.csv` gespeichert wird, ist die DOI aus dem CFF Feld „identifiers“. In der Masterarbeit wird ausschließlich die erste DOI in der Liste der „identifiers“ betrachtet. Diese wird in der allgemeinen Datei gespeichert, um später zu überprüfen, ob eine DOI in diesem Feld vorhanden ist.

Zusätzlich wird in beiden Fällen das Feld „date-released“ und die „doi“ extrahiert und gespeichert. Die „doi“ wird in den allgemeinen Dateien gespeichert, um im weiteren Verlauf zu überprüfen, ob eine DOI in der CFF Datei vorhanden ist. Als letzte gemeinsame Information wird die „type“ extrahiert und in den allgemeinen Dateien gespeichert. Dabei können wie in den Grundlagen erwähnt für die allgemeinen Informationen in der CFF nur „software“ und „dataset“ vorkommen. Für die allgemeinen Daten der „preferred-citation“ können weitere Typen vorkommen, welche in den Grundlagen erläutert wurden.

Feld	Beschreibung
<i>cff_valid</i>	Gibt an, ob die CFF Datei valide ist
<i>cff_init</i>	Gibt an, ob <i>cff_init</i> benutzt wurde
<i>type</i>	Typ der CFF Datei
<i>date-released</i>	Datum an dem das Werk zugänglich gemacht wurde
<i>doi</i>	Zu zitierende DOI
<i>identifier-doi</i>	Die erste DOI in den „identifiers“
<i>committed_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>commit date</i>
<i>authored_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>author date</i>

**Tabelle 8:** Felder der `cff.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `cff.csv` Datei. Für jede Änderung der CFF Datei werden die dargestellten Werte gespeichert. Die Felder *date-released*, *doi* und *identifier-doi* sind optional.

Alle weiteren Daten sind spezifisch für die „preferred-citation“. Hierbei wird das Feld „date-published“ extrahiert und in der allgemeinen Datei `cff_preferred_citation.csv` gespeichert. Die Felder „year“, „month“ und „collection-doi“ werden ebenfalls extrahiert und in der allgemeinen Datei für die „preferred-citation“ gespeichert. Die Felder der Datei sind in Tabelle 9 aufgelistet.

### 3.1.6 BIBTEX

In diesem Unterabschnitt wird wie bereits zuvor eine Datei untersucht, welche in Git verwaltet wird. Hierbei wird die `CITATION.bib` Datei zu jedem Änderungszeitpunkt untersucht, falls sie in dem zu untersuchenden Paket vorhanden ist. Es wird die Software `bibtxparser` in der Version 2.0.0b7 verwendet, um die BIBTEX Datei zu analysieren. Die Software bietet Möglichkeiten, um in Python BIBTEX Dateien zu lesen und zu schreiben. Sie muss in einer Beta-Version verwendet werden, da Features, welche benötigt werden, noch nicht im offiziellen Release vorhanden sind.

Die Autoren werden aus der BIBTEX Datei extrahiert und mit den neuesten Git-Daten abgeglichen. Die erstellte Liste wird in der Datei `TIMESTAMP_bib_authors_new.csv` gespeichert, wobei *TIMESTAMP* durch den Zeitpunkt der Änderung ersetzt wird. Dabei wird in der Datei ausschließlich der Name des Autors zuzüglich der Daten aus dem Abgleich mit Git gespeichert. Die Felder der Datei sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Ebenfalls wird erneut der Git-Prozess aus Unterabschnitt 3.1.1 bis zu diesem Zeitpunkt durchlaufen. Die Liste der Autoren wird in der Datei `TIMESTAMP_git_contributors`.

Feld	Beschreibung
<i>cff_valid</i>	Gibt an, ob die CFF Datei valide ist
<i>cff_init</i>	Gibt an, ob <i>cff_init</i> benutzt wurde
<i>type</i>	Typ der CFF Datei
<i>date-released</i>	Datum an dem das Werk zugänglich gemacht wurde
<i>date-published</i>	Veröffentlichungsdatum
<i>year</i>	Veröffentlichungsjahr
<i>month</i>	Veröffentlichungsmonat
<i>doi</i>	Zu zitierende DOI
<i>collection-doi</i>	DOI der Sammlung
<i>identifier-doi</i>	Die erste DOI in den „identifiers“
<i>committed_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>commit date</i>
<i>authored_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>author date</i>

**Tabelle 9:** Felder der `cff_preferred_citation.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `cff_preferred_citation.csv` Datei. Für jede Änderung der CFF Datei werden die dargestellten Werte gespeichert, falls das Feld „preferred-citation“, angegeben ist. Die Felder *date-released*, *date-published*, *year*, *month*, *doi*, *collection-doi* und *identifier-doi* sind optional.

`csv` gespeichert. Der Inhalt ist identisch, wie bereits in den anderen Quellen beschrieben. Außerdem wird die Liste der Autoren, welche aus der `BIBTEX` extrahiert wurden, mit den Git-Autoren bis zu diesem Zeitpunkt abgeglichen. Die Daten werden in der Datei `TIMESTAMP_bib_authors.csv` gespeichert und die Inhalte sind identisch mit der „new“ Datei. Hierbei wird ebenfalls ausschließlich der Name des Autors und die Daten aus dem Git-Abgleich gespeichert.

Zudem können erneut allgemeine Daten für die `BIBTEX` Datei extrahiert werden. Hierbei wird eine weitere CSV-Datei erstellt, welche die allgemeinen Daten enthält. Die Datei wird `bib.csv` genannt und enthält wie bereits in den anderen Quellen die Zeitpunkte *commit date* und *author date*. Außerdem wird der Literaturtyp aus der Datei extrahiert und in der Datei gespeichert. Die Literaturtypen können dabei unterschiedlich sein, verschiedene Typen sind in den Grundlagen erläutert. Zusätzlich wird das Jahr und der Monat der Veröffentlichung extrahiert und gespeichert. Diese Werte müssen nicht für jeden Literaturtypen vorhanden sein und können aus diesem Grund leer sein. Ebenfalls müssen die DOI und die ISBN nicht für jeden Literaturtypen vorhanden sein, falls sie jedoch vorhanden sind, werden sie extrahiert und gespeichert. Die Felder der Datei sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Feld	Beschreibung
<i>type</i>	Literaturtyp der B <small>IB</small> T <small>EX</small> Datei
<i>year</i>	Veröffentlichungsjahr
<i>month</i>	Veröffentlichungsmonat
<i>doi</i>	Zu zitierende DOI
<i>isbn</i>	Zu zitierende ISBN
<i>committed_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>commit date</i>
<i>authored_datetime</i>	Zeitpunkt des <i>author date</i>

**Tabelle 10:** Felder der `bib.csv` Datei

Die Tabelle zeigt die Felder der `bib.csv` Datei. Für jede Änderung der BIBTEX Datei werden die dargestellten Werte gespeichert. Die Felder *year*, *month*, *doi* und *isbn* sind abhängig vom Literaturtyp optional.

### 3.2 Abgleich

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Autoren aus den unterschiedlichen Quellen, welche in der Datenbeschaffung erläutert wurden, abgeglichen werden. Dabei werden jeweils die Git-Autoren mit den Autoren aus den anderen Quellen abgeglichen. Für diesen Prozess wird keine NED verwendet, sondern ein eigener Algorithmus, welcher auf die Daten angepasst ist. Dieser wurde entwickelt, indem die Autoren, welche durch die Datenbeschaffung erhalten wurden, in den Paketen eingesehen wurden. So wurde durch viel Probieren eine möglichst gute Lösung gefunden, welche im Folgenden beschrieben wird. Dies führt allerdings dazu, dass der entwickelte Algorithmus nicht in der Lage ist, zwei Autoren mit dem gleichen Namen zu unterscheiden, falls keine weiteren Daten wie eine E-Mail vorhanden sind.

Als Eingabe erhält der Algorithmus eine Liste von Autoren, welche in einer Quelle (z. B. CFF) gefunden wurden und jeweils die Liste der Git-Autoren für das zu untersuchende Paket. In der Datenbeschaffung wurde gezeigt, dass die Autoren aus den Quellen einen Namen, eine E-Mail und einen Benutzernamen enthalten können, abhängig von der Quelle. In dem Algorithmus wird ermittelt, wie viele von den Daten vorhanden sind, um im Verlauf einen Score berechnen zu können, wie viele der Daten übereinstimmen. Falls beispielsweise die Quelle CFF ist, kann der Name und die E-Mail vorhanden sein. Dadurch ergibt sich, dass maximal zwei Daten mit denen von Git übereinstimmen können. Falls die Quelle die Beschreibung ist, ist maximal eine Übereinstimmung möglich. Diese Daten werden für den Abgleich verwendet. Die eingegebene Liste der Git-Autoren muss für den Algorithmus nach der Anzahl der Commits sortiert sein, da der Algorithmus Personen mit den meis-

ten Commits bevorzugt. Anschließend wird jeder Autor aus der Quelle mit jedem Git-Autor abgeglichen. Dabei werden alle Werte in Kleinbuchstaben umgewandelt, um zu gewährleisten, dass auch bei unterschiedlicher Schreibweise eine Übereinstimmung gefunden werden kann.

Dabei wird so vorgegangen, dass die Daten, welche vorhanden sind, zum Vergleich herangezogen werden. Falls der Name vorhanden ist, wird dieser mit dem Namen des Git-Autors über das Keyword *in* in Python verglichen. Dieses sorgt dafür, dass nur ein Teil der Zeichenkette in der anderen Zeichenkette vorhanden sein muss. Außerdem wird die andere Richtung ebenfalls probiert. Zusätzlich wird das Programm *thefuzz* in der Version 0.22.1 verwendet, um eine unscharfe Suche zu ermöglichen. Hierbei wird der Name des Autors aus der Quelle mit dem Namen des Git-Autors verglichen und auf eine Übereinstimmung von 80 % oder mehr geprüft. Die Datenbeschaffung hat gezeigt, dass die Namen der Autoren manchmal Klammern enthalten, welche den beschriebenen Abgleich stören. Aus diesem Grund wird der zuvor beschriebene Abgleich erneut durchgeführt, wobei die Klammern in dem Namen entfernt worden sind.

Falls eine E-Mail vorhanden ist, wird diese mit der E-Mail des Git-Autors über das Keyword *in* verglichen. Die andere Richtung wird ebenfalls probiert, also die E-Mail des Git-Autors mit der E-Mail des Autors aus der Quelle über das Keyword *in* zu vergleichen. Zusätzlich wird erneut die unscharfe Suche zwischen der E-Mail des Autors aus der Quelle und der E-Mail des Git-Autors durchgeführt und auf eine Übereinstimmung von 80 % oder mehr geprüft. Falls kein Abgleich über den Namen stattgefunden hat, wird ein Vergleich zwischen der E-Mail des Autors aus der Quelle und dem Namen des Git-Autors über das Keyword *in* durchgeführt. Außerdem wird der Abgleich erneut über die unscharfe Suche mit einer Übereinstimmung von 80 % oder mehr durchgeführt. Dies führt dazu, dass weitere Übereinstimmungen gefunden werden können, falls der Name zu keiner Übereinstimmung geführt hat. Dies liegt daran, dass viele Autoren in ihrer E-Mail-Adresse ihren Namen enthalten haben. Zudem hat die Datenbasis gezeigt, dass es vorkommt, dass in dem E-Mail Feld keine E-Mail angegeben wurde, sondern ein Name und als Resultat das Namensfeld nicht ausgefüllt wurde.

Falls ein Benutzername vorhanden ist, wird dieser mit der E-Mail des Git-Autors verglichen, da aus den Git-Daten kein Benutzername extrahiert werden kann. Dies ist möglich, da viele Autoren für ihren Benutzernamen den lokalen Teil der E-Mail verwenden. Für den Vergleich wird die E-Mail, falls sie ein @ Symbol enthält, an dieser Stelle getrennt. Anschließend wird der vordere lokale Teil für den Vergleich mit dem

Benutzernamen aus der Quelle verwendet. Dabei wird der Vergleich erneut über das Keyword *in* in beiden Richtungen durchgeführt. Zudem wird über die unscharfe Suche mit einer Übereinstimmung von 80 % oder mehr geprüft, ob eine Übereinstimmung gefunden wurde. Dieser Prozess wird ebenfalls erneut für den Domain-Teil der E-Mail durchgeführt, sodass dieser ebenfalls mit dem Benutzernamen verglichen wird.

Falls keiner dieser drei Vergleiche zu einem Erfolg geführt hat, wird der Name des Autors mit dem lokalen Teil der E-Mail des Git-Autors über die unscharfe Suche verglichen. Dabei muss erneut eine Übereinstimmung von 80 % oder mehr vorhanden sein, um den Vergleich als gelungen zu bewerten.

Anschließend wird der Score berechnet. Dabei wird die Anzahl der Übereinstimmungen durch die Anzahl der maximal möglichen Übereinstimmungen geteilt. Falls beispielsweise der Name und die E-Mail vorhanden sind, sind maximal zwei Übereinstimmungen möglich. Bei einer Übereinstimmung des Namens und der E-Mail ergibt sich ein Score von 1. Falls nur der Name übereinstimmt, ergibt sich ein Score von 0,5. Dieser Score wird für jeden Autor aus der Quelle mit jedem Git-Autor berechnet und in der Tabelle der Autoren aus der Quelle gespeichert. Anschließend wird der Autor aus der Quelle mit dem Git-Autor mit dem besten Score ausgewählt. Falls es zwei Einträge in der Git-Liste gibt, welche einen gleichen Score erreichen, wird der Autor ausgewählt, welcher die meisten Commits hat. Außerdem wird der Rang, welcher der Autor in der Git-Autorenliste belegt, zurückgegeben. Als Ergebnis des Abgleichs werden alle Autoren aus der Quelle, welche in den Algorithmus eingegeben wurden, zurückgegeben. Die Autoren werden dabei mit den Ergebnissen des Abgleichs verbunden, welche in Tabelle 2 dargestellt sind. Das Ergebnis des Abgleichs ist in Tabelle 2 dargestellt. Falls kein Abgleich für einen Autor möglich war, werden die Felder für diesen Autor leer gelassen. Anschließend wird das Ergebnis nach dem Rang sortiert, also nach der Anzahl der Commits, welche der Autor hat.

### 3.3 Auswertung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Daten aus dem Abschnitt 3.1 ausgewertet werden. Dabei wird der Abschnitt aufgeteilt in die Aggregierung der Daten, welche zuvor beschrieben wurden und anschließend wird kurz auf die Darstellung der aggregierten Daten eingegangen.

Die Auswertung der Daten erfolgt erneut mittels Python. Für die Auswertung werden alle Daten verarbeitet, welche durch die Datenbeschaffung gesammelt wurden. Einzige Ausnahme ist, dass immer die Dateien mit der *new* Endung betrachtet werden. Dies liegt daran, dass die Auswertung aktuell nur auf den neuesten Git-Daten durchgeführt wird und die Git-Daten zu den jeweiligen Zeitpunkten der Änderung nicht betrachtet werden. Außerdem ist darüber ein Abgleich zwischen den Git-Autoren und den Autoren aus den anderen Quellen möglich. Aber auch ein Abgleich zwischen den einzelnen Quellen ist möglich, da die Autoren in der neuesten Version immer die gleichen Git-Daten wie beispielsweise die gleiche Anzahl an Commits in allen Quellen haben. Der Abgleich der Autoren ist hierbei nur möglich, falls in der Datenbeschaffung die Autoren abgeglichen werden konnten.

Falls ein Abgleich zwingend erforderlich ist, beispielsweise bei der Untersuchung, wie lange ein Autor durchschnittlich in einer Quelle genannt ist, wird ein einfacher Vergleich des Namens über die Quelle durchgeführt. Dieser Vergleich ist jedoch nicht immer korrekt, da beispielsweise Namensänderungen in den Quellen so nicht berücksichtigt werden können, falls kein Abgleich in der Datenbeschaffung möglich war.

Das Skript ist so aufgebaut, dass nicht alle Daten auf einmal geladen werden, sondern jede Datei einzeln geladen und verarbeitet wird. Dies bietet den Vorteil, dass auch mit weniger Arbeitsspeicher gearbeitet werden kann und die Daten nicht alle auf einmal im Arbeitsspeicher gehalten werden müssen. Jedoch birgt dies auch Nachteile, beispielsweise dass zu keinem Zeitpunkt bekannt ist, wie viele Autoren maximal in einer Quelle vorkommen. Diese Information ist erst vorhanden, wenn alle Daten vollständig verarbeitet worden sind.

Zusätzlich ist die Aggregierung der Daten unterteilt in die Aggregierung der vollständigen Daten und die Aggregierung der neuesten Daten. In der vollständigen Datenverarbeitung werden Ergebnisse extrahiert, die die gesamte Historie der Daten betrachten. Hier werden alle Daten mit ihren Zeitstempeln verarbeitet. In der neuesten Datenverarbeitung werden nur die Daten betrachtet, die auf dem neuesten Stand der untersuchten Software sind. Dabei wird jeweils die neueste Datei in den Quellen mithilfe des Zeitstempels ausgewählt und anschließend verarbeitet. In diese beiden Kategorien ist das Kapitel 4 ebenfalls unterteilt.

## 4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Masterarbeit präsentiert. Das Kapitel ist in zwei Abschnitte unterteilt. Zum einen werden die Ergebnisse der Gegenwart in Abschnitt 4.1 präsentiert. Hierbei werden die jeweils neuesten Dateien aus der Datenbeschaffung untersucht und Statistiken aufgeführt, welche in Verbindung mit diesen Daten stehen. Zum anderen werden die Ergebnisse mit Zeitverlauf in Abschnitt 4.2 präsentiert. Hierbei werden die Dateien aus der Datenbeschaffung in allen Versionen analysiert. Durch die Betrachtung aller Versionen können Veränderungen über die Zeit aufgezeigt werden. In dem Abschnitt 4.1 wird zu Beginn auf die Statistiken des Abgleichs eingegangen und präsentiert, wie genau der Abgleich durchgeführt wurde. Der Abgleich hat einen direkten Einfluss auf viele weitere Statistiken.

Die benötigten Daten für die Untersuchungen wurden in der Zeitspanne September 2024 bis November 2024 beschafft. Dies liegt daran, dass die Repositorys lokal gespeichert werden und bei der Entwicklung der Arbeit die Daten nicht erneut beschafft werden mussten. Die Daten einer Liste wurden jeweils an einem Tag beschafft, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. In dem gesamten Kapitel wird *matplotlib* in der Version 3.9.2 verwendet, um die Grafiken zu erstellen (Hunter 2007).

