

gedcom7.js

Realisierung einer JavaScript-Bibliothek für das genealogische Austauschformat FamilySearch GEDCOM Version 7

Marius Müller & David Gruber

Bachelor-Projektarbeit

Betreuer: Christian Bettinger

Trier, 28.02.2023

Kurzfassung

In der Kurzfassung soll in kurzer und prägnanter Weise der wesentliche Inhalt der Arbeit beschrieben werden. Dazu zählen vor allem eine kurze Aufgabenbeschreibung, der Lösungsansatz sowie die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit. Ein häufiger Fehler für die Kurzfassung ist, dass lediglich die Aufgabenbeschreibung (d.h. das Problem) in Kurzform vorgelegt wird. Die Kurzfassung soll aber die gesamte Arbeit widerspiegeln. Deshalb sind vor allem die erzielten Ergebnisse darzustellen. Die Kurzfassung soll etwa eine halbe bis ganze DIN-A4-Seite umfassen.

Hinweis: Schreiben Sie die Kurzfassung am Ende der Arbeit, denn eventuell ist Ihnen beim Schreiben erst vollends klar geworden, was das Wesentliche der Arbeit ist bzw. welche Schwerpunkte Sie bei der Arbeit gesetzt haben. Andernfalls laufen Sie Gefahr, dass die Kurzfassung nicht zum Rest der Arbeit passt.

Abstract

The same in English.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	1
1.1	Anforderungsanalyse & Ziele	1
2	Theoretische Grundlagen	2
2.1	Genealogie und FamilySearch	2
2.2	GEDCOM Version 7	2
2.3	Nearley	4
2.4	Mocha	4
3	Related Work	5
4	Konzept	6
4.1	Gedcom Grammatik	7
4.1.1	Pre- und Postprozessor	7
4.1.2	Nearley-Parser für Gedcom7	7
4.2	Grammatik Generator	9
4.3	Gedcom Strukturen	10
4.3.1	Structure	12
4.3.2	Dataset	13
4.4	Gedcom Parser	13
5	Implementierung & Test	15
5.1	Gedcom Grammatik	15
5.1.1	Gedcom7 Syntax in Nearley	15
5.1.2	Nearley Postprozessor	18
5.2	Grammatik Generator	21
5.2.1	Definition der Grammatik	21
5.2.2	Grammatikgenerierung mit generateGrammar()	24
5.2.3	Parsergenerierung mit generateParser()	24
5.2.4	Structure Informationen	24
5.3	Gedcom Struktur	24
5.3.1	Klasse <i>Structure</i>	24
5.3.2	Klasse <i>Record</i>	24
5.3.3	Klasse <i>Family</i>	24

5.3.4 Klasse <i>Dataset</i>	24
5.4 Gedcom Parser	24
6 Zusammenfassung und Ausblick	28
Literaturverzeichnis	29
Glossar	30
Selbstständigkeitserklärung	31

Abbildungsverzeichnis

4.1	Allgemeiner Aufbau	6
4.2	Gedcom Strukturen	11
4.3	Ablauf Gedcom Parser	14
5.1	UML Klassendiagramm GrammarGenerator	22
5.2	UML Klassendiagramm Structure	25
5.3	UML Klassendiagramm Record	26
5.4	UML Klassendiagramm Family	26
5.5	UML Klassendiagramm Dataset	27

Einleitung und Problemstellung

In dieser Ausarbeitung ...

1.1 Anforderungsanalyse & Ziele

Folgende Anforderungen werden an die Bibliothek gestellt:

- AF01: Dateien oder Strings im Format Gedcom7 sollen eingelesen werden können
- AF02: Dateien sollen im Gedcom7 Format ausgegeben werden können
- AF03: Die Syntax von Dateien oder Strings soll gemäß der Gedcom7-Spezifikation überprüfbar sein
- AF04: Die in der Gedcom7-Spezifikation definierten Datentypen sollen unterstützt werden
- AF05: Eingelesene Dateien sollen gemäß der Gedcom7-Spezifikation verändert und erweitert werden können
- AF06: Die Bibliothek soll erweiterbar sein

Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel...

2.1 Genealogie und FamilySearch

Genealogie ist ein Überbegriff für die Familien- und Ahnenforschung und beschäftigt sich mit der historischen Herkunft und der Geschichte von Menschen weltweit [Ahn]. Dabei sind insbesondere Abstammungs- und Verwandtschaftsverhältnisse von besonderer Bedeutung, die anhand von Beiweisen aus validen Quellen in Stammbäumen zusammengefasst werden, die aufzeigen, wie eine Generation mit der nächsten verbunden ist. Auf Basis der so erlangten Erkenntnisse kann eine Familiengeschichte erstellt werden, die eine biographische Studie einer genealogisch nachgewiesenen Familie und der Gemeinde in der sie lebten, darstellt [Gen].

Das Aufkommen des Internets stellte einen Wendepunkt in der Genealogie dar.

2.2 GEDCOM Version 7

Das Datenformat FamilySearch GEDCOM 7.0 wurde 2021 von der Kirche Jesu Christi der Heiligen der Letzten Tage entwickelt und stellt ein einheitliches, flexibles Format für den Austausch von genealogischen Daten bereit. Das Ziel besteht darin, eine langfristige Speicherung von genealogischen Informationen zu ermöglichen, die für zukünftige Genealogen und die von ihnen verwendeten System zugänglich und verständlich ist [Fam22]. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Version 7.0.11 wurde am 01.11.2022 veröffentlicht und stellt die aktuellste¹ Version des Standards dar.

GEDCOM ist ein UTF-8 kodiertes hierarchisches Containerformat, das die Dateinamenserweiterung *.ged* verwendet. Der erste Character einer GEDCOM-Datei sollte das Byte-Order-Mark (U+FEFF) sein. Der Inhalt einer GEDCOM-Datei ist in sog. *Structures* unterteilt, die aus einem *Structure Type* und einem optionalen *Payload* bestehen und mehrere Substrukturen besitzen können. Hat eine *Structure* eine *Substructure*, dann ist die *Structure* die *Superstructure* der *Structure*. Jede

¹ Stand 31.01.2023

Substructure hat genau eine *Superstructure* und ist so in der Gesamtstruktur eindeutig zugeordnet. Eine *Structure*, die keine *Superstructure* besitzt, heißt *Record*. Alle Records zusammen mit einer *Header*- und einer *Trailer*-Struktur bilden ein *Dataset*, das den Inhalt einer GEDCOM-Datei darstellt. [Fam22]

Der *Payload* einer *Structure* ist eine Zeichenkette eines bestimmten Datentyps, die entweder Informationen für die *Superstructure* bereithält, oder einen Zeiger auf eine andere *Structure* repräsentiert und somit auf diese verweist. GEDCOM v7 definiert 11 verschiedene Datentypen in [Fam22] mit denen Namen, Daten, Uhrzeiten, Texte und vieles mehr dargestellt werden können. Der *Structure Type* ist eindeutig definiert durch eine URI und gibt an, welche Bedeutung und welchen Datentyp die *Structure* besitzt, welche *Substructures* enthalten sein können und mit welcher Kardinalität diese auftreten können. [Fam22]

Kodiert wird der Inhalt einer GEDCOM-Datei in sog. *Lines*, die eine Kettenrepräsentation einer Struktur (bzw. eines Teils einer Struktur) darstellen und wie folgt aufgebaut sind (eckige Klammern repräsentieren optionale Inhalte):

Level D [Xref D] Tag [D LineVal] EOL

- Level: Eine Line beginnt mit einem Level, das die Verhältnisse der *Structures* untereinander beschreibt. Alle *Structures* mit dem kleinstmöglichen Level 0 sind Records - $\text{Level} \geq 1$ repräsentieren *Substructures*. Eine *Structure* mit dem Level x ist also die *Superstructure* aller folgenden *Structures* mit dem Level $x + 1$.
- D: D steht für *Delimiter*, was englisch für Trennzeichen ist und repräsentiert in diesem Fall das Leerzeichen mit dem Unicode $u + 0020$.
- Xref: Xref ist die Abkürzung für *Cross-Reference Identifier* und fungiert als Adresse für eine *Structure*. Möchte man von einer *Structure* auf eine andere *Structure* verweisen, kann dies über einen Zeiger-Payload auf die entsprechende *Structure* realisiert werden.
- Tag: Der *Tag* kodiert den *Structure Type* einer *Structure*.
- LineVal: Im *LineVal* einer Struktur ist der Payload kodiert.
- EOL: EOL steht für End-Of-Line und kodiert das Ende einer Line. Im Format GEDCOM v7 kann dies entweder durch einen Carriage-Return (Unicode U+000D), Line-Feed(Unicode U+000A) oder einen Carriage-Return gefolgt von einem Line-Feed repräsentiert werden.

Ein Ausschnitt aus einer GEDCOM-Datei ist in 2.1 dargestellt. Dieser Ausschnitt zeigt einen *Record* vom Typ *Family*, in dem Informationen über eine Familie gespeichert werden können. Der Familie wurde der Cross-Reference Identifier *@F1@* zugewiesen, sodass im Dokument auf dieses verwiesen werden kann. Der Ehemann und die Ehefrau der Familie (engl. Husband und Wife) sind die Individuen *I1* und *I2*, die ebenfalls in der Gedcom7-Datei definiert sind. Dieser Zusammenhang wird über die Cross-Reference Identifier *@I1@* und *@I2@* ausgedrückt. Außerdem wird ein Family-Event, nämlich die Hochzeit der beiden Ehepartner aufgeführt und auf den 1.März 1951 datiert. Als letzte Information ist die Anzahl der Kinder (NCHI: Number of Children) mit 2 spezifiziert.

```
0 @F1@ FAM
1 HUSB @I1@
1 WIFE @I2@
1 MARR
2 DATE 1 MAR 1951
1 NCHI 2
```

Listing 2.1: Beispiel für einen Individual Record

Detaillierte Erklärungen, alle Informationen zu *Structure Types*, Datentypen, usw. und viele weitere Beispiele können in [Fam22] nachgelesen werden.

2.3 Nearley

2.4 Mocha

Related Work

In diesem Kapitel...

Konzept

Die Bibliothek *gedcom7.js* lässt sich wie in Abbildung 4.1 dargestellt in vier logische Teile gliedern. Das zentrale Element ist der GEDCOM PARSE, mit dem Dateien oder Strings im Format Gedcom7 eingelesen werden und mit Hilfe von *Nearley* auf Korrektheit der Syntax überprüft werden können. Die dafür zugrundeliegende Grammatik wird mit Hilfe eines *Grammatik Generators* generiert, der die in [Fam22] definierte Spezifikation in eine nearley-konforme Syntax überführt. Die so eingelesenen Informationen werden in Gedcom Datenstrukturen gespeichert, die verändert und erweitert werden und anschließend im Format Gedcom7 ausgegeben werden können. In den folgenden Abschnitten werden die vier Teile und das Zusammenspiel dieser in detaillierter Form vorgestellt.

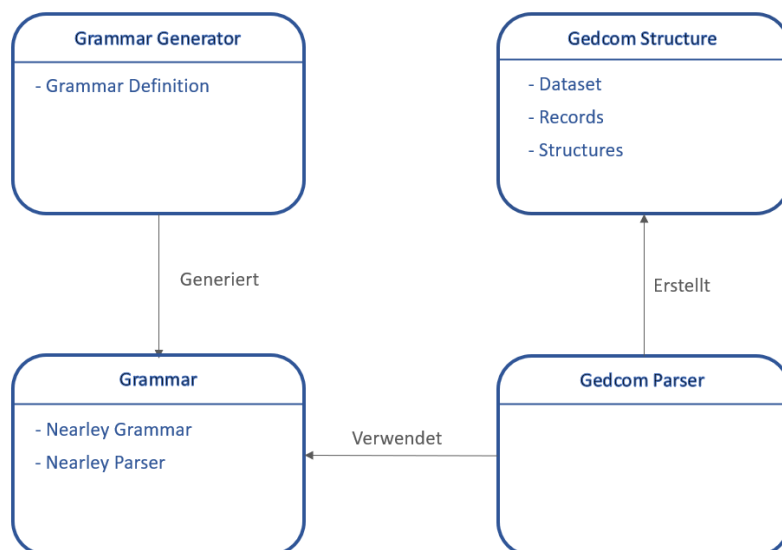


Abbildung 4.1: Allgemeiner Aufbau

4.1 Gedcom Grammatik

Eine wichtige Anforderung für die Bibliothek ist, dass die Syntax von Dateien oder Strings, die eingelesen werden, gemäß der Gedcom7-Spezifikation überprüfbar sein soll. Da die Gedcom Datenstrukturen veränderbar und erweiterbar sein sollen, ist es wichtig, dass eine Syntaxüberprüfung nach Änderungen auf einfache Weise möglich ist. Umgesetzt wird diese Syntaxüberprüfung mit Hilfe des in Kapitel 2.3 vorgestellten JavaScript-Parser-Toolkits *Nearley*. Mit *Nearley* können auf einfache Weise, menschenlesbare Grammatiken erstellt und zu einem *Nearley-Parser* kompiliert werden. Von großem Vorteil ist dabei, dass Features wie Postprozessoren und die Implementierung eines Lexers unterstützt werden.

4.1.1 Pre- und Postprozessor

Standardmäßig packt ein *Nearley-Parser* jedes Zeichen, das mit einer Regel übereinstimmt, in ein Array [Cha]. Bei komplexeren Grammatiken wie der Gedcom7 Spezifikation führt dies dazu, dass sehr viele Arrays innereinander verschachtelt werden, sodass schnell zweistellige Verschachtelungsgrade erreicht werden, was ein weiterarbeiten mit den Ergebnissen erschwert. Mit Hilfe von Postprozessoren können jeder *Nearley Regel* Verarbeitungsanweisungen zugewiesen werden, sodass die Ergebnisse beispielsweise im JSON-Format zurückgegeben werden. Auf diese Weise können die eingelesenen Dateien bereits bei der Syntaxüberprüfung in eine passende Darstellungsform gebracht werden, sodass eine leichte Überführung in die passende Gedcom Datenstruktur möglich ist.