### 4.1 Ergebnisse der Gegenwart

Da die Ergebnisse der Masterarbeit direkt abhängig von der Qualität des Abgleichs sind, wurde diese untersucht. Dies wurde auf zwei Arten durchgeführt. Zum einen wurde automatisch die Anzahl der abgeglichenen und der nicht abgeglichenen Autoren untersucht. Zum anderen wurden manuell für eine ausgewählte Menge an Personen die Ergebnisse händisch überprüft. Es wurde in beiden Fällen die Überprüfung ausschließlich auf den neuesten Versionen der Daten durchgeführt.

Die automatische Überprüfung erfolgt bei der Auswertung der Daten aus der Datenbeschaffung. Dabei wird für jede Liste und für jede Quelle z. B. CFF die Anzahl

Quelle	PyPI CFF	CRAN CFF
CRAN Autoren		204/238 (85.71 %)
CRAN Maintainer		99/100 (99.00 %)
Beschreibung	580/1070 (54.21 %)	21/80 (26.25 %)
README	868/1396 (62.18 %)	143/1008 (14.19 %)
CFF	477/598 (79.77 %)	184/233 (78.97 %)
CFF preferred citation	294/380 (77.37 %)	109/136 (80.15 %)
PyPI Maintainer	206/228 (90.35 %)	
Python Autoren	105/131 (80.15 %)	
Python Maintainer	15/25 (60.00 %)	
BIBTEX	0/1 (0.00 %)	
Summe	2545/3829 (66.47 %)	760/1795 (42.34 %)

**Tabelle 11:** Automatische Ergebnisse des Abgleichs

In der Tabelle sind die Ergebnisse des automatischen Abgleichs für die Listen PyPI CFF und CRAN CFF dargestellt. Die Werte geben an, wie viele der genannten Autoren in den Git-Repositorys gefunden wurden.

der abgeglichenen Autoren und der insgesamt vorhandenen Autoren ermittelt. Hierbei wurde die gesamte Menge an Autoren betrachtet. Die Ergebnisse für die Listen PyPI CFF und CRAN CFF sind in Tabelle 11 dargestellt. Für die weiteren Listen sind die Ergebnisse in Tabelle 17 zu finden.

In den Ergebnissen ist auffällig, dass die Autoren in der README Datei und in der Beschreibung der Pakete am schlechtesten abgeglichen werden konnten. Dies liegt daran, dass hierbei die NER verwendet wurde und diese nicht immer korrekt arbeitet. Hierbei kommt es häufig vor, dass Entitäten erkannt werden, welche keine Person darstellen. Außerdem werden Personen mit weiteren Zusätzen wie z. B. dem Anfang einer Internetadresse zurückgegeben, was den Abgleich erschwert. Zusätzlich werden in der README und der Beschreibung häufig Personen genannt, welche z. B. Vorarbeit für die Software geleistet haben, aber in der Software selbst keinen Code beigetragen haben. Diese Personen können nicht abgeglichen werden. Die Python Maintainer konnten ebenfalls schlecht abgeglichen werden, da viele Pakete in diesem Feld keine Personen, sondern Organisationen nennen.

Allgemein bietet dieses Vorgehen keine Aussage darüber, ob die Personen nicht abgeglichen worden sind, weil sie keinen Code beigetragen haben oder weil sie nicht gefunden wurden. Zudem werden Personen, welche fälschlicherweise mit einer anderen Person abgeglichen wurden, in diesem Verfahren als gut bewertet. Um diese Fälle ebenfalls betrachten zu können, wurde manuell eine Auswahl an Autoren über-

prüft. Es wurden nicht alle Autoren überprüft, da dies den zeitlichen Rahmen der Arbeit gesprengt hätte. Aus diesem Grund wurden die Autoren für jedes Paket und jede Quelle zufällig neu angeordnet und gespeichert. Anschließend wurden jeweils die ersten beiden Autoren anhand von vier Kriterien überprüft. Falls nur ein Autor in einer Quelle genannt wurde, wurde nur dieser überprüft. Jeder Autor wurde einer der vier Kategorien „richtig positiv (TP)“, „falsch negativ (FN)“, „falsch positiv (FP)“ oder „richtig negativ (TN)“ zugeordnet. Ein Autor ist als richtig positiv klassifiziert worden, falls er richtig zugeordnet wurde. Falls der Autor mehrfach in der Git-Autorenliste vorkommt, wurde der Autor als richtig positiv klassifiziert unabhängig davon, mit welchem von den doppelten Einträgen der Autor zugeordnet wurde. Aus diesen Daten wurde der F1-Score berechnet.

Außerdem wurde angegeben, ob es sich um keine Person handelt, sondern z. B. um eine Organisation. In diesen Fällen wurde der Eintrag dennoch in eine der vier Kategorien eingeteilt, wobei primär die Kategorie FP verwendet wurde, falls es eine Zuordnung gab. Falls die Zuordnung allerdings mit einem Git-Autor erfolgt ist, welcher beispielsweise ein Bot der Organisation ist, wurde der Eintrag als TP eingeteilt, da es keinen Mechanismus in der Datenbeschaffung gibt, welcher Personen von nicht Personen unterscheiden kann. Es wurde lediglich in der Datenbeschaffung darauf geachtet, möglichst keine Quellen zu berücksichtigen, welche keine Personen enthalten. Die Ergebnisse für alle Listen zusammen sind in Tabelle 12 eingetragen. Die Ergebnisse für die einzelnen Listen sind in den Tabellen 18, 19, 20, 21 und ?? dargestellt.

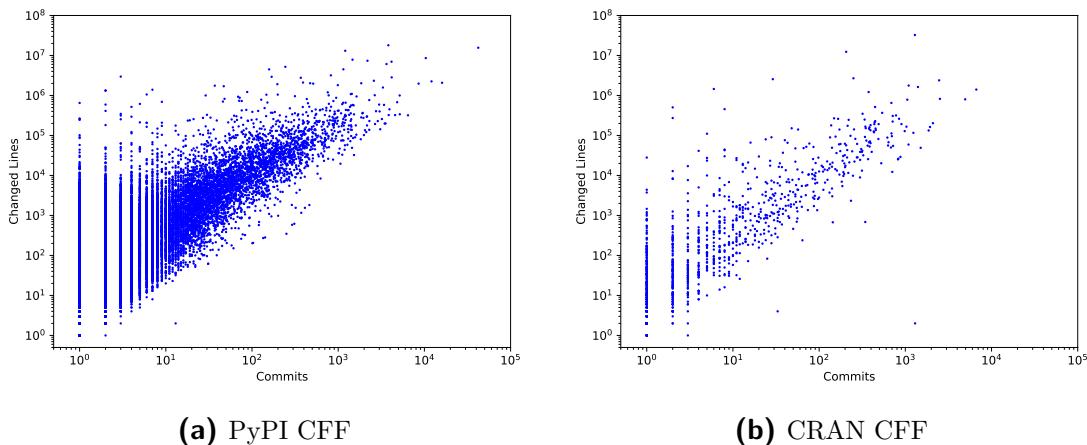
Aus den gesammelten Daten wurden weitere Statistiken berechnet. Dabei muss berücksichtigt werden, dass einige Statistiken auf dem Abgleich basieren und somit nur so gut sind, wie der Abgleich durchgeführt wurde. Außerdem basieren einige Statistiken auf den Metriken der Commits und geänderten Zeilen. Die Abbildung Abbildung 6 stellt das Verhältnis der Commits und der geänderten Zeilen für die Autoren in den Paketen der Listen PyPI CFF und CRAN CFF dar. Für die anderen Listen sind die Ergebnisse in Abbildung 17 dargestellt. Ein Punkt stellt dabei einen Autor dar. Es ist zu erkennen, dass einige Autoren nur einen Commit getätigt haben und dabei viele Zeilen geändert haben. Beispielsweise hat der Autor François Lagnas in dem Paket *huggingface/datasets* lediglich einen Commit getätigt, aber dabei ungefähr 29.000 Zeilen hinzugefügt. Inhalt sind in diesem konkreten Fall automatisch generierte README Dateien für Datensätze, welche zuvor gefehlt haben.

Die Abbildung 7 zeigt den Anteil der Top-Git-Autoren in den einzelnen Quellen, wie beispielsweise der CFF. Dabei werden mehrere Abbildungen für die unterschiedli-

Quelle	TP	FN	FP	TN	Keine Person	F1-Score
Beschreibung						
README						
CFF						
CFF preferred citation						
PyPI Maintainer						
Python Autoren						
Python Maintainer						
CRAN Autoren						
CRAN Maintainer						
BIBTEX						
Summe						

**Tabelle 12:** Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für alle Listen zusammen

In der Tabelle sind die Ergebnisse des manuellen Abgleichs für alle Listen. Dabei wurde für jede Quelle die Anzahl der richtig positiven (TP), falsch negativen (FN), falsch positiven (FP) und richtig negativen (TN) Autoren ermittelt. Zusätzlich wurde angegeben, ob es sich um keine Person handelt und der F1-Score berechnet.



**Abbildung 6:** Commits und geänderte Zeilen gegenübergestellt

Die Abbildungen zeigen für die Autoren in den Paketen in den Listen PyPI CFF und CRAN CFF die Anzahl der Commits gegenüber der Anzahl der geänderten Zeilen. Die x-Achse stellt die Anzahl der Commits dar und die y-Achse die Anzahl der geänderten Zeilen. Es wird eine logarithmische Skalierung verwendet.

chen untersuchten Listen dargestellt. In der konkreten Abbildung sind die Listen PyPI CFF und CRAN CFF dargestellt. Die Abbildungen für die weiteren Listen sind in Abbildung 18 dargestellt. Außerdem werden für jede Liste zwei unterschiedliche Abbildungen dargestellt. Die eine Abbildung bemisst die Top-Git-Autoren an der Anzahl der Commits und die jeweils andere an der Anzahl der geänderten Zeilen. Falls beispielsweise der Autor mit den meisten Commits in einer Quelle z. B. CFF genannt wird und die Autoren an den Commits bemessen werden und zusätzlich nur der Top-Autor betrachtet wird, so wird in der Abbildung bei  $x = 1$  dargestellt, dass 100 % der Git-Autoren in der CFF genannt werden.

Bei der Betrachtung von immer mehr Git-Autoren sinkt der Anteil der genannten Autoren in den Quellen. Beispielsweise werden in Abbildung 7a von 100 betrachteten Top-Git-Autoren gemessen nach Commits nahezu 0 % als Python Maintainer genannt, jedoch werden knapp 10 % in der CFF preferred citation angegeben. Dabei muss berücksichtigt werden, dass unterschiedliche Quellen unterschiedlich häufig vorkommen. Beispielsweise haben weniger Pakete CFF preferred citation Autoren angegeben als CFF Autoren, da diese zwingend angegeben werden müssen. Dadurch kann es dazu kommen, dass nur ein Paket eine bestimmte Quelle angegeben hat und wenn dieses Paket in der Quelle viele Autoren nennt, ist der Anteil der genannten Autoren in der gesamten Quelle hoch.

Im Hintergrund der Abbildungen werden weitere Linien präsentiert, welche nicht in der Legende aufgeführt sind. Bei jeder Linie handelt es sich um eine einzige Quelle eines einzigen Pakets. Ein Paket wird somit mit mehreren Linien dargestellt. Auffällig ist dabei, dass einige Linien erst bei einem Wert von  $x > 1$  beginnen. Dies ist der Fall, falls ein Paket in einer Quelle den Top-Autor nicht nennt. Beispielsweise gibt das Paket *faker* in der CFF als einzigen Autor „Daniele Faraglia“ an. Dieser Autor ist jedoch auf Rang 37 der Top-Git-Autoren, gemessen nach Commits.

Eine weitere Auffälligkeit, welche beispielsweise in der Abbildung 7a vorkommt ist, dass in der Legende *BIBTEX* aufgeführt ist, jedoch keine Linie in der Abbildung dargestellt wird. Dies liegt daran, dass keiner der Top 100 Git-Autoren aller Pakete mit *BIBTEX* in einer *BIBTEX* als Autor genannt wird. Im konkreten Fall liegt das daran, dass nur eines der Pakete eine *BIBTEX* Datei enthält und in dieser Datei nur ein Autor genannt wird, welcher nicht automatisch abgeglichen wurde. Dies ist ?? ebenfalls zu entnehmen. Dadurch liegt die Linie für alle x-Werte bei 0 % und ist nicht sichtbar.

Die letzte Auffälligkeit in den Graphen ist, dass einige Linien erst fallen und anschlie-

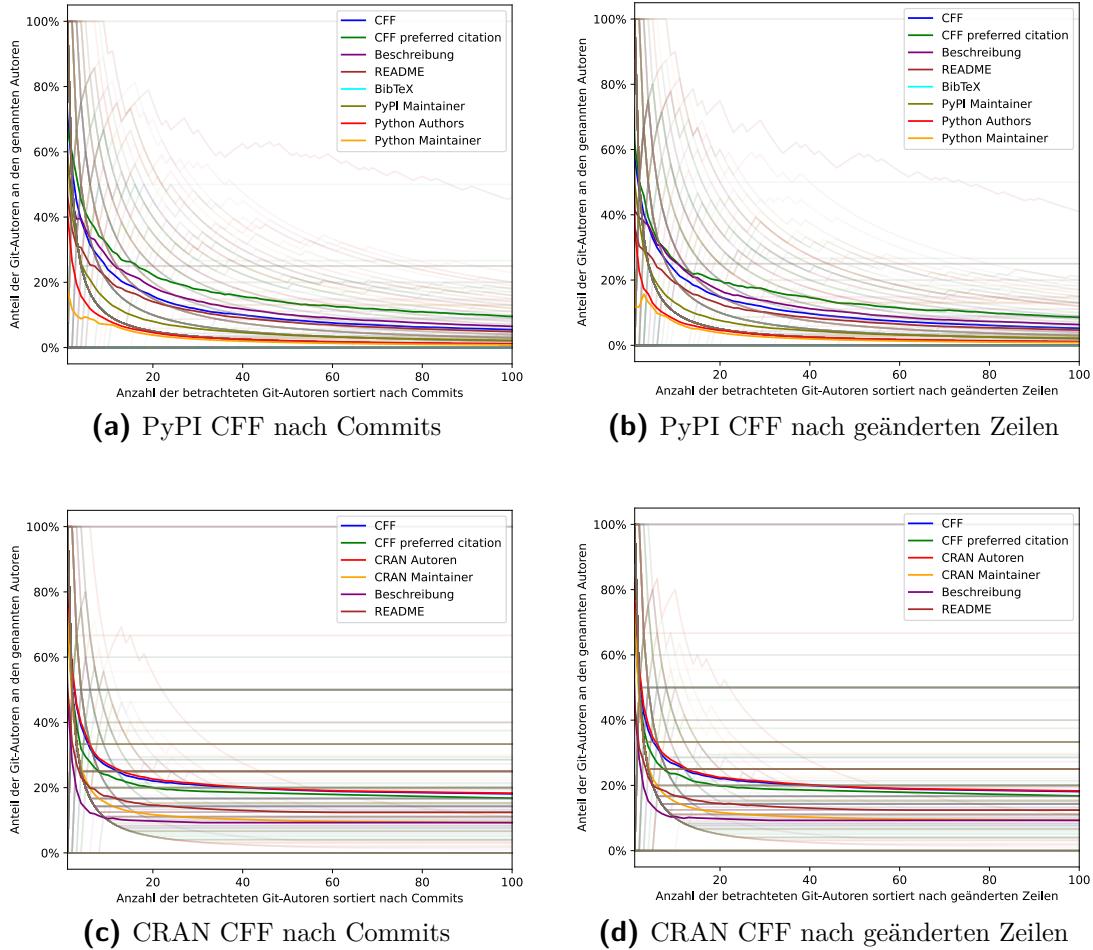
ßend parallel zur x-Achse verlaufen. Andere wiederum fallen gar nicht und verlaufen direkt parallel zur x-Achse. Dies ist der Fall, falls ab einer bestimmten Anzahl an Git-Autoren alle weiteren Git-Autoren genannt werden. Dies tritt besonders dann auf, falls es wenig Git-Autoren gibt. Beispielsweise hat das Paket *netron*, welches in der PyPI CFF Liste vorkommt, nur einen Git-Autor. Dieser wird ebenfalls beispielsweise als PyPI Maintainer genannt. Dadurch sind alle Git-Autoren zu 100 % als PyPI Maintainer genannt und es kommt zu der Linie bei 100 % in Abbildung 7a.

Weitere Abbildungen, welche den Anteil zwischen genannten Autoren und den Top-Git-Autoren darstellen, sind in Abbildung 8 abgebildet. Die Abbildung stellt die Graphen für die Listen PyPI CFF und CRAN CFF dar. Die Ergebnisse für die weiteren Listen sind in Abbildung 19 dargestellt. In den Abbildungen wurden jeweils wieder zwei Graphen für jede Liste erstellt. Zum einen wurden die Autoren nach der Anzahl der Commits und zum anderen nach der Anzahl der geänderten Zeilen sortiert. In allen Abbildungen wird der Anteil der genannten Autoren unter den Top-Git-Autoren dargestellt. Durch dieses Verhältnis steigen die Linien, da mehr genannte Autoren unter den Top-Git-Autoren bei steigender Anzahl derer sind.

Die Abbildungen zeigen beispielsweise für  $x = 0$  immer, dass 0 % der genannten Autoren unter den Top 0 Git-Autoren sind. Der Anteil kann dabei 100 % erreichen, falls alle genannten Autoren in einer Quelle auch tatsächlich unter den Top 200 Git-Autoren sind und somit Quellcode entwickelt haben. Dabei muss berücksichtigt werden, dass nicht abgeglichenen Autoren ebenfalls berücksichtigt werden. Falls ein Autor nicht abgeglichen wurde, wird dieser als nicht unter den Top-Git-Autoren betrachtet und der Graph kann keine 100 % für die Quelle erreichen.

Um konkrete Werte zu nennen ist in Abbildung 8a beispielsweise dargestellt, dass ungefähr 80 % der als PyPI Maintainer genannten Autoren unter den Top 100 Git-Autoren nach der Anzahl der Commits sind und nur ungefähr 40 % der in der README genannten Autoren unter den Top 100 Git-Autoren nach Commits sind. Die Linien im Hintergrund stellen erneut ein einzelnes Paket einer einzelnen Quelle dar, sodass ein Paket mit mehreren Linien für alle Quellen dargestellt wird.