Desweiteren kann ein Lexer verwendet werden, um die Arbeit mit *Nearley* zu optimieren. Ein *Nearley-Parser* teilt die Eingabedaten standardmäßig in einen Strom von einzelnen Zeichen, die sequentiell abgearbeitet werden, was auch als *Scannerless Parsing* bezeichnet wird. Ein Lexer ist eine Art Preprozessor, der die Eingabedaten in größere Einheiten, die sog. *Tokens* zusammenfasst [Cha]. Auf diese Weise wird der Aufwand beim Parsen verringert und die Interpretation der Eingabedaten fällt oft leichter. Ein einfaches Beispiel hierfür ist eine Regel die einen Zahlenwert erwartet. Ist der Eingabewert beispielsweise "137", würde ein *Nearley-Parser* standardmäßig jede Ziffer einzeln einlesen und im Postprozessor müsste definiert werden, dass die aufeinanderfolgenden Ziffern als ein Zahlenwert interpretiert werden sollen. Mit Hilfe eines Lexers könnte eine einfache Regel definiert werden, die den kompletten Zahlenwert als ein Token vorverarbeitet. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der JavaScript Lexer *Moo.js* [Rad] verwendet. *Moo.js* zeichnet sich durch seine Geschwindigkeit¹ aus und wird von *Nearley* als Lexer unterstützt.

4.1.2 Nearley-Parser für Gedcom7

Da die Gedcom7- sowie die Nearley Syntax beide auf EBNF-Sprachkonzepten basieren, lässt sich die Gedcom7 Spezifikation ohne weiteres in eine Nearley Grammatik übersetzten, die dann zu einem Nearley-Parser kompiliert werden kann. Wird

¹ Laut den Entwicklern ist *Moo.js* der schnellste JavaScript-Lexer und ~2-10 mal schneller als herkömmliche Lexer [Rad].

diesem Nearley-Parser eine Gedcom7-Datei (.ged) kodiert als UTF-8 Zeichenkette übergeben, erfüllt dieser die folgenden zwei Aufgaben:

1. Überprüfung der Gedcom7 Syntax

Der Nearley-Parser überprüft den übergebenen Gedcom7-String Line für Line, indem er alle Zeichen (bzw. Tokens) sequentiell liest, bis ein End-Of-Line (EOL) Token gefunden wird. Nach jedem Zeichen das eingelesen wird, überprüft der Parser, welche in der Grammatik definierten Regeln durch das neu eingelesene Zeichen nicht mehr mit der Zeichenkette übereinstimmen und verwirft diese. Wird ein EOL Token gelesen werden die Postprozessoren aller übereinstimmenden Regeln ausgeführt und ein Array mit den Ergebnissen dieser Postprozessoraufrufe als Ergebnis der Line zurückgegeben. Da die Gedcom7 Grammatik nicht mehrdeutig ist, findet der Parser bei korrekter Gedcom7 Syntax immer ein eindeutiges Ergebnis² (d.h. beim Erreichen des EOL Tokens ist maximal eine übereinstimmende Regel übrig). Werden bei diesem Prozess alle Regeln der Grammatik ausgeschlossen, bevor ein EOL Token gelesen wird, ist die Syntax des übergebenen Gedcom7-Strings nicht korrekt und ein Syntaxfehler kann erzeugt werden. Da die Zeichenkette sequentiell abgearbeitet wird, kann bei auftretendem Fehler genau aufgezeigt werden, welche Line und welches Zeichen fehlerhaft sind.

2. Extrahieren der Strukturinformationen

Eine weiterer Aufgabe des Nearley-Parsers ist es, die Strukturinformationen des Gedcom7-Strings zu extrahieren, sodass im nächsten Schritt eine einfache Überführung in entsprechende Gedcom Datenstrukturen möglich ist. Durch den sequentiellen Aufbau einer Gedcom7-Datei wird eine Struktur stets vor seinen Substrukturen definiert. Da das erste Token jeder Line stets das Level der Line repräsentiert, kann der Nearley-Parser die Abhängigkeiten der Lines zueinander zuordnen und es ist zu jedem Zeitpunkt eindeutig, welcher Superstruktur eine Struktur zugeordnet werden soll. Folgende Informationen können also durch den Nearley-Parser extrahiert werden:

- **URI:** Auch wenn bestimmte Structuretypes denselben Tag besitzen, kann aus der Kombination von Level und Tag die eindeutige Gedcom URI bestimmt werden
- **Datentyp:** Sofern ein Payload in der Line vorhanden ist, kann mit Hilfe der URI der Datentyp des Payloads bestimmt werden
- **Superstruktur:** Zu jeder Line kann die entsprechende Superstruktur angegeben werden, sofern es sich nicht um einen Record (Structure mit Level 0) handelt, die keine Superstructure besitzen
- **Substrukturen:** Hat eine Struktur eine oder mehrere Substrukturen, können diese auf Basis des Levels der Lines bestimmt werden

² Hier Kapitel ansprechen in dem über ambiguous grammar geredet wird, bei level problem

4.2 Grammatik Generator

In der Gedcom7 Spezifikation werden 181 Structuretypes verteilt auf 7 Records definiert, die alle in einer Line der Form

Level D [Xref D] Tag [D LineVal] EOL

dargestellt werden. Sollen diese Structuretypes in eine Nearley Grammatik überführt werden, muss für jede dieser Strukturen und jede mögliche Kombination an Substrukturen eine Regel erstellt werden. Da dies eine sehr repetitive Aufgabe ist und sich die Regeln nur an bestimmten Stellen unterscheiden, lässt sich die Grammatikerstellung durch einen Grammatik Generator automatisieren. Dazu können Definitionsdateien erstellt werden, die die für alle Structuretypes die folgenden Informationen bereithalten:

- **URI:** Die URI des Structuretypes wird benötigt, um eine Struktur eindeutig zuordnen zu können
- **LineType:** Der LineType gibt an, wie die Line aufgebaut ist (Cross-Reference-Identifizier vorhanden? Payload vorhanden?)
- **Datatype:** Sofern ein Payload in der Line vorhanden ist, kann über den Datatype die Syntax des Payloads ermittelt werden
- **Tag:** Der Tag wird benötigt, damit die Nearley Regeln eindeutig sind
- **Substructures:** In der Gedcom7 Spezifikation sind für alle Structuretypes alle möglichen Substructures definiert. Mit dieser Information können alle korrekten Fälle in Nearley Regeln abgebildet werden
- **Level:** Um eine eindeutige Grammatik zu generieren, müssen die Level mit denen ein jeweiliger Structurtype auftreten kann, zwingend mit angegeben werden. Da in der gedcom7 Spezifikation TAGs mehrfach für verschiedene Typen verwendet werden, kann nicht einfach ein generisches Level für die Regeln verwendet werden, das ganzzahlige Werte akzeptiert, da die entstehende Grammatik damit mehrdeutig wäre. Ein Beispiel hierfür sind die Structures *g7:HEAD-DATE* und *g7:DATE-exact* im Gedcom Header. Mit einem generischen Level wären die Regeln für beide Structuretypes identisch mit

Level D "DATE" D DateExact EOL

Wird eine solche Line als Substructure eines Header Records von dem Nearley Parser gelesen, kann dieser nicht entscheiden, ob es sich um ein *g7:HEAD-DATE* oder ein *g7:DATE-exact* handelt und würde somit zwei Ergebnisse aufrecht erhalten. Um diese Mehrdeutigkeit zu verhindern, wird das Level in der Definition angegeben.