In den Graphen sind erneut Auffälligkeiten zu erkennen. Beispielsweise existieren erneut Linien, welche für jeden x Wert 0 % oder 100 % darstellen. In Abbildung 8a ist beispielsweise erneut die Linie für *BIBTEX* nicht zu erkennen, da diese erneut auf der x-Achse verläuft. Dies liegt daran, dass nur ein Autor in einer *BIBTEX* Datei über alle Pakete genannt wird, welcher nicht abgeglichen werden konnte und somit nicht unter den Top-Git-Autoren ist. Für die Linien, welche bei 100 % verlaufen, handelt



**Abbildung 7:** Anteil der Top-Git-Autoren an den genannten Autoren

Die Abbildungen zeigen für die Pakete in den Listen PyPI CFF und CRAN CFF den Anteil der Top-Git-Autoren in der Zitation. Die Linien stellen die unterschiedlichen Quellen dar. Auf der x-Achse wird die Anzahl der betrachteten Git-Autoren für Abbildung 7a und Abbildung 7c sortiert nach der Anzahl der Commits und für Abbildung 7b und Abbildung 7d sortiert nach der Anzahl der geänderten Zeilen angegeben. Die y-Achse stellt jeweils den Anteil der genannten Autoren an den Git-Autoren dar. Für die blaue Linie in Abbildung 7a gilt: Die Top x Commiter sind zu y % in der CFF gelistet.

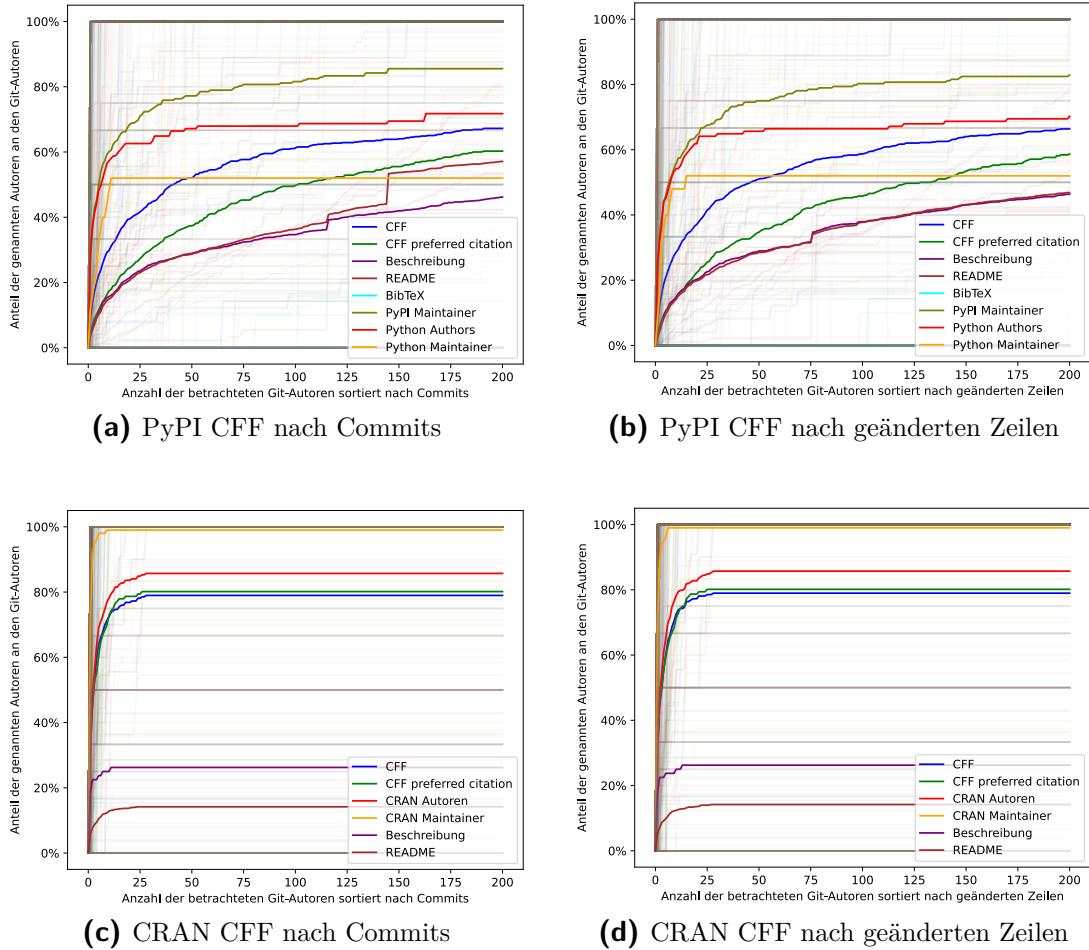
es sich um Pakete, bei denen beispielsweise nur ein Autor in der Quelle genannt wird und dieser Autor auf Rang eins der Top-Git-Autoren ist. Es kann aber auch komplexer sein, beispielsweise, dass drei Autoren in der Quelle genannt werden und alle drei unter den Top drei Git-Autoren sind. Die Reihenfolge, in der sie in der Quelle genannt werden, ist dabei irrelevant. Es muss dabei jedoch berücksichtigt werden, dass auch diese Linien nicht direkt bei 100 % starten, da bei der Betrachtung von null Git-Autoren keine genannten Autoren unter den Top-Git-Autoren sein können.

Ebenfalls ist auffällig, dass einige Linien erst bei einem Wert von  $x > 2$  beginnen. Dies ist der Fall, falls kein Autor in einer Quelle unter den Top x Committern ist. Beispielsweise wird in dem PyPI Paket *faker* in der CFF nur der Autor „Daniele Faraglia“ genannt. Dieser ist jedoch erst auf Rang 37 der Top-Git-Autoren gemessen nach Commits gelistet.

In Abbildung 9 wird der Anteil der genannten Autoren in unterschiedlichen Quellen ohne Commits in den Paketen der Listen PyPI CFF und CRAN CFF dargestellt. Die Ergebnisse für die weiteren Listen sind in Abbildung 20 dargestellt. In den Abbildungen werden die vergangenen zehn Jahre dargestellt. Dabei steigt mit steigender Jahreszahl der Anteil der Autoren, welche keinen Commit getätigten haben. Das Ende der x-Achse stellt den Tag der Datenbeschaffung dar. Aus diesem Grund ist der Anteil der Autoren ohne Commits am Ende der x-Achse bei 100 %, da es nicht möglich ist, in der Zukunft Commits zu tätigen.

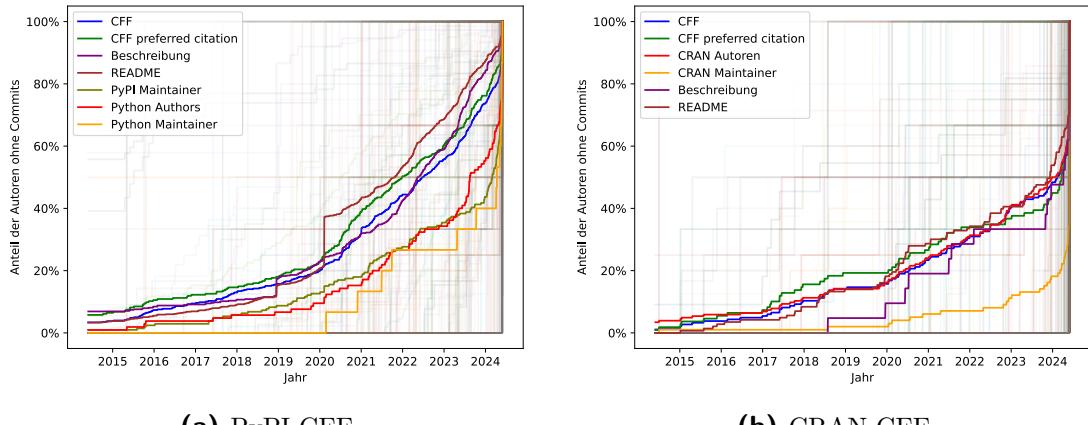
In der Abbildung 9a lässt sich erkennen, dass nahezu alle genannten Python Maintainer bis zum Jahr 2020 mindestens einen Commit getätigten haben. Außerdem ist erkennbar, dass ab diesem Jahr die in der README genannten Autoren im Vergleich zu den anderen Quellen anteilig die meisten Autoren ohne Commits genannt haben. Die Linien im Hintergrund stellen erneut ein einzelnes Paket einer einzelnen Quelle dar, sodass ein Paket mit mehreren Linien für alle Quellen dargestellt wird.

Die Abbildung 10a zeigt den Anteil der validen und invaliden CFF Dateien in allen fünf Listen. Dabei wird außerdem unterschieden in Dateien, welche Anzeichen auf die Benutzung von *cffinit* aufweisen und Dateien ohne die Verwendung von dem Programm. Zudem lässt sich in der Abbildung erkennen, wie viele Pakete in welcher Liste das CFF verwendet haben. Dabei ist auffällig, dass in der CRAN CFF Liste keine 100 Pakete gelistet werden, obwohl die Liste 100 Pakete enthalten sollte, welche ein CFF verwenden. Dies liegt daran, dass in der Liste, welche von Herrn Druskat bereitgestellt wurde, einige Pakete enthalten sind, welche keine CFF Datei (mehr) enthalten. Konkret betrifft das in diesem Fall die drei Pakete *gtsummary*, *ggpp* und



**Abbildung 8:** Anteil der genannten Autoren unter den Top-Git-Autoren

Die Abbildungen zeigen für die Pakete in den Listen PyPI CFF und CRAN CFF den Anteil der genannten Autoren unter den Top-Git-Autoren. Die Linien stellen die unterschiedlichen Quellen dar. Auf der x-Achse wird die Anzahl der betrachteten Git-Autoren für Abbildung 7a und Abbildung 7c sortiert nach der Anzahl der Commits und für Abbildung 7b und Abbildung 7d sortiert nach der Anzahl der geänderten Zeilen angegeben. Die y-Achse stellt jeweils den Anteil der genannten Autoren an den Git-Autoren dar. Für die blaue Linie in Abbildung 7a gilt: Autoren in der CFF sind zu y % unter den Top x Commitern.

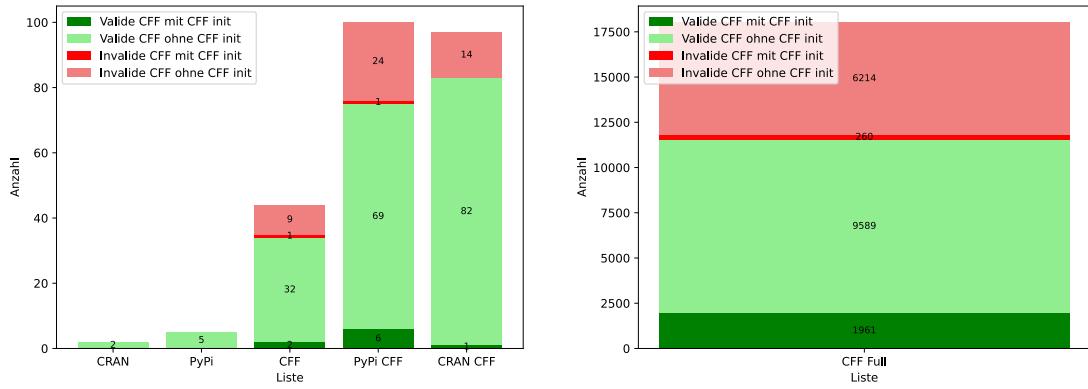
**Abbildung 9:** Autoren ohne Commits

Die Abbildungen zeigen für die Pakete in den Listen PyPI CFF und CRAN CFF den Anteil der Autoren ohne Commits. Die Linien stellen die unterschiedlichen Quellen dar. Auf der x-Achse werden die Jahre dargestellt. Die y-Achse stellt den Anteil der Autoren ohne Commits dar. Für die blaue Linie gilt in beiden Abbildungen: y % der Autoren in der CFF haben seit dem Jahr x keinen Commit getätigt.

gginnards. Aus diesem Grund sind in den weiteren Abbildungen ebenfalls keine 100 Pakete für die CRAN CFF Liste dargestellt.

Außerdem ist auffällig, dass in der CFF Liste und der PyPI CFF Liste jeweils ein Paket vorhanden ist, welches eine invalide CFF Datei enthält, obwohl für die Erstellung *cffinit* verwendet wurde. Konkret handelt es sich in beiden Fällen um das PyPI Paket *modelyst-sqlmodel*. Das Paket ist in beiden Listen enthalten, da in der CFF Liste ausschließlich PyPI Pakete enthalten sind, da diese die meisten Sterne auf GitHub haben. In diesem Fall ist das Paket unter den Top 100 CFF Paketen auf GitHub und somit ebenfalls in der PyPI CFF Liste enthalten. Im Allgemeinen sind alle PyPI Pakete, welche in der CFF Liste enthalten sind, ebenfalls in der PyPI CFF Liste enthalten. In der CFF Liste ist kein einziges CRAN Paket enthalten, da die CRAN Pakete zu wenig Sterne auf GitHub haben, um unter den Top 100 CFF Paketen zu sein.

Die Abbildung 10b zeigt die gleichen Informationen wie die zuvor beschriebene Abbildung. Diesmal wurde die Analyse allerdings nicht auf einer Liste, sondern für alle auf GitHub verfügbaren CFF Dateien, welche analysiert werden konnten, durchgeführt. Dabei ist auffällig, dass der Anteil der validen CFF Dateien zwar größer ist, jedoch der Anteil der invaliden CFF ebenfalls weiter gestiegen ist.

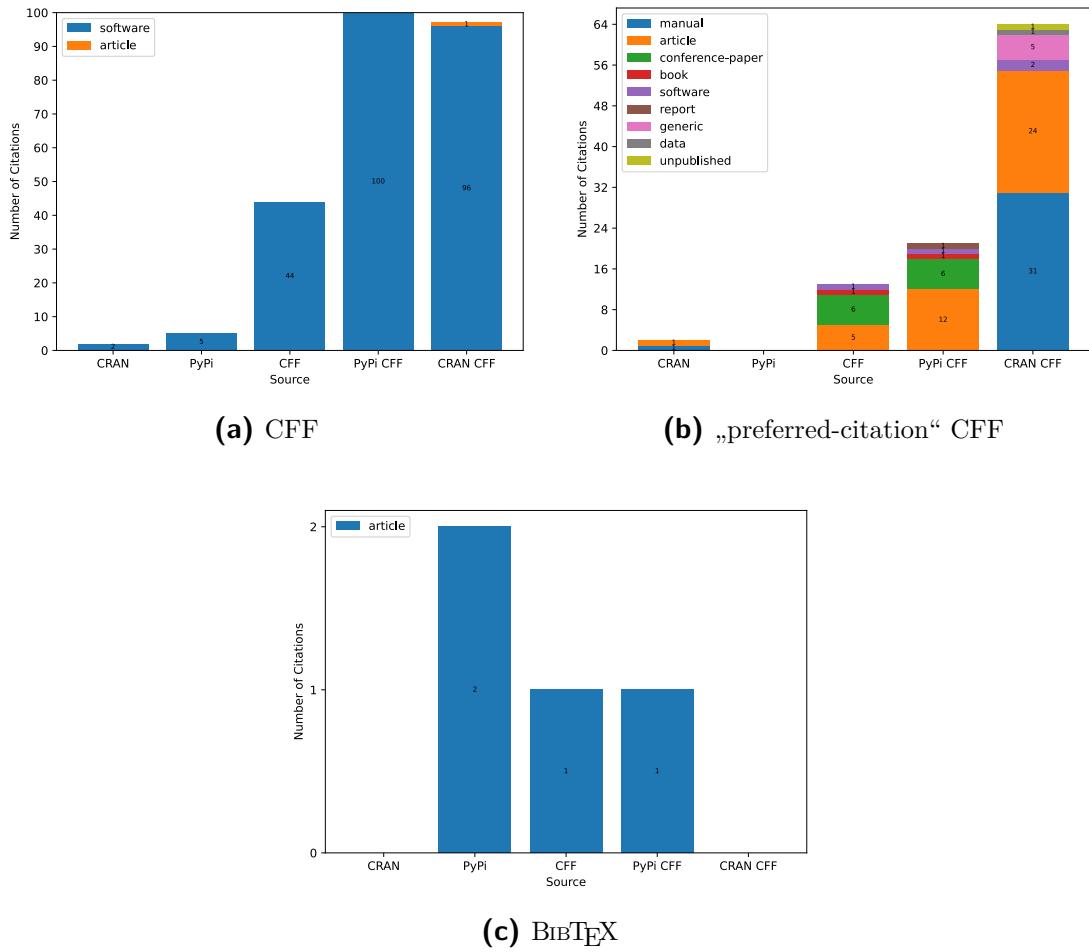
**Abbildung 10:** Validität der CFF Dateien

Die Abbildung 10a zeigt für die verschiedenen analysierten Listen, wie viele der vorhandenen CFF Dateien valide sind, und ob *cffinit* verwendet wurde oder nicht. Die Abbildung 10b zeigt die gleichen Informationen für alle CFF Dateien auf GitHub.

Abbildung 11 zeigt für die Quellen CFF, „preferred-citation“ CFF und BIBTEX den angegebenen Typ der Zitation. Anhand der Abbildungen ist außerdem zu erkennen, wie oft welche Quelle in den Listen vorkommt. Beispielsweise haben zwei von den Top 100 CRAN Paketen eine CFF angegeben und fünf sind es bei den Top 100 PyPI Paketen. Von diesen fünf Paketen hat kein Paket eine „preferred-citation“ CFF angegeben. In den CRAN Listen haben beide Pakete hingegen ebenfalls eine „preferred-citation“ CFF angegeben. Zudem ist auffällig, dass in allen Listen die Anzahl der Pakete, welche eine BIBTEX Datei verwenden, gering ist. Bei dieser Betrachtung ist darauf zu achten, dass in dem CFF nicht zwingend eine „preferred-citation“ angegeben werden muss. Aus diesem Grund sind in Abbildung 11b weniger Pakete dargestellt als in Abbildung 11a.