Anhand dieser Informationen kann der Grammatik Generator automatisiert Nearley Regeln formulieren. Diese Regeln können zu einer Grammatik zusammengefasst und anschließend vom Generator zu einem Nearley-Parser kompiliert werden. Anhand des LineTypes kann der Generator den Regeln die passenden Postprozessoren zuweisen, die für das Extrahieren der Strukturinformationen zuständig sind. Auf diese Weise kann ein voll funktionaler Nearley-Parser automatisiert generiert

werden, der die Gedcom7-Syntax vollständig parsen und alle für die weitere Verarbeitung benötigten Informationen extrahieren kann.

Ein weitere großer Vorteil an dieser Automatisierung ist, dass zur Erfüllung der Anforderung der einfachen Erweiterbarkeit der Bibliothek beigetragen wird. Sollte die Bibliothek in zukünftigen Projekten durch neue Structretypes o.ä. erweitert werden, ist dies auf einfache und verständliche Weise durch das Hinzufügen neuer Einträge in die Strukturdefinitionen möglich. Desweiteren bildet der Grammatik Generator ein Fundament für einen wichtigen Use-Case, der in weiterführenden Arbeiten adressiert werden sollte: der Möglichkeit Extensions zu definieren. Die Gedcom7 Spezifikation definiert die wichtigsten Strukturen zur Speicherung genealogischer Informationen - für alle Informationen die über diese Standardstrukturen hinausgehen, müssen Extensions definiert werden. Da genealogische Informationen sehr vielfältig sein können, sind Extensions ein probates Mittel, dass in vielen Anwendungen genutzt wird. Mit Hilfe des Grammatik Generators kann die Definition von Extensions umgesetzt werden, indem eine Schnittstelle zum Generator entwickelt wird, die dem Benutzer zur Verfügung gestellt wird. Über diese Schnittstelle kann die Strukturdefinition erweitert werden und anschließend die Grammatik neu generiert und kompiliert werden. Auf diese Weise könnte die Bibliothek auf die Anforderung aller Benutzer angepasst werden.

4.3 Gedcom Strukturen

Die zentrale Struktur in einer Gedcom7 Datei ist das sog. *Dataset*. Jedes Dataset muss mit einem Header Structure beginnen, der Metadaten über das gesamte Dataset beinhaltet und dabei u.a. Aussagen über den Ort und Zeitpunkt der Erstellung und den Ersteller des Datasets selbst machen kann. Die Mindestanforderung an den Header ist, dass die verwendete Gedcom Version in einer dafür vorgesehenen Structure spezifiziert ist. Abgeschlossen wird jedes Dataset mit einer Trailer Line, die das Ende des Datasets repräsentiert. Eine minimales Gedcom7 Dataset sieht also wie folgt aus:

```
0 HEAD
1 GEDC
2 VERS 7.0
0 TRLR
```

Listing 4.1: Minimales Gedcom7 Dataset

Alle weiteren genealogischen Informationen können in einem oder mehreren Records festgehalten werden. Folgende Records sind in der Gedcom7 Spezifikation definiert:

- **Family (FAM):** Der Family Record wurde ursprünglich so strukturiert, dass er eine Familie mit einem männlichen Ehemann und einer weiblichen Ehefrau

repräsentiert. Um die Migration von bestehenden Gedcom-Dateien auf Gedcom7 zu erleichtern, wurde die Benamung der Strukturen beibehalten. Trotzdem sollen in Gedcom7 Familien, Heirat, Zusammenleben und Adoption unabhängig vom Geschlecht der Partner angegeben werden können und daher das Geschlecht und die Rollen von Partnern nicht aus der Husband- bzw. Wife Struktur abgeleitet werden.

- **Individual (INDI)**: Zusammenstellung von Fakten und Hypothesen über eine Person. Diese können aus verschiedenen Quellen stammen, die durch Quellenangaben dokumentiert werden können.
- **Multimedia (OBJE)**: Eine Referenz zu einer oder mehrerer digitaler Dateien, angereichert mit Informationen über den Inhalt und den Typ der Datei.
- **Repository (REPO)**: Beinhaltet Informationen über Personen oder Institutionen, die eine Sammlung von Quellen besitzen.
- **Shared Note (SNOTE)**: Eine Sammlung von Informationen, die nicht vollständig in andere Strukturen passen. Beispiele wären Forschungsnotizen, alternative Interpretationen oder Argumentationen
- **Source (SOUR)**: Beschreibt eine Quelle, indem auf bestimmte Dokumente oder Verzeichnisse verwiesen wird.

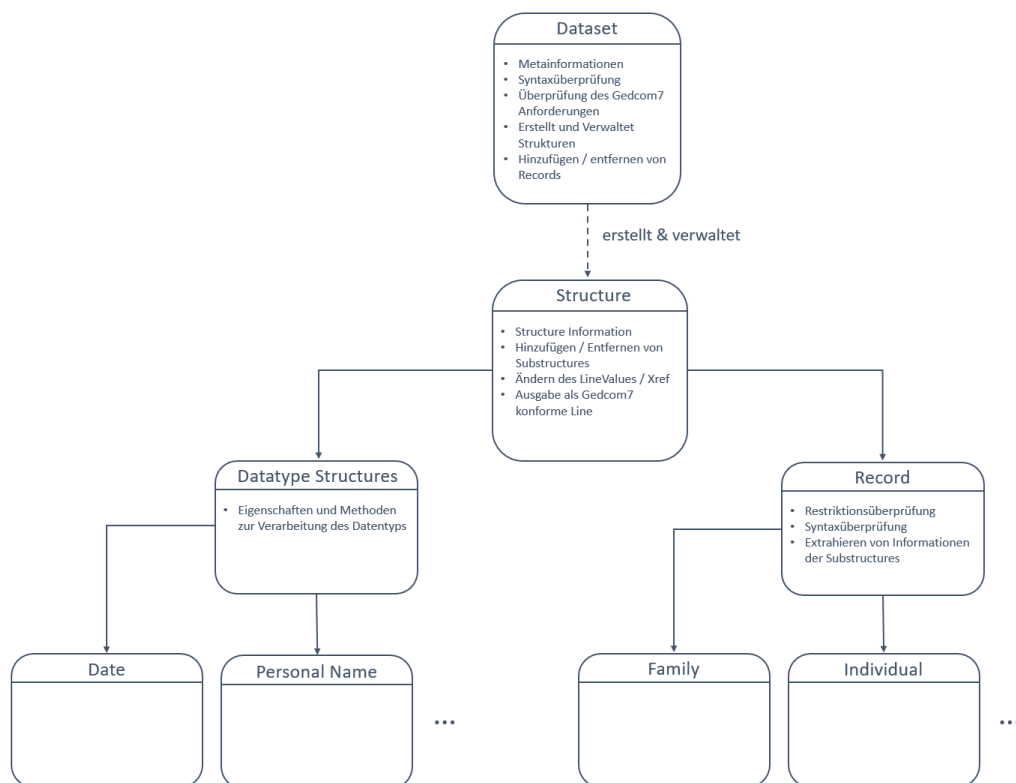


Abbildung 4.2: Gedcom Strukturen

- **Submitter (SUBM)**: Beschreibt eine Person oder eine Institution, die im Dataset enthaltene Informationen beigesteuert hat.

4.3.1 Structure

In der Bibliothek *gedcom7.js* wird jede Line, die vom Parser gelesen wird, in Form einer Structure abgebildet (siehe Abbildung 4.2). Diese Datenstruktur hält alle Informationen wie Level, Tag und LineValue der Line bereit und enthält zudem die Superstructure und alle Substructures. Eine wichtige Anforderung ist zudem, dass die eingelesene Gedcom7 Datei veränderbar und erweiterbar sein soll. Daher enthält die *Structure* Datenstruktur Methoden mit der Substructures hinzugefügt bzw. entfernt werden können und mit denen der Payload der Structure verändert werden kann. Um die veränderte Datenstruktur als Gedcom7 Datei speichern zu können, muss jede Structure als Gedcom7 konforme Line ausgegeben werden können. Außerdem werden zwei spezielle Structures definiert, die Datatype Structures und Records.

1. Records

Die oben aufgeführten Records, also Structures mit Level 0 wie z.B. der Family Record, sind die Superstructures aller weiteren Structuretypes und haben daher besondere Anforderungen. Daher werden in *gedcom7.js* alle Records in Form einer eigenen Record Datenstruktur abgebildet, die Structure erweitert. Dabei sollen Methoden bereitgestellt werden, mit denen die Informationen, die in den Substructures enthalten sind, extrahiert werden können. Ein Beispiel hierfür wäre eine Methode, die alle Informationen über die Residenz einer Familie, die über viele Substructures verteilt sind, zusammenfasst und in übersichtlichem Format zurückgibt. In einem Gedcom7 Record kann zudem über eine *Restriction Structure* der Zugriff auf Informationen dieses Records eingeschränkt werden. Die Record Datenstruktur sollte diese Einschränkungen verwalten und die Ausgabe von Informationen dementsprechend anpassen. Außerdem besitzen alle Records Möglichkeiten zur Syntaxüberprüfung des Records und all seiner Substructures, sodass nach dem Hinzufügen einer Structure in einen Record, die Syntax des Records überprüft werden kann, um zu entscheiden ob das Hinzufügen syntaktisch korrekt war. Dies bietet den Vorteil, dass nicht jedes Mal die Syntax des gesamten Datasets überprüft werden muss, obwohl sich nur ein Record verändert hat.

2. Datatype Structures

Der Payload von Lines kann verschiedene Datentypen haben, die in der Gedcom7 Datei als Zeichenkette kodiert sind. Handelt es sich dabei um einen einfachen Linevalue vom Datentyp *Text* ist es ausreichend, diesen als Zeichenkette in der Structure zu hinterlegen. Bei komplexeren Datentypen wie *Date* ist es jedoch notwendig, die Structure um Methoden und Eigenschaften zu erweitern, um die weitere Verarbeitung zu erleichtern. Daher werden für komplexere Datentypen wie *Date* oder *Age* spezielle *Datatype Structures* bereitgestellt, mit denen beispielsweise das Da-

tum eines Events in eine JavaScript konformen Datumsstruktur überführt werden kann.

Soll der in Listing ?? vorgestellte Family Record eingelesen werden, würde sich folgende Baumstruktur ergeben:

4.3.2 Dataset

Die in Abschnitt 4.3.1 beschriebenen Structures werden in einer *Dataset* Datenstruktur zusammengefasst, die alle genealogischen Informationen einer Gedcom7 Datei enthält. Die Hauptaufgabe des Datasets besteht darin, Structures zu erstellen und zu verwalten. Wird eine Gedcom7 Datei mit korrekter Syntax mit dem in 4.1.2 vorgestellten Nearley Parser eingelesen, extrahiert dieser alle Structure Informationen. Anschließend kann ein *Dataset* erstellt werden, das all diese Informationen einliest, daraus Structures erstellt und die Zusammenhänge zwischen diesen Structures modelliert, sodass, wie in Abbildung 4.3.1 beispielhaft gezeigt, eine Baumstruktur mit allen Records entsteht. Um ein Dataset mit neuen genealogischen Informationen anzureichern, werden Methoden zum Hinzufügen bzw. zum Entfernen von Records bereitgestellt. Da das Hinzufügen bzw. Entfernen von Strukturen zu einer inkorrekten Gedcom7 Syntax führen kann, müssen Methoden zur Syntaxüberprüfung implementiert werden. Des Weiteren stellt das Dataset Metainformationen über eine Gedcom7 Datei zur Verfügung und überprüft bestimmte Anforderungen, die in der Gedcom7 Spezifikation angegeben werden. Beispiele hierfür sind, dass jede Gedcom7 Datei mit dem *Byte-Order-Mark*³ beginnen sollte oder dass alle Structure, auf die über einen Cross-Reference-Identifizier verwiesen wird, definiert sein müssen, bevor auf diese verwiesen wird.

4.4 Gedcom Parser

Die in diesem Kapitel vorgestellten Konzepte und Datenstrukturen werden alle im GEDCOM PARSE vereinigt, der die zentrale Instanz der Bibliothek *gedcom7.js* darstellt. Abbildung 4.3 zeigt ein Sequenzdiagramm, das den allgemeinen Ablauf beim parsen einer Gedcom7 Datei mit dem GEDCOM PARSE zeigt.

Der GEDCOM PARSE liest eine Gedcom7 Datei ein und konvertiert diese in eine Zeichenkette. Die Zeichenkette kann dann an einen Nearley Parser übergeben werden, der Line für Line liest, die Syntax überprüft und dabei die Structure Informationen extrahiert. Ist die Syntax der Gedcom7 Datei korrekt, werden die gesammelten Structure Informationen an den Gedcom Parser zurückgegeben - anderenfalls wird das Einlesen mit einer Fehlermeldung beendet. Anschließend überprüft der Gedcom Parser die Kardinalität der eingelesenen Structures (beispielsweise darf nur eine *HUSB*-Struktur pro Family Record enthalten sein).⁴. Sofern keine Fehler bei der Kardinalitätsüberprüfung gefunden werden, wird ein neues Dataset

³ Erklärung

⁴ Die Kardinalitätsüberprüfung wurde in den Gedcom Parser ausgelagert, da Nearley ein Streaming-Parser ist und somit zu keinem Zeitpunkt weiß, ob noch weitere Eingaben zu erwarten sind. Daher werden Konzepte wie Kardinalitätsüberprüfungen nicht von Nearley unterstützt. [Cha]

erstellt und die von Nearley extrahierten Structure Informationen an das Dataset übergeben. Das Dataset erstellt den Header und den Trailer, der in jedem Dataset vorhanden sein muss und erstellt anschließend alle Structures auf Basis der Structure Informationen. Dazu wird jeder Eintrag der Structure Informationen auf den Structure Type untersucht (Record, Datatype Structure oder allgemeine Structure) und auf Basis dessen ein Structure mit allen Informationen erstellt. Diese Structure wird dann in das Dataset eingegliedert, indem die entsprechende Superstructure und alle Substructures zugewiesen werden. Sind alle Structures erstellt, wird überprüft, ob dass alle Cross-Reference-Identifizier, auf die im Dataset verwiesen wird auch innerhalb des Datasets definiert sind. Ist dies der Fall, wird das Dataset zurückgegeben. Dieses Dataset kann dann wie in Abschnitt 4.3 beschrieben verändert und erweitert werden.