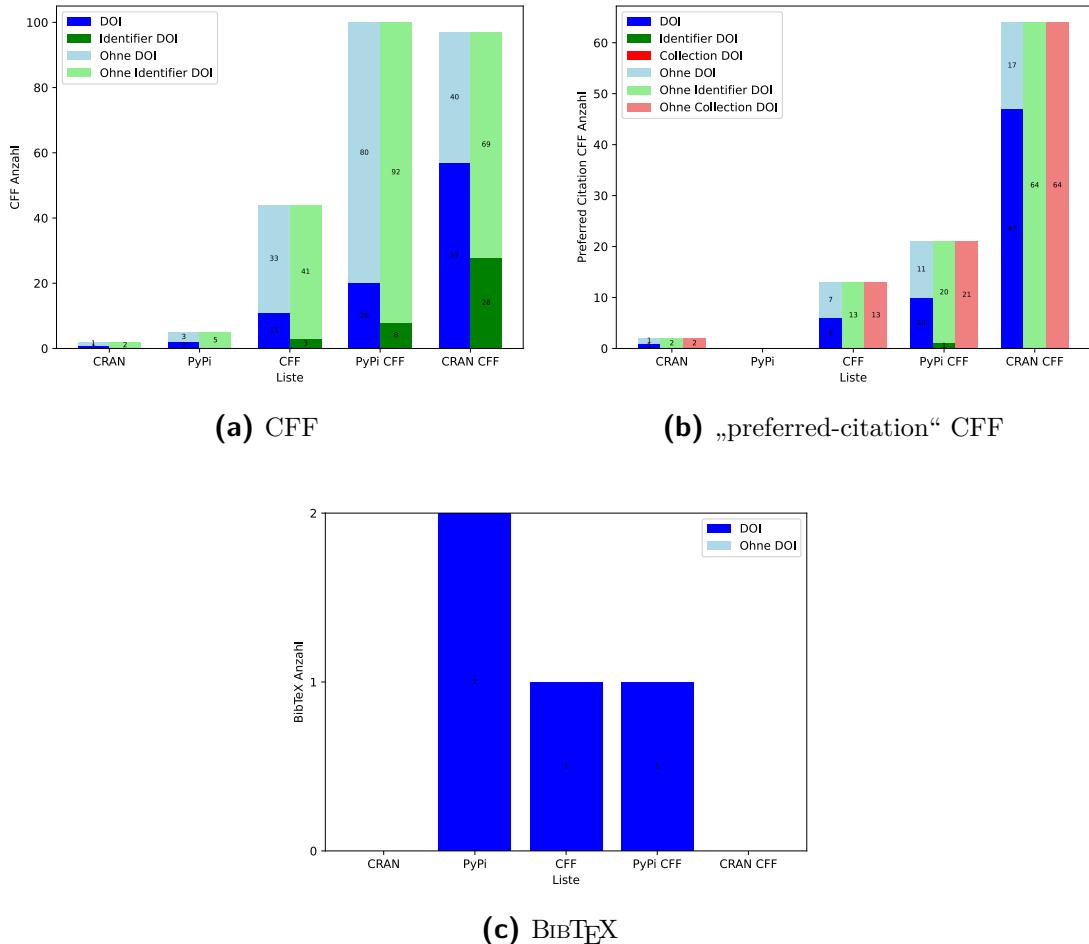
In Abbildung 11a ist auffällig, dass ein CRAN Paket aus der CRAN CFF Liste als Typ der Zitation *article* angegeben hat. Dies ist in einer CFF Datei nicht zulässig und führt zu einer ungültigen CFF Datei. Dies betrifft das Paket *worcs*. Bei der Betrachtung aller CFF Dateien auf GitHub ist zu erkennen, dass von 18.520 17470 Pakete *software* angegeben haben und 412 *dataset*. Alle anderen 638 Pakete haben einen anderen Typ der Zitation angegeben und sind dadurch ungültig.

In Abbildung 12 ist dargestellt, wie viele der Quellen, welche potenziell eine DOI enthalten könnten, eine DOI in den Zitationen angegeben haben. Dabei wird in Quellen, in denen es möglich ist, zwischen den unterschiedlichen Angaben einer DOI unter-



**Abbildung 11:** Typ der angegebenen Zitationen der einzelnen Quellen

Die Abbildungen zeigen für die drei unterschiedlichen Quellen, jeweils für alle fünf untersuchten Listen, welcher Typ von Zitation angegeben wurde. Es ist darauf zu achten, dass die y-Achsen unterschiedlich skaliert sind.

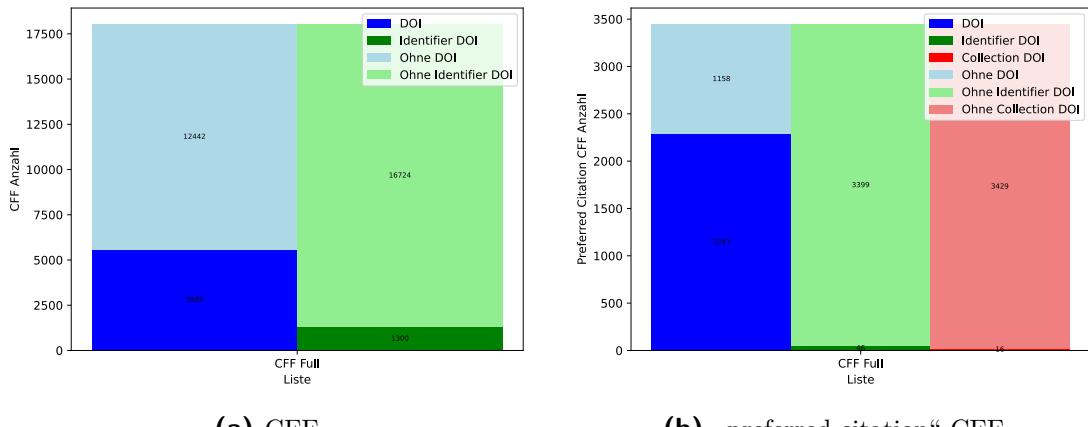


**Abbildung 12:** Verwendung von DOIs in den Zitationen der einzelnen Quellen

Die Abbildungen zeigen für die drei unterschiedlichen Quellen, jeweils für alle fünf untersuchten Listen, wie oft eine DOI auf verschiedenen Arten in den Zitationen angegeben wurde.

schieden. In Abbildung 12a ist beispielsweise zu erkennen, dass in der CRAN CFF Liste 57 Pakete eine DOI in dem CFF angegeben haben und 40 Pakete keine DOI angegeben haben. Auffällig ist außerdem, dass in der „preferred-citation“ in Abbildung 12b kein einziges Paket eine Collection DOI angegeben hat und ebenfalls nur ein Paket in den „identifiers“ eine DOI angegeben hat. Zusätzlich wird in Abbildung 13 dargestellt, wie viele aller CFF Dateien auf GitHub eine DOI angegeben haben. Der Aufbau ist dabei wie zuvor.

Zusätzlich zu den Graphen wurden weitere Ergebnisse aus den Daten berechnet. Einerseits wurde berechnet, wie viel Zeit im Durchschnitt seit der letzten Aktualisierung vom Tag der Datenbeschaffung einer Quelle vergangen ist. In Abschnitt 4.2

**Abbildung 13:** Verwendung von DOIs in allen CFF auf GitHub

Die Abbildungen zeigen für die CFF und „preferred-citation“ Quellen, jeweils für alle CFF Dateien auf GitHub, wie oft eine DOI auf verschiedenen Arten in den Zitationen angegeben wurde.

Quelle	CRAN	PyPI	CFF	PyPI CFF	CRAN CFF
README	257	184	73	83	133
CFF	484	326	555	488	240
BIBTEX		768	1159	1159	

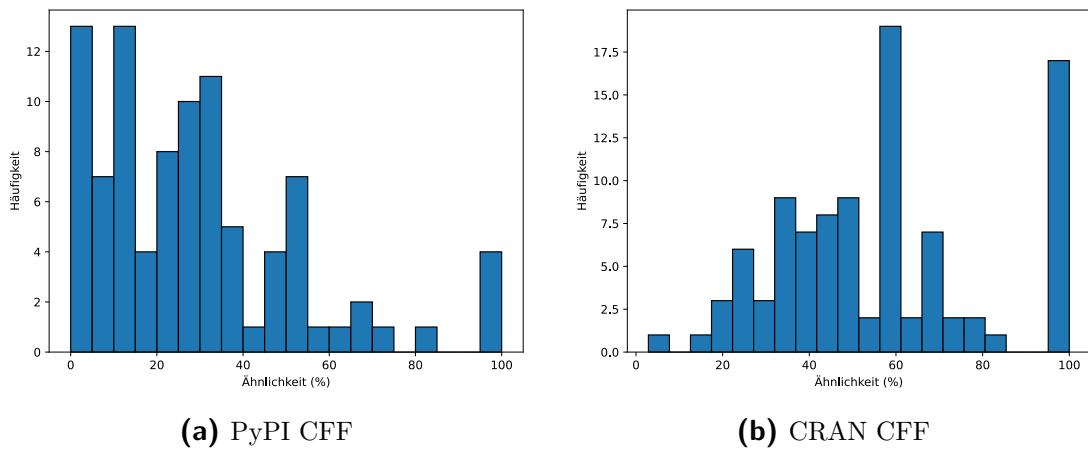
**Tabelle 13:** Durchschnittliche Zeit seit der letzten Aktualisierung

Die Tabelle gibt an, wie viel Zeit im Durchschnitt über alle Pakete seit der letzten Aktualisierung der Quelle vergangen ist. Die Zeit ist in Tagen angegeben.

wird zusätzlich darauf eingegangen, mit welcher Frequenz die Quellen aktualisiert werden. Die Berechnung ist dabei jeweils nur für das CFF, das BIBTEX Format und die README Dateien möglich, da in den anderen Quellen kein Zeitstempel ermittelt werden kann. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 dargestellt. Für CRAN ist jeweils keine Zeit für BIBTEX angegeben, da keines der Pakete in den Listen die Quelle verwendet.

In der Tabelle lässt sich beispielsweise ablesen, dass die README über alle Pakete in der PyPI CFF Liste im Durchschnitt 83 Tage nicht aktualisiert wurde. Es ist außerdem auffällig, dass die README Dateien am aktuellsten sind und die BIBTEX Dateien am längsten nicht aktualisiert wurden.

In der Abbildung 14 wird für die Listen PyPI CFF und CRAN CFF angegeben, wie ähnlich die Autoren in den Paketen innerhalb der Quellen sind. Für die weiteren



**Abbildung 14:** Übereinstimmung der Autoren in den Paketen

Das Histogramm zeigt für die PyPI CFF und CRAN CFF Listen, wie ähnlich die Autoren in den Paketen innerhalb der Quellen sind. Auf der x-Achse wird die Ähnlichkeit in Prozent angegeben. Die y-Achse stellt die absolute Anzahl der Pakete dar, welche die entsprechende Ähnlichkeit aufweisen.

Listen sind die Grafiken in Abbildung 21 dargestellt. Dabei werden nur jene Autoren berücksichtigt, welche abgeglichen werden konnten. Es wird somit kein erneuter Abgleich zwischen den einzelnen Quellen anhand der Namen vorgenommen.

Die Histogramme sind jeweils in 20 Klassen unterteilt, sodass die Ähnlichkeit in 5 % Schritten angegeben wird. Für jedes einzelne Paket wurde die Ähnlichkeit der Autoren untereinander berechnet und in die entsprechenden Klassen eingesortiert. Die Häufigkeit ist dabei in absoluten Werten angegeben.

In der Abbildung 14a ist beispielsweise zu erkennen, dass vier Pakete in der PyPI CFF Liste eine Ähnlichkeit von 100 % aufweisen. Das bedeutet, dass viermal folgender Fall aufgetreten ist: Alle Quellen eines Pakets haben die gleichen Autoren gelistet, wobei kein Autor in einer Quelle fehlt und auch kein Autor in einer Quelle zu viel gelistet ist. Dabei muss beachtet werden, dass dies davon abhängig ist, ob der Abgleich erfolgreich war oder nicht. Außerdem ist auffällig, dass 14 der Pakete in der PyPI CFF Liste eine Ähnlichkeit aller Autoren in den Quellen von weniger als 5 % aufweisen.

## 4.2 Ergebnisse mit Zeitverlauf

In diesem Abschnitt werden anders als zuvor die Daten mit Zeitbetrachtung analysiert und nicht lediglich die jeweils neueste Version untersucht. Dadurch ist es

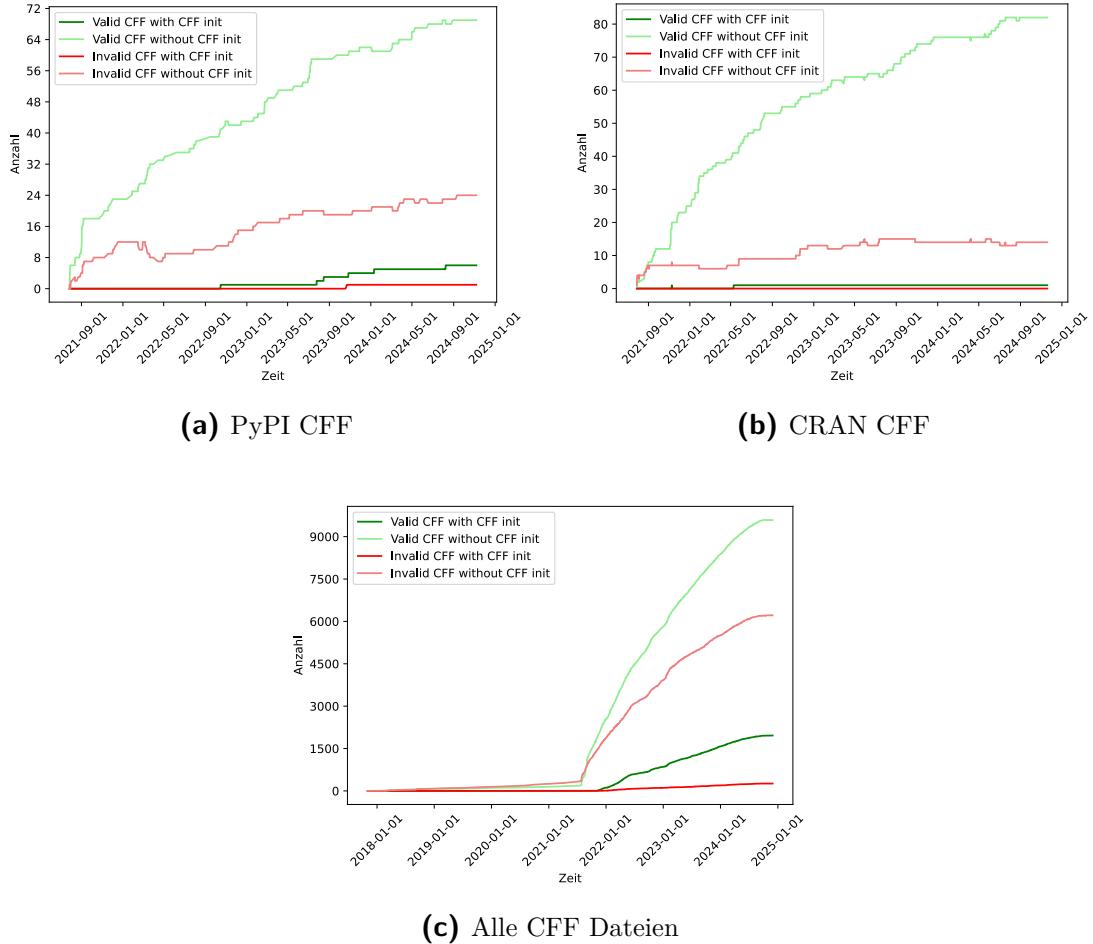
möglich, Veränderungen in der Zeit zu betrachten und zu analysieren. Jedoch ist dies nur für die Quellen CFF, „preferred-citation“ CFF und die README Dateien möglich, da in den anderen Quellen keine Zeitinformation vorhanden sind.

Die Abbildung 15 zeigt für die PyPI CFF, CRAN CFF und alle CFF Dateien auf GitHub, wie viele der CFF Dateien valide sind. In Abbildung 22 sind die Ergebnisse für die weiteren Listen dargestellt. In den Graphen ist jedes Repository nur einmal betrachtet worden. Falls ein Repository zu Beginn eine invalide CFF Datei in dem Repository hatte und anschließend diese zu einer validen Datei geändert wurde, sinkt die Anzahl bei den invaliden und bei den validen steigt sie zu diesem Zeitpunkt. Dadurch ist gewährleistet, dass Änderungen korrekt dargestellt werden und keine Repositorys doppelt betrachtet werden.

In Abbildung 15a ist beispielsweise zu erkennen, dass Anfang 2022 viele Repositorys von invaliden zu validen CFF Dateien gewechselt sind. Außerdem lässt sich ablesen, dass die validen CFF Dateien zu jedem Zeitpunkt mehr sind als die invaliden. In Abbildung 15b ist hingegen zu erkennen, dass zu Beginn des Graphen die Anzahl der invaliden höher ist als die der validen. Zudem lässt sich anhand der Graphen ablesen, zu welchem Zeitpunkt wie viele Repositorys eine CFF Datei enthalten haben. Besonders auffällig ist dabei in Abbildung 15c, dass die Anzahl der Repositorys mit einer CFF Datei auf GitHub ab 2021 steil angestiegen ist. Dies stimmt überein mit der Beobachtung, dass ab 2021 die ersten Pakete in der PyPI CFF und CRAN CFF Liste eine CFF Datei hinzugefügt haben. Außerdem lässt sich erkennen, dass ab 2018 die ersten GitHub-Repositorys eine CFF Datei enthalten haben.

Die Abbildung 16 zeigt für alle fünf Listen, wie viele Autoren in den einzelnen Quellen hinzugefügt und gelöscht wurden. Dabei werden ausschließlich genannten Autoren in dem CFF, BiBTeX und der README Datei betrachtet, da nur bei diesen Quellen eine zeitliche Betrachtung möglich ist. Außerdem wird in der Abbildung gezeigt, wie viele Autoren nachträglich den Dateien hinzugefügt wurden, nachdem die Datei das erste Mal erstellt wurde. Die Informationen der Abbildungen werden ebenfalls erneut ohne die README Autoren dargestellt, da diese sehr vielen Änderungen aufgrund der verwendeten NER unterliegen.