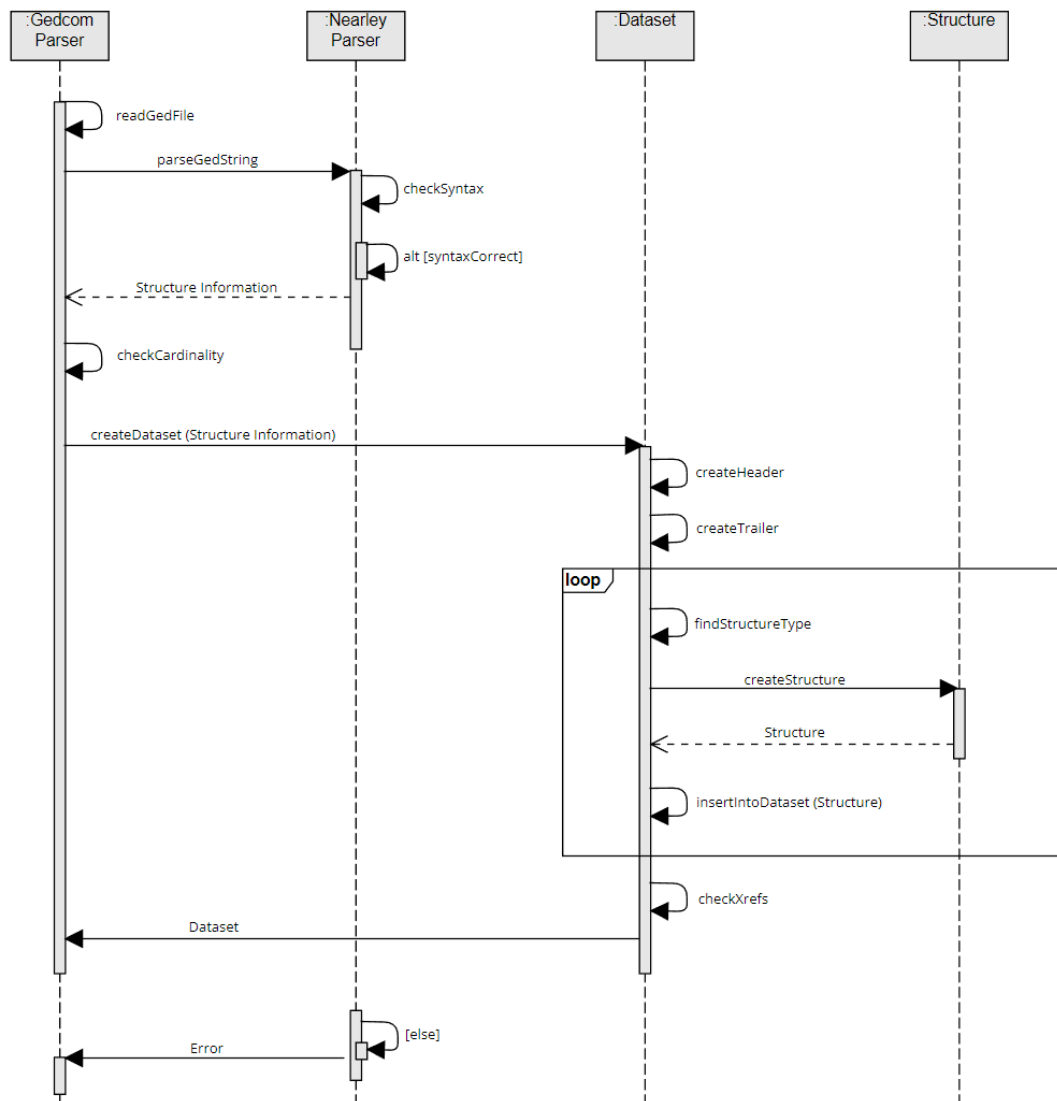


Abbildung 4.3: Ablauf Gedcom Parser

Implementierung & Test

In diesem Kapitel wird beschrieben wie das im Kapitel 4 vorgestellte Konzept in der Bibliothek *gedcom7.js* implementiert wird.

5.1 Gedcom Grammatik

5.1.1 Gedcom7 Syntax in Nearley

Da die Gedcom7- sowie die Nearley Syntax beide auf EBNF-Sprachkonzepten basieren, lässt sich die Gedcom7 Spezifikation ohne weiteres in eine Nearley Grammatik übersetzen. Um Nearley Regeln für eine *Gedcom Line*¹ zu definieren, können die folgenden Tokens für das Leerzeichen, den *Cross-Reference Identifier* und die End-Of-Line Zeichenfolge in Form von regulären Ausdrücken definiert werden:

```
D      : /[ ]/
Xref  : /\@[A-Z0-9\_-]+\@/
EOL   : /(?:\r\n?|\n)/
```

Listing 5.1: Tokens für eine Gedcom Line, definiert als regulärer Ausdruck

Diese regulären Ausdrücke werden in der Vorverarbeitungsphase vom Moo-Lexer verwendet, um zusammenhängende Zeichen zu Tokens zu gruppieren, die dann in der Nearley Grammatik über den Tokennamen mit einem vorangestellten %-Zeichen angesprochen werden können. Soll nun die erste Line eines Family-Records geparsed werden, könnte dies mit der folgenden Nearley-Regel umgesetzt werden:

```
record.FAM -> "0" %D %Xref %D "FAM" %EOL
```

Listing 5.2: Nearley Regel zum parsen eines Family Records

Diese Regel akzeptiert eine Line mit dem Level 0, einem syntaktisch korrekten

¹ siehe Kapitel GEDCOM Version 7

Cross-Reference-Identifizier, dem Tag *FAM* gefolgt von einem EOL-Token. Getrennt werden die Bestandteile durch ein Leerzeichen.

Sollen nun ebenfalls HUSB- und WIFE Structures als Substructures des Family Records akzeptiert werden, könnte die Nearley Grammatik wie folgt erweitert werden:

```

record_FAM
  -> "0" %D %Xref %D "FAM" %EOL
    | record_FAM record_FAM_Substructs:+

record_FAM_Substructs
  -> "1" %D "HUSB" %D %Xref %EOL
    | "1" %D "WIFE" %D %Xref %EOL

```

Listing 5.3: Nearley Regel zum parsen eines Family Records mit HUSB- und WIFE Substructures

Auf diese Weise nimmt würde der Nearley Parser einen Family Record ohne Substructures und einen Family Record mit beliebig vielen Substructures (in diesem Fall HUSB- und WIFE Structures) als Eingabe akzeptieren. Sollen nun die weiteren Lines aus Listing 2.1 ebenfalls in die Grammatik aufgenommen werden, müssen Regeln für die Datentypen der Payloads des MARR-Events und der NCHI-Structure definiert werden. Die Anzahl der Kinder wird als *Integer* Datentyp kodiert, also ein Folge von Dezimalziffern. Nach der Gedcom7 Spezifikation dürfen *Integer* Werte nicht leer sein und führende Nullen sind erlaubt, sollten aber vermieden werden. Eine Regel für den Datentyp *Integer* kann also dargestellt werden als

```

digit    -> [0-9]
Integer  -> digit:+