Um zu betrachten, wie viele Autoren hinzugefügt und anschließend wieder entfernt worden sind und dabei möglichst Namensänderungen nicht als neue Autoren zu betrachten, wurde neben dem Abgleich aus der Datenbeschaffung in diesem speziellen Fall ein weiterer Abgleich durchgeführt. Dieser Abgleich wird ausschließlich dann durchgeführt, falls die Datenbeschaffung keine Übereinstimmung für den jeweiligen

**Abbildung 15:** Validität der CFF Dateien über die Zeit

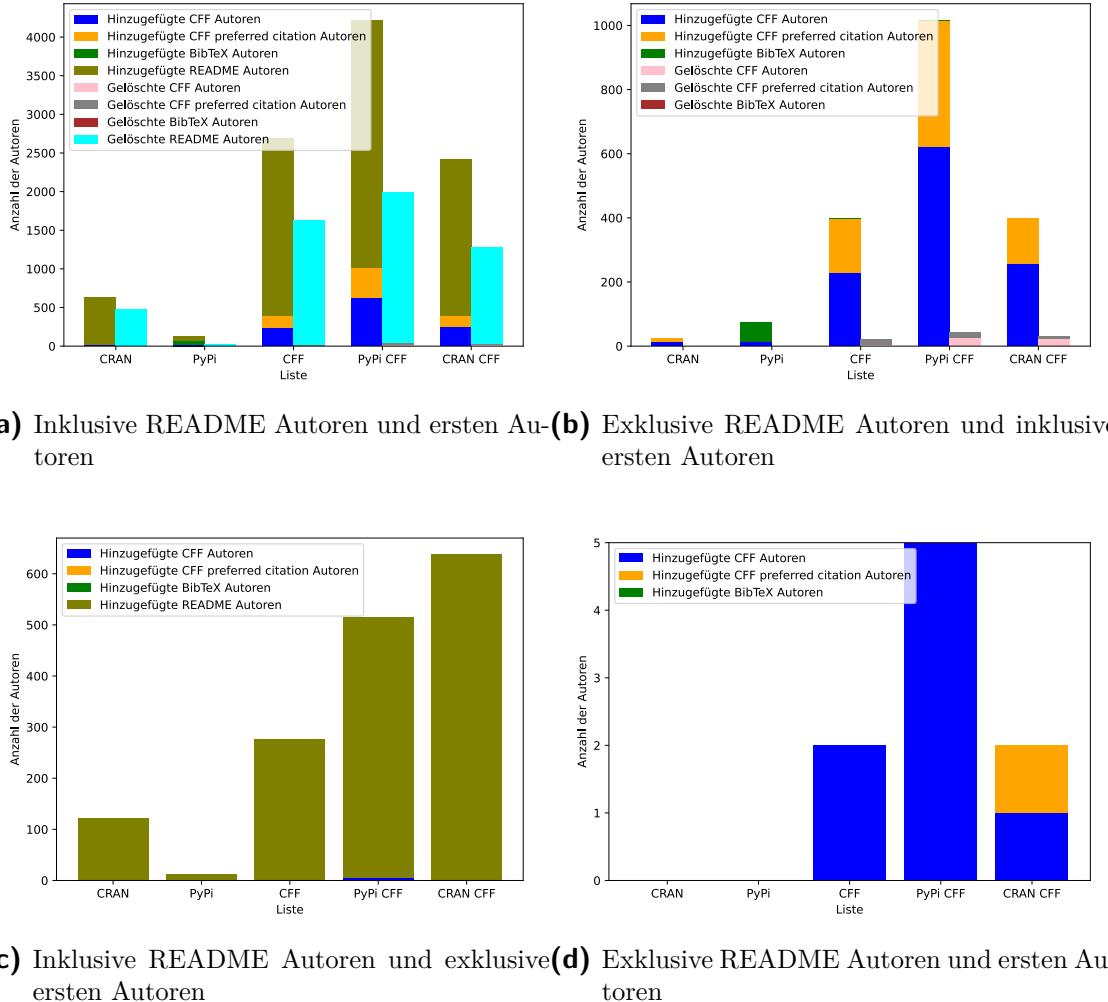
Die Abbildung zeigt für die PyPI CFF, CRAN CFF und alle CFF Dateien auf GitHub, wie viele der CFF Dateien valide sind. Die x-Achse stellt die Zeit dar und die y-Achse die Anzahl der validen und invaliden CFF Dateien. Dabei wird außerdem in Repositorys, welche *cffinit* verwenden und Repositorys, welche dies nicht verwenden unterschieden.

Autor ergeben hat. In diesem Fall wird ein erneuter Abgleich des Autors anhand des Namens durchgeführt. Dies führt dazu, dass, falls ein Abgleich in der Datenbeschaffung für einen Autor nicht erfolgreich war, dieser bei einer Namensänderung in der Grafik als gelöschter und hinzugefügter Autor betrachtet wird. Der erneute Abgleich über den Namen kann dies nicht verhindern, allerdings sorgt er dafür, dass auch nicht abgegliche Autoren in der Grafik als gelöschte und hinzugefügte Autoren betrachtet werden können. Zusätzlich ermöglicht dies im späteren Verlauf eine Analyse darüber, wie lange ein Autor durchschnittlich in einer Quelle genannt wird.

In Abbildung 16b ist zu erkennen, dass in der PyPI CFF die meisten Autoren in den betrachteten Quellen genannt werden. Außerdem ist auffällig, dass in der CRAN und der PyPI Liste in den Quellen nur Autoren hinzugefügt und keine gelöscht wurden. Im Allgemeinen ist deutlich, dass kaum Autoren, nachdem sie hinzugefügt wurden, wieder entfernt werden. In Kombination mit Abbildung 16d ist zu erkennen, dass die meisten Autoren direkt hinzugefügt werden, sobald die Datei erstellt wird. Beispielsweise wurde in der CRAN und PyPI Liste in den der CFF und der BIBTEX Datei kein Autor hinzugefügt, nachdem die Datei erstellt wurde. In der PyPI CFF Liste wurden fünf Autoren nachträglich hinzugefügt, wobei hier berücksichtigt werden muss, dass dies auch aufgrund von Namensänderungen geschehen sein kann. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die CFF Datei beispielsweise erst seit 2021 in den meisten Fällen genutzt wird und beim Hinzufügen der Datei alle Autoren zu dem Zeitpunkt eingetragen werden. Dadurch werden die Autoren ausschließlich in der Abbildung 16b dargestellt werden.

Die Tabelle 14 zeigt die durchschnittliche Zeit in Tagen, wie lange ein Autor in einer bestimmten Quelle genannt wird. Dabei wird die gleiche Berechnung wie für die hinzugefügten und gelöschten Autoren durchgeführt. Aus diesem Grund gelten die gleichen Einschränkungen wie zuvor. Es lässt sich beispielsweise in der Tabelle erkennen, dass in der PyPI CFF Liste die Autoren im Durchschnitt 333 Tage in der CFF Datei genannt werden, falls sie entfernt wurden. Es werden keine Autoren berücksichtigt, welche nie entfernt wurden. Im Gegensatz dazu werden in Tabelle 15 ebenfalls Autoren berücksichtigt, welche nie entfernt wurden. Dabei wird der 02.12.2024 als Enddatum genommen.

In der Tabelle 14 ist zu erkennen, dass einige Zellen nicht ausgefüllt sind und andere wiederum mit  $\infty$  gekennzeichnet sind. Leere Zellen sind darin begründet, dass in der Liste kein Paket die Quelle verwendet und dadurch keine Zeit berechnet werden kann. Zellen, welche  $\infty$  enthalten, sind dadurch begründet, dass in der Liste kein



**Abbildung 16:** Hinzugefügtes und gelöschte Autoren

Die beiden Abbildungen Abbildung 16a und Abbildung 16b zeigen wie viele Autoren über die Zeit in den Quellen hinzugefügt und gelöscht wurden. Abbildung 16a inkludiert Autoren in der README Datei, Abbildung 16b exkludiert diese. Die Abbildungen Abbildung 16c und Abbildung 16d zeigen ausschließlich die hinzugefügten Autoren, wobei die Autoren, die zu Beginn direkt in die Quelle eingetragen wurden, nicht berücksichtigt werden.

Quelle	CRAN	PyPI	CFF	PyPI	CFF	CRAN	CFF
README	730	398	174		159		187
CFF	$\infty$	$\infty$	1		333		198
„preferred-citation“	$\infty$		512		512		140
CFF							
BIBTEX		$\infty$	$\infty$		$\infty$		

**Tabelle 14:** Durchschnittliche Verweildauer der Autoren in den Quellen

Die Tabelle gibt an, wie lange im Durchschnitt über alle Pakete ein Autor in den Quellen genannt wird. Die Zeit ist in Tagen angegeben.

einziges Paket in der jeweiligen Quelle einen Autor, nachdem er hinzugefügt wurde, wieder entfernt hat. Beispielsweise hat kein Paket in der CRAN Liste einen Autor, nachdem er zur CFF hinzugefügt wurde, wieder entfernt. Außerdem wurden in der Liste keine Autoren in eine BIBTEX Datei hinzugefügt, wodurch die Zelle leer ist.

Eine weitere Auffälligkeit ist in der CFF Liste zu erkennen. Hierbei ist eine durchschnittliche Verweildauer für die in der CFF eingetragenen Autoren von eins angegeben. Dies ist auf zwei unterschiedliche Pakete zurückzuführen. In dem Paket *pytorch-lightning* wurde ein Autor hinzugefügt, welcher zwei Tage später in der Schreibweise verändert wurde. Dabei konnte die erste Schreibweise des Autors nicht abgeglichen werden, wodurch es zu einer Löschung des Autors und einer Hinzufügung des Autors in der neuen Schreibweise kam. In dem zweiten Paket *torch-geometric* wurden wahrscheinlich fälschlicherweise in einer Version die beiden genannten Autoren in der CFF durch „Mona Lisa“ und „Hew Bot“ ersetzt. Noch am selben Tag wurden wieder die Originalautoren hinzugefügt. Dadurch ergibt sich allerdings für die zwei Autoren eine Verweildauer in der CFF von null Tagen. Insgesamt ergibt das  $\frac{2+0+0}{3} \approx 1$ , wodurch der Wert in der Zelle begründet ist. Nach manueller Prüfung wäre dies somit ein Fall für das  $\infty$  Zeichen, da die eigentlichen Autoren bis zum Tag des Schreibens nicht entfernt worden sind.

In Tabelle 16 wird dargestellt, mit welcher Frequenz die einzelnen Quellen in den unterschiedlichen Paketen der Listen aktualisiert werden. Dabei ist nur für die PyPI Liste ein Wert für BIBTEX angegeben, da in den anderen Listen entweder kein Paket eine BIBTEX Datei verwendet hat oder diese nie aktualisiert wurde.

In der Tabelle lässt sich beispielsweise ablesen, dass die README Datei am häufigsten aktualisiert wird. Beispielsweise wurde diese in der PyPI CFF Liste im Durchschnitt alle 28 Tage aktualisiert. Hingegen wird die BIBTEX Datei in der PyPI Liste

Quelle	CRAN	PyPI	CFF	PyPI	CFF	CRAN	CFF
README	1082	1088	364		394		398
CFF	1021	257	850		651		745
„preferred-citation“	1021		676		559		723
CFF							
BIBTEX		1197	1200		1200		

**Tabelle 15:** Durchschnittliche Verweildauer der Autoren in den Quellen inkl. Autoren, welche nie entfernt wurden

Die Tabelle gibt an, wie lange im Durchschnitt über alle Pakete ein Autor in den Quellen genannt wird. Falls ein Autor nicht entfernt wurde, wurde der 02.12.2024 als Enddatum festgelegt. Die Zeit ist in Tagen angegeben.

Quelle	CRAN	PyPI	CFF	PyPI	CFF	CRAN	CFF
README	125	149	30		28		45
CFF	24	132	95		98		91
BIBTEX		676					

**Tabelle 16:** Durchschnittliche Zeit zwischen der Aktualisierung der Quellen

Die Tabelle gibt an, wie oft im Durchschnitt über alle Pakete die Quellen aktualisiert werden. Die Zeit ist in Tagen angegeben.

im Durchschnitt nur alle 676 Tage aktualisiert.

## 5 Diskussion

In diesem Kapitel wird die Arbeit diskutiert und die Ergebnisse interpretiert. Zuerst wird auf die grundlegenden Limitierungen der Arbeit eingegangen und wie diese die Ergebnisse beeinflussen. Diese Limitierungen können nicht vollständig behoben werden. Anschließend wird diskutiert, wie gut der Abgleich der Autoren funktioniert hat. Daraufhin wird diskutiert, was Softwareentwickler leisten müssen, um zitiert zu werden. Dabei kann natürlich nicht für alle Pakete eine Aussage getroffen werden, da dies individuell unterschiedlich ist. Zuletzt wird diskutiert, wie gut die Autoren in den untersuchten Listen gepflegt werden.

### 5.1 Limitierungen

In diesem Kapitel wird strukturiert auf folgende Limitierungen eingegangen, welche bei der Erstellung der Arbeit aufgetreten sind:

- **Git Statistik:** Doppelte Autoren innerhalb der Git-Autoren.
- **Autoren ohne Commits:** Autoren, welche als Autor genannt werden, aber keinen Quellcode geschrieben haben.
- **Verlinkung auf andere Quellen:** In manchen Fällen wird in Quellen auf eine andere Quelle verwiesen.
- **Ausführungszeit der Datenbeschaffung:** Die Ausführungszeit ist sehr lang.

#### Git Statistik

In Abschnitt 2.3 wurde beschrieben, dass Autoren in Git ihren Namen und ihre E-Mail-Adresse ohne Einschränkungen eigenständig eintragen. Dies bedeutet ebenfalls, dass ein Autor im Verlauf der Zeit seinen Namen und/ oder die E-Mail-Adresse ändern kann. Dadurch kann ein und dieselbe Person mit unterschiedlichen Git-Namen unterschiedlich viele Commits erstellt haben. Dies ist für die Masterarbeit nicht erwünscht, da möglichst ein Autor nur einmal in den Daten vorkommen soll und

sämtliche Commits diesem Autor angerechnet werden sollen. In der Datenbeschaffung wurde versucht, dieses Problem zu lösen, indem die E-Mail-Adresse als eindeutiger Identifikator genutzt wird und gleiche E-Mail-Adressen zu einem Autor zusammengefasst werden. Allerdings behebt dies nicht das Problem vollständig, da ein Autor seine E-Mail-Adresse ebenfalls ändern kann und diese nicht erneut abgeglichen wird.

Ein Abgleich, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, ist ebenfalls nicht möglich, da dies die Ergebnisse verfälschen könnte, da beispielsweise Autoren mit dem gleichen Namen zusammengefasst werden würden, obwohl es sich um unterschiedliche Autoren handelt. Die anderen Probleme, welche in Abschnitt 3.2 beschrieben wurden, sind ebenfalls nicht zu vernachlässigen. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu lösen, wäre die Verwendung der GitHub-API, welche automatisch die Git-Autoren anhand der in GitHub eingetragenen E-Mail-Adressen zusammenfasst. Ein weiterer Vorteil, der durch die Nutzung der GitHub-API bestehen würde, ist, dass dabei die Benutzernamen der GitHub-Benutzer abgefragt werden könnten. Diese werden häufig in der README und der Beschreibung mit einem @-Zeichen angegeben, um auf diese zu verweisen. Die verwendete NER erkennt die Benutzernamen, allerdings können sie häufig nicht mit den Git-Daten abgeglichen werden, da die Benutzernamen meistens nicht dem richtigen Namen oder der E-Mail-Adresse entsprechen. Die Verwendung der API ist jedoch nur mit viel Zeit möglich, da sie für jedes Paket einzeln abgefragt werden müsste und dadurch schnell das Ratenlimit von GitHub erreicht werden würde. Eine weitere Möglichkeit, welche bereits durch *git-quick-stats* verwendet wird, ist das Zusammenfassen der Autoren mittels einer `.mailmap`-Datei (Chacon 2024b). In dieser Datei kann eingetragen werden, dass zwei E-Mail-Adressen zusammengefasst werden sollen.

Durch die beschriebene Limitierung kommt es beispielsweise vor, dass in *torch* sechsmal der Autor „Edward Yang“ mit unterschiedlichen E-Mail-Adressen vorkommt, obwohl es sich um die gleiche Person handelt. Der erste Eintrag des Autors hat 1.925 Commits, alle weiteren Einträge zusammen haben nochmal 1.282 Commits getätigt. Diese Limitierung in der Datenbeschaffung verfälscht die Gesamtergebnisse. Aber auch bei einem erneuten Abgleich würde dies die Ergebnisse durch die Ungenauigkeit des Abgleichs verfälschen.

## Autoren ohne Commits

Eine weitere Limitierung, welche bereits im Verlauf der Masterarbeit häufiger thematisiert wurde, ist, dass Autoren als Autor genannt werden können und auch sollten, obwohl sie keinen Quellcode geschrieben haben. Eine reine Betrachtung der geleisteten Arbeit anhand der Änderungen am Quellcode, wie sie in der Masterarbeit durchgeführt wurde, ist daher nicht ausreichend, um das gesamte Spektrum der Arbeit von Autoren zu erfassen. Aus diesem Grund kommt es in der Arbeit dazu, dass Autoren im Abgleich nicht erkannt werden, da sie keinen Quellcode geschrieben haben und somit nicht unter den Git-Autoren auftauchen. Dadurch können Ergebnisse wie beispielsweise in Abbildung 8 schlechter ausfallen, da nur auf Git-Autoren geprüft wird. Es werden keine Autoren berücksichtigt, welche beispielsweise an der Dokumentation gearbeitet haben oder an der Organisation des Projekts beteiligt waren.

## Verlinkung auf andere Quellen

In einigen Quellen werden Autoren durch die Entwickler nicht direkt genannt, sondern es wird auf eine andere Quelle verwiesen, in welcher die Autoren genannt werden. Beispielsweise wird in *pandas* in der CFF Datei als Name „The pandas development team“ und anschließend die Webseite <https://pandas.pydata.org/about/team.html> angegeben. Auf dieser Seite sind anschließend alle aktiven Autoren gelistet. In der Masterarbeit werden jedoch nur die Autoren in der CFF Datei mit Vor- und Nachnamen betrachtet. Es wird keine weitere Analyse anderer Quellen durchgeführt, welche möglicherweise in den Quellen verlinkt sind. Dadurch kann es wie in dem Fall von *pandas* dazu kommen, dass Autoren, welche nicht direkt genannt werden, jedoch auf einer anderen Seite gelistet sind, nicht betrachtet werden. Dies schränkt die Ergebnisse der Masterarbeit ein, da nicht alle Autoren betrachtet werden. Eine Betrachtung der verlinkten Seiten würde jedoch einen erheblichen Mehraufwand bedeuten, da für jedes Paket die verlinkten Seiten analysiert werden müssten. Außerdem sind die verlinkten Seiten unterschiedlich aufgebaut, sodass die Komplexität dadurch ebenfalls gesteigert würde. Aus diesem Grund wurde in der Masterarbeit darauf verzichtet, die verlinkten Seiten zu analysieren und mit weniger genannten Autoren gearbeitet.

## Ausführungszeit der Datenbeschaffung

Eine weitere Limitierung ist die Laufzeit der Datenbeschaffung. Diese wird besonders durch den Aufruf von *git-quick-stats* beeinflusst, da das Programm für große Repositorys eine lange Laufzeit benötigt. Außerdem hat die NER für die README und die Beschreibung eine hohe Laufzeit, weswegen für die README auch nur die letzten 50 Commits betrachtet werden. Um die Laufzeit weiter zu reduzieren, beispielsweise um sämtliche CFF Pakete auf GitHub analysieren zu können, wurde auf Faktoren, welche die Laufzeit erheblich erhöhen, verzichtet. Aus diesem Grund wurden bei der Analyse ausschließlich die CFF Dateien betrachtet. Zudem wurden für den Abgleich die Git-Autoren benötigt, welche ausschließlich in der neuesten Version beschafft wurden, sodass *git-quick-stats* nur einmal aufgerufen werden musste. Dadurch konnte die Laufzeit der Datenbeschaffung für die gesamte CFF Liste mit 20.870 Einträgen auf dem internen HPC Server der Hochschule Wismar auf 55 Stunden reduziert werden. Der Server hat zwei Intel Xeon Gold 6346 Prozessoren mit jeweils 3,1 GHz je 16 Kerne verbaut. Bei Betrachtung aller Quellen hätte dieser Prozess erheblich längere Zeit in Anspruch genommen.

### 5.2 Wie gut können Autoren abgeglichen werden?

### 5.3 Was muss ein Softwareentwickler leisten, um als Autor genannt zu werden?

Bei der Beantwortung der Frage muss beachtet werden, dass die Aussagen nur allgemein getroffen werden können und nicht für alle Pakete gelten. Einzelne Pakete können natürlich unterschiedlich sein und andere Anforderungen an die Autoren stellen. Nur weil ein Paket alle Autoren nennt, welche mindestens einen Commit getätigt hat, bedeutet das nicht, dass ein anderes Paket ebenfalls diesen Ansatz verfolgt. Die Ergebnisse in Kapitel 4 zeigen im Allgemeinen aggregierte Werte für alle Pakete einer Liste und aus diesem Grund wird die Frage ebenfalls allgemeingültig diskutiert.

Die Abbildung 7 hat gezeigt, dass Autoren mit vielen Commits über alle Pakete betrachtet häufiger als Autoren genannt werden. Sie zeigt, dass eine erhöhte Chance besteht, falls eine Person unter den Top 10 Autoren ist, dass diese Person auch als Autor genannt wird. Dies ist jedoch nicht garantiert, da die Abbildung gleichzeitig zeigt, dass nur ungefähr 50 % der Autoren mit den meisten Commits auch tatsächlich als Autor genannt werden. Außerdem zeigt sie, dass in einigen Paketen die Autoren

mit den meisten Commits oder geänderten Zeilen auch gar nicht als Autor genannt werden können. Durch diese Gründe ist davon auszugehen, dass es ein guter Ansatz ist viel Arbeit in dem Projekt zu leisten, um als Autor genannt zu werden. Dies jedoch keine Garantie dafür genannt zu werden und in den meisten Fällen werden weitere Schritte benötigt, um tatsächlich aufgeführt zu werden.

Ein möglicher Schritt, welcher jedoch nicht umsetzbar ist, ist bei der Gründung des Paketes beteiligt zu sein. Dies geht aus der Abbildung 16 hervor. Sie zeigt, dass die meisten Autoren direkt zu Beginn genannt werden und anschließend kaum weitere Autoren hinzugefügt werden. Insgesamt wurden in allen Paketen der untersuchten Listen nur neun Autoren, der CFF oder BIBTEX Datei nachträglich hinzugefügt. Abbildung 16b zeigt jedoch, dass in den Dateien viel mehr Autoren insgesamt enthalten sind. Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass die CFF Datei erst seit 2021 vermehrt verwendet wird, wie aus Abbildung 15 hervorgeht. Dadurch sind erst drei Jahre vergangen, in welchen Autoren hinzugefügt werden konnten. Und diese Autoren müssten in den drei Jahren auch aktiv am Projekt beteiligt gewesen sein, um als Autor genannt zu werden. Ebenfalls spiegelt die Abbildung 9 dieses Verhalten wider. Hier wird deutlich, dass viele genannte Autoren keinen Commit in den letzten Jahren getätigt haben. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass inaktive Repositorys mit in diese Statistik einfließen, welche ebenfalls Autoren enthalten, welche nicht mehr aktiv am Projekt beteiligt sind, da das Projekt eingestellt wurde. Auf die Inaktivität von Autoren und deren Pflege wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen.

#### 5.4 Wie gut werden Autoren gepflegt?

In Abbildung 8 wurde gezeigt, dass viele Autoren gar nicht unter den Top 100 Git-Autoren sind. Dies bedeutet, dass viele der genannten Autoren gar nicht mehr aktiv am Projekt beteiligt sind. Dies kann verschiedene Gründe haben, wie beispielsweise, dass die Autoren das Projekt verlassen haben. Außerdem muss beachtet werden, dass Autoren, welche nicht in der Datenbeschaffung abgeglichen werden konnten, hier ebenfalls enthalten sind. Die Abbildung deutet allerdings bereits darauf hin, dass Autoren, sobald sie einmal eingetragen wurden, nicht mehr entfernt werden, obwohl sie nicht mehr aktiv am Projekt beteiligt sind. Zudem zeigt es, in Verbindung mit Abbildung 7, dass Autoren mit vielen Commits ebenfalls kaum genannt werden, was die Vermutung bestätigt, dass die Autorenlisten in den meisten Fällen nicht aktiv gepflegt werden.

Ein weiterer Indikator dafür ist die Abbildung 9. Hier wird deutlich, dass viele genannte Autoren in den letzten Jahren keinen Commit getätigt haben. Dies lässt sich allerdings dadurch relativieren, dass die Statistik ebenfalls Pakete enthält, welche nicht mehr aktiv entwickelt werden, was allerdings bei den Top 100 Listen unwahrscheinlich ist. Des Weiteren ist die hohe Anzahl der invaliden CFF Dateien, welche in Abbildung 10 und Abbildung 15 deutlich werden, ein Indikator dafür, dass die Pflege der Autoren den Entwicklern der Pakete nicht besonders wichtig zu scheinen sei.

Auch zeigt die Häufigkeit, mit der die Quellen aktualisiert werden, dass scheinbar kein großes Interesse darin besteht, die Autorenlisten zu pflegen. Aus Tabelle 13 wird deutlich, dass die zwei der drei untersuchten Quellen in fast jeder Liste durchschnittlich das letzte Jahr nicht aktualisiert wurden. Die README wird dabei öfter aktualisiert, wobei berücksichtigt werden muss, dass in der README nicht nur Autoren, sondern auch in vielen Fällen beispielsweise die Dokumentation vorhanden ist. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass ein Jahr in der Softwareentwicklung keine lange Zeit ist und neue Autoren innerhalb dieser Zeit kaum hinzugefügt werden können, da ein Einarbeiten und etablieren in ein großes Softwareprojekt innerhalb eines Jahres schwer möglich ist. Dahingegen ist dies bei der BIBTEX Quelle anders, da hier zwei bis drei Jahre die letzte Aktualisierung zurückliegt, in der die Autorenliste ggf. um weitere Autoren ergänzt werden könnte.

Abbildung 14 zeigt, dass die Übereinstimmung der Autoren über die Quellen hinweg gering ist. Besonders in der PyPI CFF Liste wird dies deutlich. Dabei werden allerdings auch Quellen wie die README betrachtet, in welcher bei vielen Paketen keine oder kaum Autoren genannt werden. Auch ist die Abbildung erneut stark abhängig von dem Abgleich in der Datenbeschaffung. Allerdings lässt sich hier erneut erkennen, dass die Autoren in den Quellen nicht automatisch gepflegt werden. Des Weiteren zeigen Tabelle 14, Tabelle 15 und Abbildung 16, dass einmal hinzugefügte Autoren in den meisten Fällen nicht mehr entfernt werden. Diese Tatsache ist dabei nichts Negatives, da die Autoren Arbeit in den Paketen geleistet haben, allerdings sollten Autoren, welche aktuell das Paket aktiv pflegen ebenfalls genannt werden, was in vielen Fällen nicht der Fall ist, wie bereits diskutiert wurde.

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Autoren in den betrachteten Listen nicht aktiv gepflegt werden und besonders in den meisten Fällen keine automatischen Prozesse vorhanden sind, welche die Autorenlisten aktualisieren.

Eine zusätzliche Auffälligkeit, welche die Pflege und Nennung der Autoren indirekt

betrifft, zeigt Abbildung 11. Hier wird deutlich, dass in vielen Fällen, in denen eine „preferred citation“ angegeben ist, diese auf ein Paper verweist und nicht auf die Software. Falls Autoren von wissenschaftlichen Arbeiten ausschließlich diese Referenz zitieren, stellt dies einen Verstoß gegen das Prinzip der Wichtigkeit dar, welches in Abschnitt 2.1 beschrieben wurde. Dies könnte durch die Autoren von Software verhindert werden, indem sie keine „preferred citation“ angeben, sondern ausschließlich die Software und weitere Referenzen in der CFF als „references“ angeben. Diese Referenzen wurden in der Masterarbeit allerdings nicht untersucht.

## 6 Fazit und Ausblick

In diesem Kapitel wird ein Rückblick auf die Masterarbeit gegeben. Es werden wichtige Themen aufgegriffen und ein Ausblick auf Arbeiten gegeben, die folgen könnten.

### 6.1 Fazit

In der Masterarbeit wurde Software entwickelt, die es erlaubt, für eine beliebige Liste an CRAN oder PyPI Repositorys Autorenangaben aus verschiedenen Datenquellen zu extrahieren, diese im Anschluss zu aggregieren und graphisch aufzuarbeiten. Um ein Verständnis für die Thematik zu erlangen, wurde zu Beginn eine Literaturrecherche zur Autorenrolle in OSS durchgeführt. Außerdem wurden Prinzipien aufgezeigt, die die Bedeutung der Angabe von Autoren in OSS verdeutlichen. Anschließend wurden Grundlagen für die spätere Datenbeschaffung erarbeitet. Hierbei wurde unter anderem auf Software-Verzeichnisse und die Paketverwaltung eingegangen, welche als Datenquellen für die Autorenangaben dienen. Zudem wurden unterschiedliche Zitierformate für Software und wie diese ausgewertet werden können, betrachtet. Anschließend wurde auf die Disambiguierung von Autoren eingegangen.

Im Anschluss wurde eine Software entwickelt, die es erlaubt, die Autorenangaben aus den Datenquellen zu extrahieren und diese untereinander abzugleichen. Die entstandenen Daten wurden anschließend analysiert und graphisch aufbereitet. Dabei sind Diskrepanzen beispielsweise bei der Nennung der Top-Git-Autoren in den Datenquellen aufgefallen. Diese Diskrepanzen wurden anschließend diskutiert und die Fragen beantwortet, wie gut der entwickelte Abgleich der Autoren funktioniert (**F1**) und was ein Autor machen muss, damit er in den Autorenangaben gelistet wird (**F2**). Außerdem wurde die Frage beantwortet, wie gut Autoren gepflegt werden (**F3**).

Im Allgemeinen hat die Arbeit gezeigt, dass es möglich ist, Autorenangaben aus verschiedenen Datenquellen zu extrahieren und diese untereinander abzugleichen. Dadurch ist aufgefallen, dass die Qualität der Autorenangaben in den Datenquellen unterschiedlich ist. Es wurde zudem gezeigt, dass in vielen Paketen die Autoren

nicht gut gepflegt werden. Hier besteht Verbesserungsbedarf, um die Qualität der Autorenangaben zu verbessern und die Arbeit eines jeden einzelnen Entwicklers zu honorieren.

## 6.2 Ausblick

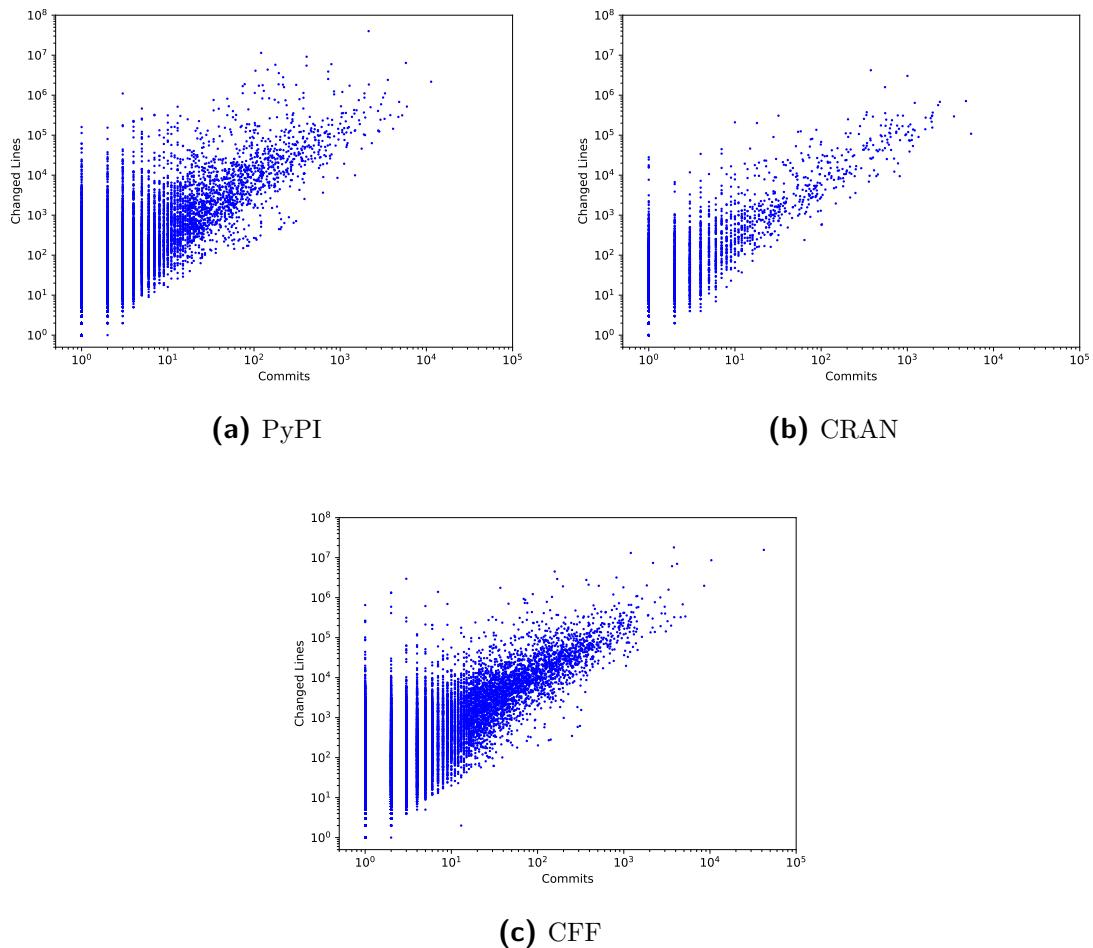
Bei der Entwicklung der Datenbeschaffung wurde bewusst auf die Analyse einiger Quellen verzichtet. So wurde beispielsweise nur für die Quellen, welche in Git verwaltet werden, ein zeitlicher Verlauf der Autorenangaben betrachtet. In weiteren Arbeiten könnte dies um Quellen ergänzt werden, welche ebenfalls eine zeitliche Betrachtung ermöglichen, wie beispielsweise PyPI mithilfe der Google BigQuery Daten. Außerdem wurden in der Masterarbeit ausschließlich GitHub-Repositorys betrachtet, obwohl es weitere viel verwendete Plattformen wie GitLab gibt, welche auf die gleiche Weise analysiert werden könnten.

Ebenfalls könnten die betrachteten Quellen um weitere Datenpunkte ergänzt werden. Beispielsweise sind im CFF weitere Referenzen zu anderen Arbeiten unter dem Feld „references“ aufgelistet. In `BIBTEX` Dateien werden ebenfalls weitere Daten gespeichert, welche aktuell noch nicht betrachtet worden sind, allerdings für eine noch detailliertere Analyse genutzt werden könnten.

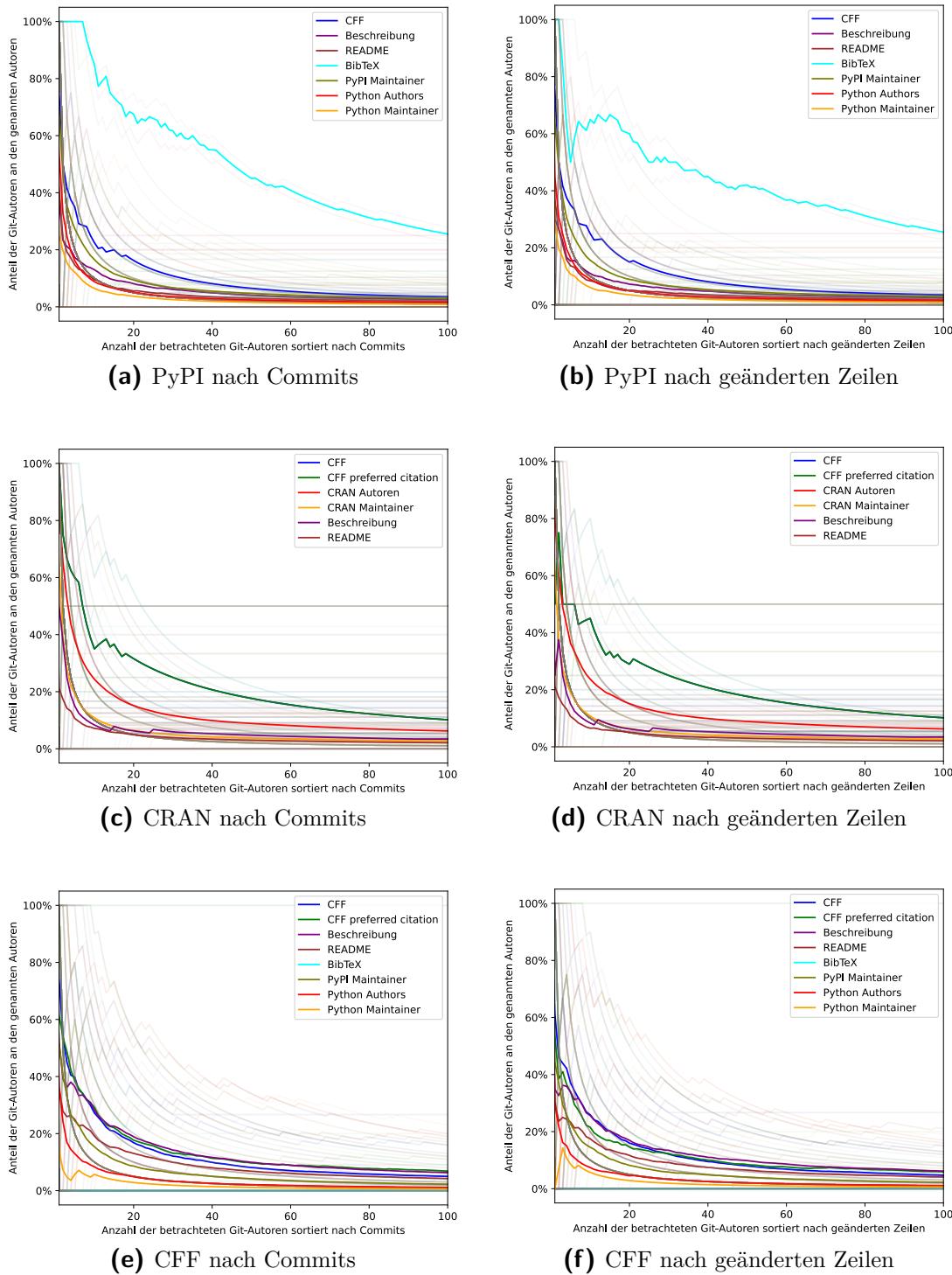
Ein weiteres Problem, welches in der Masterarbeit auftrat, war die Disambiguierung von Autoren. Es wurde gezeigt, dass der Abgleich der Autoren nicht immer korrekt funktioniert und es wurden Gründe wie beispielsweise der Vergleich von nur einem Buchstaben als eines der Probleme erkannt. In weiteren Arbeiten könnte die Disambiguierung von Autoren weiter verbessert werden und so eine direkte Verbesserung der Ergebnisse erzielt werden.