```

Listing 5.4: Nearley Regel für den Datentyp *Integer*

Für das MARR-Event, also die Hochzeit der Ehepartner der Familie, ist eine *DATE Structure* zum Festhalten des Datums der Hochzeit hinterlegt. Dieses Datum wird mit dem Datentyp *DateValue* kodiert, der im Gegensatz zum *Integer* wesentlich mehr Regeln umfasst. Ein *DateValue* kann auf vier verschiedene Weisen dargestellt sein:

1. *date*: Ein mehr oder weniger genau spezifiziertes Datum, z.B. "JULIAN 13 MAR 1998 BCE"
2. *datePeriod*: Ein Zeitintervall, dass von einem Startdatum bis zu einem Enddatum angegeben wird, z.B. "FROM 15 FEB 2001 TO 23 MAR 2001"

3. *dateRange*: Ein ungenaueres Zeitintervall, bei dem nur Grenzen angegeben werden, z.B. “BET 15 FEB 2001 AND 23 MAR 2001”
4. *dateApprox*: Eine Schätzung des Datums (ABT x: genaues Datum unbekannt, aber nahe x), z.B. “ABT 15 FEB 2001”

Diese Zusammenhänge ergeben die folgenden Nearley Regeln für die Definition des Datentyps *DateValue*:

```

DateValue  -> (date | DatePeriod | dateRange | dateApprox):?

date       -> (calendar D):?
            ((day D):? month D):?
            year
            (D epoch):?

datePeriod -> ("FROM" D date D):? "TO" D date
dateApprox -> ("ABT" | "CAL" | "EST") D date
dateRange  -> "BET" D date D "AND" D date
            | "AFT" D date
            | "BEF" D date

calendar -> "GREGORIAN" | "JULIAN" | "FRENCHLR" | "HEBREW"
day       -> Integer
year      -> Integer
month     -> Tag
epoch     -> "BCE" | Tag

Tag       -> upperCaseLetter | digit | underscore

```

Listing 5.5: Nearley Regel für den Datentyp *DateValue*

Werden all diese Regeln zusammengefasst lässt sich die folgende Grammatik definieren, die den Family Record aus Listing 2.1 als Eingabe akzeptiert:

```

record_FAM_Substructs
  -> "0" %D %Xref %D "FAM" %EOL
    | record_FAM record_FAM_Substructs:+

record_FAM_Substructs
  -> "1" %D "HUSB" %D %Xref %EOL
    | "1" %D "WIFE" %D %Xref %EOL
    | "1" %D "NCHI" %D Integer %EOL
    | structure_MARR

structure_MARR
  -> "1" %D "MARR" %EOL
    | structure_MARR

structure_DATE
  -> "2" %D "DATE" %D DateValue %EOL

```

Listing 5.6: Nearley Grammatik für den Family Record aus Listing 2.1

Mit diesem Vorgehen können Nearley Regeln für alle Datentypen, Structures und Records definiert werden, die zu einer Grammatik für die Syntaxüberprüfung von Gedcom7 Dateien zusammengesetzt werden können.

5.1.2 Nearley Postprozessor

Der Nearley Postprozessor für die Bibliothek *gedcom7.js* enthält 3 Funktionen:

joinAndUnpackAll():

Wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben, überführt ein *Nearley-Parser* jedes Zeichen, das mit einer Regel übereinstimmt, in ein Array. Bei komplexeren Grammatiken wie der Gedcom7 Spezifikation führt dies dazu, dass sehr viele Arrays innereinander verschachtelt werden, sodass schnell hohe Verschachtelungsgrade erreicht werden. Ein Beispiel hierfür wäre der in Abschnitt 5.1.1 definierte Datentyp *DateValue*. Hier würde jeder Bestandteil eines DateValues in ein eigenes Array verschachtelt werden. Wird beispielsweise das Datum

13 MAR 1998 BCE

ohne Postprozessoren verarbeitet, wird das Array

[13, , [MAR, , [1998, , [BCE, ,]]]]

zurückgegeben, dass eine Weiterverarbeitung sehr umständlich macht. Daher wird der Postprozessor `JOINANDUNPACKALL()` implementiert, der über die JavaScript

Funktion *flat()* alle Elemente des Arrays rekursiv verkettet und anschließend über die Funktion *join()* zu einer Zeichenkette zusammenfügt. Wird dieser Postprozessor einem Datentyp wie *DateValue* zugewiesen, wird jedes syntaktisch korrekte Datum als Zeichenkette zurückgegeben und kann so direkt als LineValue für die weitere Verarbeitung verwendet werden. Die in Listing 5.5 definierte Regel würde sich ergeben zu

```
DateValue
-> (date | DatePeriod | dateRange | dateApprox):?
    {% postprocessor.joinAndUnpackAll %}
```

Listing 5.7: Erweiterung der Nearley Regel für den Datentyp *DateValue*

createStructure():

Der Postprozessor `CREATESTRUCTURE()` wird verwendet, um die gelesene Line mit Structure Informationen anzureichern. In der Nearley Regel wird die Line selbst, der Typ und die in der Gedcom7 Spezifikation definierte URI der Line und die Structures bei denen eine Kardinalitätsüberprüfung notwendig ist an den Postprozessor übergeben. Für den in Listing 5.6 Family Record ergibt sich der Postprozessoraufruf wie folgt:

```
record_FAM
-> "0" %D %Xref %D "FAM" %EOL
    {% (line) => postprocessor.createStructure({
        line: line ,
        uri: "g7_record_FAM" ,
        type: "FAMRECORD" ,
        checkCardinalityOf: {
            "1_g7_FAM_HUSB": "0:1" ,
            "1_g7_FAM_WIFE": "0:1" ,
        }
    }) %}
```

Listing 5.8: Nearley Regel zum parsen eines Family Records mit Postprozessor

Im Parameter *checkCardinalityOf* werden die URIs alle Structures angegeben, bei denen eine Kardinalitätsüberprüfung notwendig ist und die in der Gedcom7 Spezifikation definierte Kardinalität als Wert zugewiesen. Kardinalitätsüberprüfungen sind bei allen Substructures erforderlich, die für die Superstructure als notwendig

definiert wurden (1:1 und 1:M) oder für die eine Maximale Anzahl festgelegt ist (also 0:1 und 1:1). In der Funktion `CREATESTRUCTURE()` werden alle Informationen abhängig vom übergebenen Type zusammengefasst und als JavaScript Objekt an den Parser zurückgegeben. Für einen Family Record ergibt sich die Funktion zu:

```
createStructure: (params) => {  
  // create line object depending on type of line  
  let lineObject = {};  
  lineObject = {  
    level: line[0],  
    xref: line[2],  
    tag: line[4],  
    lineVal: '',  
    EOL: line[5]  
  };  
  
  // return data object with structure information  
  return {  
    uri: params.uri,  
    line: lineObject,  
    type: params.type,  
    lineValType: params.lineValType || null,  
    superstructFound: false,  
    substructs: [],  
    checkCardinalityOf: params.checkCardinalityOf  
  };  
}
```

Listing 5.9: Funktion `CREATESTRUCTURE()` für einen Family Record

addSubstructure():

Die zusammengesetzte Regel ergibt sich zu

```

record_FAM
-> "0" %D %Xref %D "FAM" %EOL
{% (line) => postprocessor.createStructure({
    line: line,
    uri: "g7_record_FAM",
    type: "FAMRECORD",
    checkCardinalityOf: {
        "1_g7_FAM_HUSB": "0:1",
        "1_g7_FAM_WIFE": "0:1",
    }
}) %}