Zusätzlich wurden in der Datenbeschaffung Daten erzeugt, welche in dieser Masterarbeit noch nicht ausgewertet wurden. Dies betrifft die Git-Daten zu den Zeitpunkten einer Änderung an den Autorenangaben. Aus diesen Daten könnte bei einer Analyse beispielsweise geschlussfolgert werden, wie sich die Git-Autoren über die Zeit verändern und bei wie vielen Commits ein Autor einer Quelle hinzugefügt wurde. Dies ist allerdings nur umsetzbar, falls die Entwickler häufiger ihre Autorenangaben aktualisieren, besonders jene mit zeitlichem Verlauf wie das CFF.

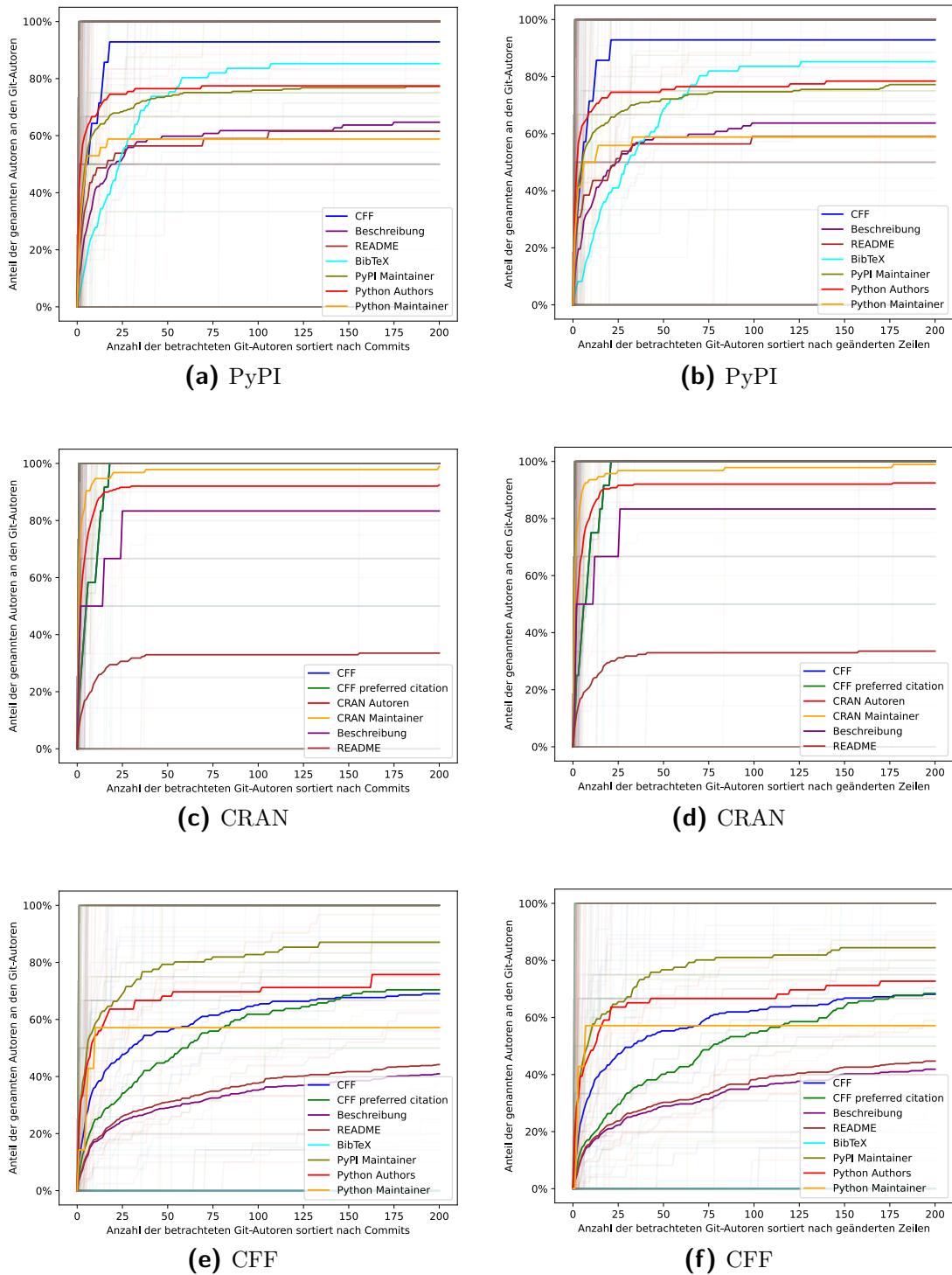
## A Zusätzliche Abbildungen



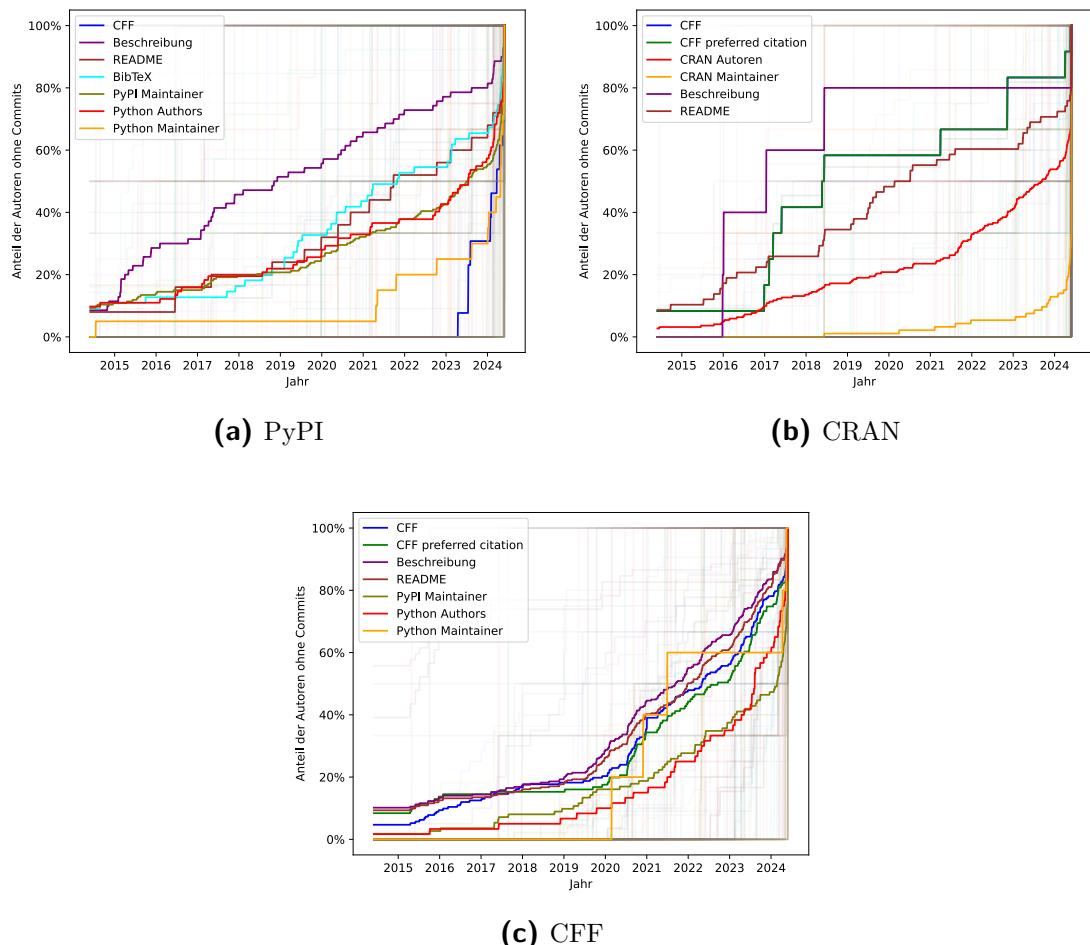
**Abbildung 17:** Commits und geänderte Zeilen gegenübergestellt



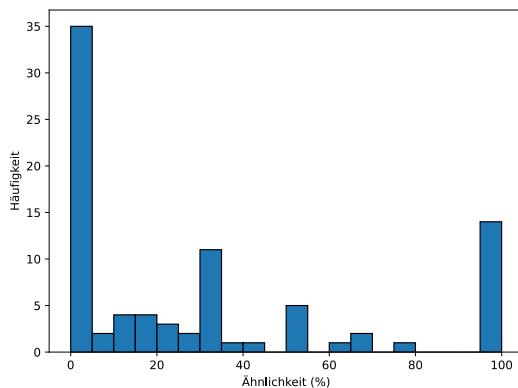
**Abbildung 18:** Anteil der Top Git-Autoren an den genannten Autoren



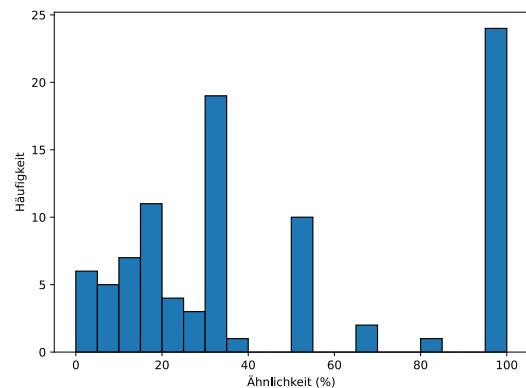
**Abbildung 19:** Anteil der genannten Autoren unter den Top Git-Autoren



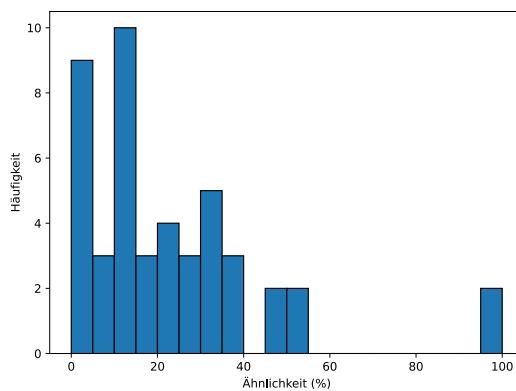
**Abbildung 20:** Autoren ohne Commits



(a) PyPI

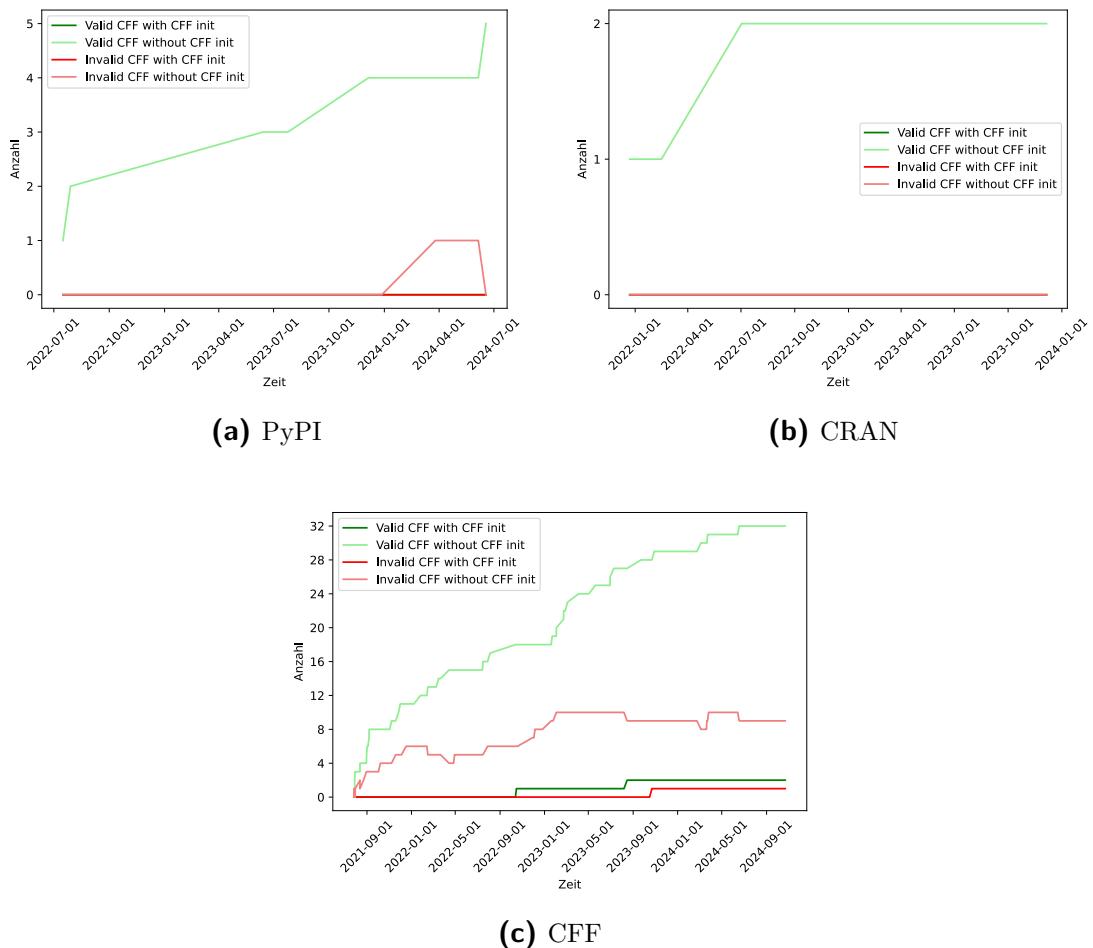


(b) CRAN



(c) CFF

**Abbildung 21:** Übereinstimmung der Autoren in den Paketen



**Abbildung 22:** Validität der CFF Dateien über die Zeit

## B Zusätzliche Tabellen

Quelle	CRAN	PyPI	CFF
CRAN Autoren	221/239 (92.47 %)		
CRAN Maintainer	93/94 (98.94 %)		
Beschreibung	5/6 (83.33 %)	70/102 (68.63 %)	285/542 (52.58 %)
README	58/173 (33.53 %)	25/39 (64.10 %)	311/568 (54.75 %)
CFF	12/12 (100.00 %)	13/14 (92.86 %)	192/226 (84.96 %)
CFF preferred citation	12/12 (100.00 %)		131/152 (86.18 %)
PyPI Maintainer		193/237 (81.43 %)	112/116 (96.55 %)
Python Autoren		82/102 (80.39 %)	60/66 (90.91 %)
Python Maintainer		20/34 (58.82 %)	5/7 (71.43 %)
<u>BIBTeX</u>		55/61 (90.16 %)	0/1 (0.00 %)
Summe	401/536 (74.81 %)	458/589 (77.76 %)	1096/1678 (65.32 %)

**Tabelle 17:** Automatische Ergebnisse des Abgleichs

Quelle	TP	FN	FP	TN	Keine Person	F1-Score
Beschreibung	3	0	1	0	0	0.8571
README	15	4	0	33	2	0.8824
CFF	2	0	0	0	0	1.0000
CFF preferred citation	2	0	0	0	0	1.0000
CRAN Autoren	137	1	1	9	1	0.9928
CRAN Maintainer	94	1	0	0	0	0.9947
Summe	253	6	2	42	3	0.9844

**Tabelle 18:** Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die CRAN Liste

Quelle	TP	FN	FP	TN	Keine Person	F1-Score
Beschreibung	28	1	3	16	5	0.9333
README	8	0	2	9	5	0.8888
CFF	3	0	0	1	0	1.0000
PyPI Maintainer	113	1	9	25	20	0.9576
Python Autoren	63	2	4	15	21	0.9545
Python Maintainer	19	0	0	11	12	1.0000
BIBTEX	2	0	0	0	0	1.0000
Summe	236	4	18	77	63	0.9555

**Tabelle 19:** Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die PyPI Liste

Quelle	TP	FN	FP	TN	Keine Person	F1-Score
Beschreibung	12	1	6	26	2	0.7742
README	13	1	4	17	5	0.8387
CFF	27	2	0	4	0	0.9643
CFF preferred citation	7	1	1	4	0	0.8750
PyPI Maintainer	61	0	9	5	7	0.9313
Python Autoren	29	0	13	6	17	0.8169
Python Maintainer	3	0	2	2	3	0.7500
BIBTEX	0	1	0	0	0	0.0000
Summe	152	6	35	64	34	0.8812

**Tabelle 20:** Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die CFF Liste

Quelle	TP	FN	FP	TN	Keine Person	F1-Score
Beschreibung	26	2	8	52	7	0.8387
README	23	4	5	35	11	0.8364
CFF	56	3	3	13	3	0.9492
CFF preferred citation	15	1	1	5	0	0.9375
PyPI Maintainer	120	1	14	18	23	0.9412
Python Autoren	63	2	18	22	37	0.8630
Python Maintainer	8	0	3	8	10	0.8421
BIBTEX	0	1	0	0	0	0.0000
Summe	311	14	52	118	91	0.9041

**Tabelle 21:** Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die PyPI CFF Liste

## Literaturverzeichnis

- aio-libs/aiohttp* (10. Aug. 2024). original-date: 2013-10-01T23:04:01Z. URL: <https://github.com/aio-libs/aiohttp> (besucht am 12.11.2024).
- All Contributors (2024). *Recognize all contributors*. All Contributors. URL: <https://allcontributors.org> (besucht am 01.06.2024).
- Altmann, Benjamin u. a. (2024). *The Comprehensive R Archive Network*. URL: <https://cran.r-project.org/> (besucht am 28.09.2024).
- arzzen (15. Juni 2021). *git-quick-stats/git-quick-stats*. Version 2.3.0. URL: <https://github.com/git-quick-stats/git-quick-stats> (besucht am 09.11.2024).
- Bishop, Stuart (11. Sep. 2024). *stub42/pytz*. Version 2024.2. original-date: 2016-07-12T12:22:30Z. URL: <https://github.com/stub42/pytz> (besucht am 09.11.2024).
- Chacon, Scott (2024a). *Git - git-shortlog Documentation*. URL: <https://git-scm.com/docs/git-shortlog> (besucht am 21.05.2024).
- (2024b). *Git - gitmailmap Documentation*. URL: <https://git-scm.com/docs/gitmailmap> (besucht am 03.06.2024).
- Chacon, Scott und Ben Straub (6. Nov. 2024). *Pro Git*. 2. Aufl. Apress. 440 S. ISBN: 978-1-4842-0077-3. URL: <https://github.com/progit/progit2>.
- Costa-Luis, Casper da u. a. (4. Aug. 2024). *tqdm: A fast, Extensible Progress Bar for Python and CLI*. Version v4.66.5. DOI: 10.5281/zenodo.13207611. URL: <https://zenodo.org/records/13207611> (besucht am 08.11.2024).
- CRAN Team (Mai 2024). *The Comprehensive R Archive Network*. URL: <https://cran.r-project.org/> (besucht am 21.05.2024).
- Csárdi, Gábor (7. Nov. 2024). *r-hub/cranlogs.app*. original-date: 2014-10-28T19:53:47Z. URL: <https://github.com/r-hub/cranlogs.app> (besucht am 08.11.2024).
- Csárdi, Gábor und Maëlle Salmon (2023). *pkgsearch: Search and Query CRAN R Packages*. URL: <https://github.com/r-hub/pkgsearch>.
- Cucerzan, Silviu (Juni 2007). „Large-Scale Named Entity Disambiguation Based on Wikipedia Data“. In: *Proceedings of the 2007 Joint Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Computational Natural Language Learning (EMNLP-CoNLL)*. Hrsg. von Jason Eisner. Prague, Czech Republic: Association for Computational Linguistics, S. 708–716. URL: <https://aclanthology.org/D07-1074>.
- Damerau, Fred J. (März 1964). „A technique for computer detection and correction of spelling errors“. In: *Commun. ACM* 7.3. Place: New York, NY, USA Publisher: Association for Computing Machinery, S. 171–176. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/363958.363994. URL: <https://doi.org/10.1145/363958.363994>.
- Druskat, Stephan u. a. (Aug. 2021). *Citation File Format*. Version 1.2.0. DOI: 10.5281/zenodo.5171937. URL: <https://github.com/citation-file-format/citation-file-format> (besucht am 29.09.2024).

- GitHub (28. Nov. 2022a). *Rate limits for the REST API*. GitHub Docs. URL: <https://docs.github.com/en/rest/using-the-rest-api/rate-limits-for-the-rest-api?apiVersion=2022-11-28> (besucht am 21.05.2024).
- (28. Nov. 2022b). *REST-API-Endpunkte für Repositorys*. GitHub Docs. URL: <https://docs.github.com/de/rest/repos/repos?apiVersion=2022-11-28#list-repository-contributors> (besucht am 03.06.2024).
  - (2024a). *About*. Let's build from here. URL: <https://github.com/about> (besucht am 23.09.2024).
  - (2024b). *About CITATION files*. GitHub Docs. URL: <https://docs.github.com/en/repositories/managing-your-repositories-settings-and-features/customizing-your-repository/about-citation-files> (besucht am 01.10.2024).
  - (20. Sep. 2024c). *github/renaming*. original-date: 2020-06-12T21:51:22Z. URL: <https://github.com/github/renaming> (besucht am 24.09.2024).
- Google (2024). *BigQuery: Data Warehouse für Unternehmen*. Google Cloud. URL: <https://cloud.google.com/bigquery> (besucht am 27.09.2024).
- Grokzen (14. Nov. 2024). *Grokzen/pykwalify*. original-date: 2013-01-17T09:20:37Z. URL: <https://github.com/Grokzen/pykwalify> (besucht am 19.11.2024).
- Hall, Patrick A. V. und Geoff R. Dowling (Dez. 1980). „Approximate String Matching“. In: *ACM Comput. Surv.* 12.4. Place: New York, NY, USA Publisher: Association for Computing Machinery, S. 381–402. ISSN: 0360-0300. DOI: [10.1145/356827.356830](https://doi.org/10.1145/356827.356830). URL: <https://doi.org/10.1145/356827.356830>.
- Honnibal, Matthew u. a. (2020). „spaCy: Industrial-strength Natural Language Processing in Python“. In: DOI: [10.5281/zenodo.1212303](https://doi.org/10.5281/zenodo.1212303).
- Hornik, Kurt, Duncan Murdoch und Achim Zeileis (Nov. 2011). „Who Did What? The Roles of R Package Authors and How to Refer to Them“. In: *The R Journal* 4. DOI: [10.32614/RJ-2012-009](https://doi.org/10.32614/RJ-2012-009).
- Hunter, John D. (2007). „Matplotlib: A 2D graphics environment“. In: *Computing in Science & Engineering* 9.3, S. 90–95. DOI: [10.1109/MCSE.2007.55](https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55).
- ICMJE / Recommendations / Defining the Role of Authors and Contributors* (2024). URL: <https://www.icmje.org/recommendations/browse/roles-and-responsibilities/defining-the-role-of-authors-and-contributors.html> (besucht am 21.09.2024).
- Ingram, Dustin (5. Apr. 2023). *Deprecate the "Maintainer" role · Issue #13366 · pypi/warehouse*. GitHub. URL: <https://github.com/pypi/warehouse/issues/13366> (besucht am 25.09.2024).
- Jahrens, Kevin (Dez. 2024). *T20240710-SoftwareAuthors-KJ*. URL: <https://git.fiw.hs-wismar.de/DSML/T20240710-SoftwareAuthors-KJ>.
- Kemenade, Hugo van u. a. (1. Sep. 2024). *hugovk/top-pypi-packages: Release 2024.09*. Version 2024.09. DOI: [10.5281/zenodo.13624792](https://doi.org/10.5281/zenodo.13624792). URL: <https://zenodo.org/records/13624792> (besucht am 08.11.2024).
- LABHR/octohatrack* (22. Apr. 2024). original-date: 2015-07-20T09:56:20Z. URL: <https://github.com/LABHR/octohatrack> (besucht am 04.11.2024).
- Levenshtein, Vladimir I. (1965). „Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals“. In: *Soviet physics. Doklady* 10, S. 707–710. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:60827152>.

- Lindner, Jannik (3. Mai 2024). *Version Control Systems Industry Statistics*. URL: <https://worldmetrics.org/version-control-systems-industry-statistics/> (besucht am 21.05.2024).
- Meštan, Lukáš (18. Mai 2024). *git-quick-stats*. Version 2.5.6. URL: <https://github.com/arzzen/git-quick-stats> (besucht am 21.05.2024).
- Miculas, Ariel (27. Sep. 2023). *How I got robbed of my first kernel contribution*. URL: <https://ariel-miculas.github.io/How-I-got-robbed-of-my-first-kernel-contribution/> (besucht am 03.06.2024).
- Mohit, Behrang (2014). „Named Entity Recognition“. In: *Natural Language Processing of Semitic Languages*. Hrsg. von Imed Zitouni. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 221–245. ISBN: 978-3-642-45358-8. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-45358-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-45358-8_7).
- Nesbitt, Andrew (o. D.). *Ecosyste.ms*. URL: <https://github.com/ecosyste-ms/documentation>.
- package-url/purl-spec* (22. Nov. 2024). original-date: 2017-11-11T11:12:46Z. URL: <https://github.com/package-url/purl-spec> (besucht am 22.11.2024).
- Patashnik, Oren (8. Feb. 1988). *BibTEXing*.
- Ponuthorai, Prem Kumar und Jon Loeliger (Nov. 2022). *Version Control with Git*. 3. Aufl. Sebastopol: O'Reilly Media. ISBN: 978-1-4920-9119-6.
- Python Software Foundation (12. Apr. 2024a). *Add PyPI User API · Issue #15769 · pypi/warehouse*. GitHub. URL: <https://github.com/pypi/warehouse/issues/15769> (besucht am 27.09.2024).
- (8. Jan. 2024b). *PEP 740 – Index support for digital attestations / peps.python.org*. Python Enhancement Proposals (PEPs). URL: <https://peps.python.org/pep-0740/> (besucht am 25.09.2024).
  - (Mai 2024c). *PyPI · Der Python Package Index*. PyPI. URL: <https://pypi.org/> (besucht am 21.05.2024).
  - (Mai 2024d). *Warehouse documentation*. URL: <https://warehouse.pypa.io/index.html> (besucht am 21.05.2024).
- python-jsonschema/jsonschema* (18. Nov. 2024). original-date: 2011-12-30T03:37:43Z. URL: <https://github.com/python-jsonschema/jsonschema> (besucht am 19.11.2024).
- rapiddfuzz/RapidFuzz* (5. Nov. 2024). original-date: 2020-02-29T14:41:44Z. URL: <https://github.com/rapiddfuzz/RapidFuzz> (besucht am 06.11.2024).
- Richardson, Leonard (17. Jan. 2024). *beautifulsoup4: Screen-scraping library*. Version 4.12.3. URL: <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/> (besucht am 27.09.2024).
- rpy2/rpy2* (31. März 2024). Version 3.5.16. original-date: 2018-12-14T18:51:22Z. URL: <https://github.com/rpy2/rpy2> (besucht am 12.11.2024).
- Schindler, David u. a. (2021). „SoMeSci- A 5 Star Open Data Gold Standard Knowledge Graph of Software Mentions in Scientific Articles“. In: *Proceedings of the 30th ACM International Conference on Information & Knowledge Management*. CIKM '21. event-place: Virtual Event, Queensland, Australia. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, S. 4574–4583. ISBN: 978-1-4503-8446-9. DOI: 10.1145/3459637.3482017. URL: <https://doi.org/10.1145/3459637.3482017>.

- Schmidt, Peter (2024). *Software und Zitate - Citation File Format*. Unter Mitarb. von Stephan Druskat. Date: 2024-04-29. URL: <https://open.spotify.com/episode/35p7zvj0Q4VPNE00wqCvK1?si=7c2281ffe6c44ba1> (besucht am 03.06.2024).
- seatgeek/thefuzz (5. Nov. 2024). original-date: 2021-03-05T19:07:19Z. URL: <https://github.com/seatgeek/thefuzz> (besucht am 06.11.2024).
- Smith, Arfon M., Daniel S. Katz und Kyle E. Niemeyer (19. Sep. 2016). „Software citation principles“. In: *PeerJ Computer Science* 2. Publisher: PeerJ Inc., e86. ISSN: 2376-5992. DOI: 10.7717/peerj-cs.86. URL: <https://peerj.com/articles/cs-86> (besucht am 10.09.2024).
- Spaaks, Jurriaan H. (Sep. 2021). *cffconvert*. Version 3.0.0a0. original-date: 2018-01-09T14:16:28Z. URL: <https://github.com/citation-file-format/cffconvert> (besucht am 30.09.2024).
- Spaaks, Jurriaan H. u.a. (Aug. 2023). *cffinit*. Version 2.3.1. original-date: 2021-07-14T09:53:13Z. URL: <https://github.com/citation-file-format/cff-initializer-javascript> (besucht am 30.09.2024).
- Spinellis, Diomidis (2012). „Package Management Systems“. In: *IEEE Software* 29.2, S. 84–86. DOI: 10.1109/MS.2012.38.
- The Apache Software Foundation (2024). *Apache CouchDB*. URL: <https://couchdb.apache.org/> (besucht am 22.05.2024).
- The pandas development team (10. Apr. 2024). *pandas-dev/pandas: Pandas*. Version 2.2.2. DOI: 10.5281/zenodo.10957263. URL: <https://github.com/pandas-dev/pandas>.
- Thiel, Sebastian (31. März 2024). *gitpython-developers/GitPython*. Version 3.1.43. original-date: 2010-11-30T17:34:03Z. URL: <https://github.com/gitpython-developers/GitPython> (besucht am 09.11.2024).
- Yamada, Ikuya u.a. (Juli 2022). „Global Entity Disambiguation with BERT“. In: *Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. NAACL-HLT 2022. Hrsg. von Marine Carpuat, Marie-Catherine de Marneffe und Ivan Vladimir Meza Ruiz. Seattle, United States: Association for Computational Linguistics, S. 3264–3271. DOI: 10.18653/v1/2022.naacl-main.238. URL: <https://aclanthology.org/2022.naacl-main.238> (besucht am 03.09.2024).
- yaml/pyyaml (19. Nov. 2024). original-date: 2011-11-03T05:09:49Z. URL: <https://github.com/yaml/pyyaml> (besucht am 19.11.2024).
- Young, Jean-Gabriel u.a. (2021). „Which contributions count? Analysis of attribution in open source“. In: *2021 IEEE/ACM 18th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*, S. 242–253. DOI: 10.1109/MSR52588.2021.00036.
- Zotero (2024). *Zotero / Your personal research assistant*. URL: <https://www.zotero.org/> (besucht am 01.10.2024).

## Abbildungsverzeichnis

1	Übersicht über die Git-Komponenten . . . . .	14
2	PyPI Verifizierte und unverifizierte Daten . . . . .	18
3	GitHub-Repository mit <code>CITATION.cff</code> -Datei . . . . .	23
4	Ergebnisse der Datenbeschaffung . . . . .	32
5	Erstellung der Listen . . . . .	35
6	Commits und geänderte Zeilen gegenübergestellt . . . . .	56
7	Anteil der Top-Git-Autoren an den genannten Autoren . . . . .	59
8	Anteil der genannten Autoren unter den Top-Git-Autoren . . . . .	61
9	Autoren ohne Commits . . . . .	62
10	Validität der CFF Dateien . . . . .	63
11	Typ der angegebenen Zitationen der einzelnen Quellen . . . . .	64
12	Verwendung von DOIs in den Zitationen der einzelnen Quellen . . . . .	65
13	Verwendung von DOIs in allen CFF auf GitHub . . . . .	66
14	Übereinstimmung der Autoren in den Paketen . . . . .	67
15	Validität der CFF Dateien über die Zeit . . . . .	69
16	Hinzugefügte und gelöschte Autoren . . . . .	71
17	Commits und geänderte Zeilen gegenübergestellt . . . . .	83
18	Anteil der Top Git-Autoren an den genannten Autoren . . . . .	84
19	Anteil der genannten Autoren unter den Top Git-Autoren . . . . .	85
20	Autoren ohne Commits . . . . .	86
21	Übereinstimmung der Autoren in den Paketen . . . . .	87
22	Validität der CFF Dateien über die Zeit . . . . .	88

## Tabellenverzeichnis

1	Felder der <code>git_contributors.csv</code> Datei . . . . .	37
2	Felder, welche durch den Abgleich mit Git entstehen . . . . .	40
3	Felder der <code>python_authors.csv</code> , <code>python_maintainers.csv</code> und <code>cran_maintainers.csv</code> Datei . . . . .	40
4	Felder der <code>pypi_maintainers.csv</code> Datei . . . . .	41
5	Felder der <code>description_authors.csv</code> , <code>TIMESTAMP_readme_authors(_new).csv</code> und <code>TIMESTAMP_bib_authors(_new).csv</code> Datei . . . . .	41
6	Felder der <code>cran_authors.csv</code> , <code>TIMESTAMP_cff_authors(_new).csv</code> und <code>TIMESTAMP_cff_preferred_citation_authors(_new).csv</code> Datei . . . . .	43
7	Felder der <code>readme.csv</code> Datei . . . . .	44
8	Felder der <code>cff.csv</code> Datei . . . . .	47
9	Felder der <code>cff_preferred_citation.csv</code> Datei . . . . .	48
10	Felder der <code>bib.csv</code> Datei . . . . .	49
11	Automatische Ergebnisse des Abgleichs . . . . .	54
12	Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für alle Listen zusammen . . . . .	56
13	Durchschnittliche Zeit seit der letzten Aktualisierung . . . . .	66
14	Durchschnittliche Verweildauer der Autoren in den Quellen . . . . .	72
15	Durchschnittliche Verweildauer der Autoren in den Quellen inkl. Autoren, welche nie entfernt wurden . . . . .	73
16	Durchschnittliche Zeit zwischen der Aktualisierung der Quellen . . . . .	73
17	Automatische Ergebnisse des Abgleichs . . . . .	89
18	Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die CRAN Liste . . . . .	89
19	Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die PyPI Liste . . . . .	90
20	Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die CFF Liste . . . . .	90
21	Manuelle Ergebnisse des Abgleichs für die PyPI CFF Liste . . . . .	91

## Quellcodeverzeichnis

1	Beispiel einer <code>CITATION.cff</code> -Datei . . . . .	25
2	Beispiel einer <code>CITATION.bib</code> -Datei . . . . .	26

## Abkürzungsverzeichnis

CFF	Citation File Format. 3, 6, 9, 12, 20, 21, 25, 29, 31, 32, 43–47, 51–68, 70, 71, 74–77, 79–88
CRAN	Comprehensive R Archive Network. 3, 6, 15, 19, 20, 29, 31, 32, 34, 38, 52–61, 64–68, 70, 71, 78, 80–86
DOI	Digitaler Objektbezeichner. 23, 30, 44–47, 61, 63, 64
NED	Named entity disambiguation. 26, 27, 47
NER	Named entity recognition. 25–27, 37, 39, 41, 52, 66, 73, 74
OSS	Open-Source-Software. 3, 5, 7, 10, 11, 31, 34, 78
PEP	Python Enhancement Proposal. 15, 16
PyPI	Python Package Index. 3, 6, 15–20, 29–32, 34, 36–38, 41, 52–54, 56–61, 64–68, 70, 71, 77–88

## Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die anderen Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind durch Angaben der Herkunft kenntlich gemacht. Dies gilt auch für Zeichnungen, Skizzen, bildliche Darstellungen sowie für Quellen aus dem Internet.

Ich erkläre ferner, dass ich die vorliegende Arbeit in keinem anderen Prüfungsverfahren als Prüfungsarbeit eingereicht habe oder einreichen werde.

Die eingereichte schriftliche Arbeit entspricht der elektronischen Fassung. Ich stimme zu, dass eine elektronische Kopie gefertigt und gespeichert werden darf, um eine Überprüfung mittels Anti-Plagiatssoftware zu ermöglichen.



Wismar, den 8. Dezember 2024

Ort, Datum

Unterschrift