```

Listing 5.10: Vollständige Nearley Regel zum parsen eines Family Records mit Substructures

5.2 Grammatik Generator

Der in Abschnitt 4.2 vorgestellte Grammatik Generator wird über die Klasse `GRAMMARGENERATOR`, wie in Abbildung 5.1 dargestellt, implementiert. Über die Klassenmethode `build(path)` kann eine Instanz von `GRAMMARGENERATOR` erstellt werden, der die Gedcom Grammatik an dem mit dem Parameter `path` spezifizierten Pfad erzeugt. Bei der Instanzerzeugung wird im ersten Schritt der Nearley-Header, der in der Nearley Datei `NearleyHeader.ne` spezifiziert ist, eingelesen und als Instanzvariable in Form einer Zeichenkette gespeichert. Dieser Nearley-Header stellt den obersten Eintrag jeder Nearley-Datei dar, die vom `GRAMMARGENERATOR` erzeugt wird und enthält die Include-Statements für Datentypen, Postprozessoren, etc. und den Aufruf des Moo-Lexers. Anschließend werden die Gedcom Grammatik Definition, die in Form von JavaScript Objekten gespeichert sind, gelesen und gespeichert. Anschließend kann diese Gedcom Grammatik Definition mit der Funktion `generateGrammar()` in Nearley-Dateien überführt werden, die dann zu Nearley Parsern kompiliert werden können. In den folgenden Kapitel wird auf diese Schritte im Detail eingegangen.

5.2.1 Definition der Grammatik

Die Definition der Gedcom Grammatik erfolgt in Form von JavaScript Objekten. Für jede Structure, die in der Gedcom7 Spezifikation definiert ist, wird eine Grammatik Definition erstellt. Folgende Parameter sind in diesen Objekten hinterlegt:

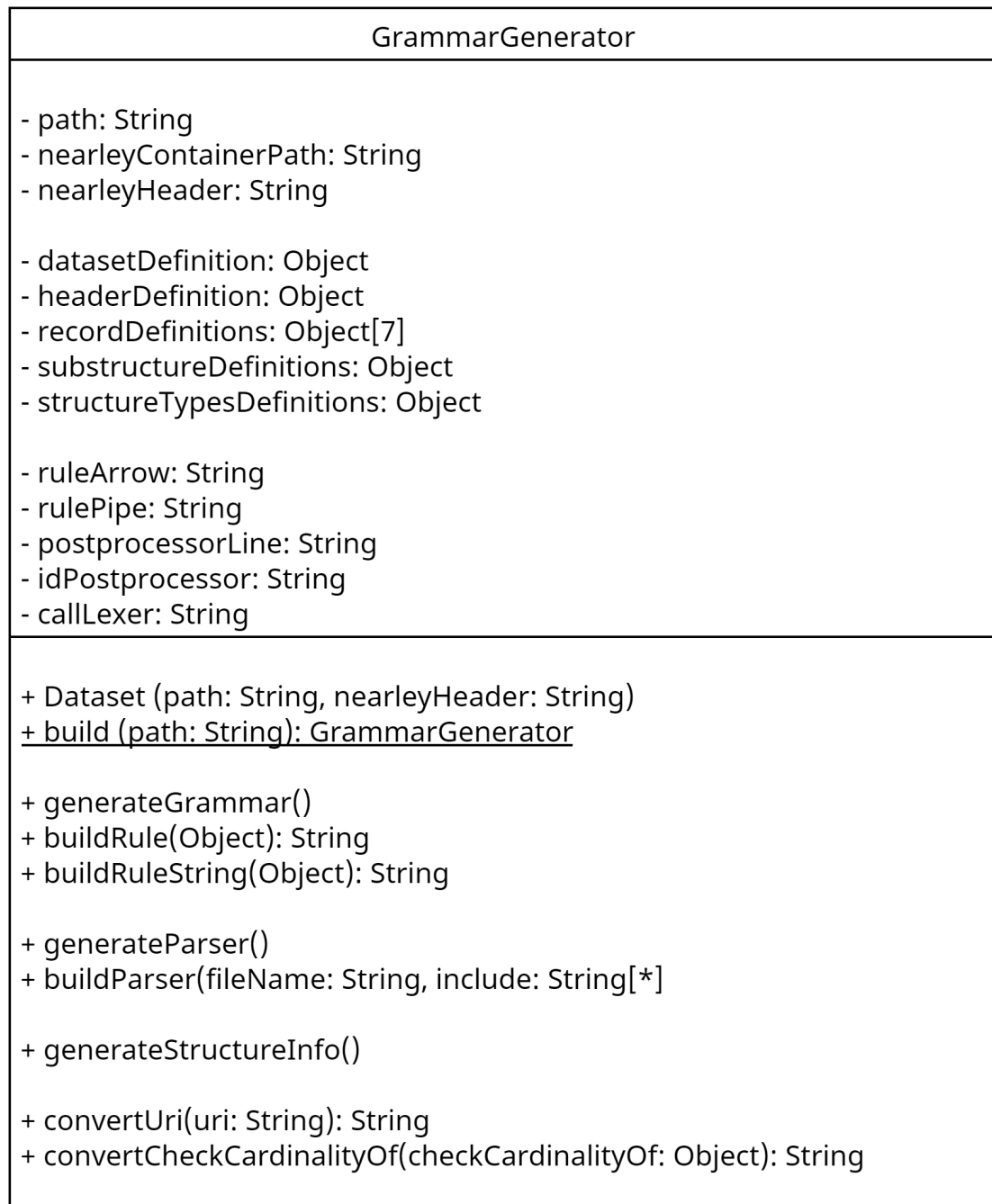


Abbildung 5.1: UML Klassendiagramm GrammarGenerator

URI	Die in der Gedcom7 Spezifikation für diese Structure hinterlegte URI.
lineType	Der Typ der Line einer Structure (hier wird beispielsweise hinterlegt, ob die Structure c
Info	In der Info wird ein Informationstext zu jeder Strucutre hinterlegt. Dieser kann verwen
Level	Die Levels unter denen die Structure in einer Gedcom7 Datei auftauchen kann.
Tag	Der in der Gedcom7 Spezifikation definierte Tag der Structure.
Substructs	Alle Structures, die als Substructure für eine Structure auftauchen können, inkl. der Ka

Die Definition für einen Family Record sieht wie folgt aus. Anders als bei den Beispielen aus Abschnitt 5.1 bei denen nur ein Teil der Substructures betrachtet wurde, handelt es sich hierbei um eine vollständige Definition:

```
{
    uri: 'g7:record-FAM',
    lineType: lineTypes.FAMRECORD,
    info: 'Structure Info coming soon!',
    level: [0],
    tag: 'FAM',
    substructs: {
        'g7:RESN': '0:1',
        FAMILY_ATTRIBUTE_STRUCTURE: '0:M',
        FAMILY_EVENT_STRUCTURE: '0:M',
        NON_EVENT_STRUCTURE: '0:M',
        'g7:FAM-HUSB': '0:1',
        'g7:FAM-WIFE': '0:1',
        'g7:CHIL': '0:M',
        ASSOCIATION_STRUCTURE: '0:M',
        'g7:SUBM': '0:M',
        LDS_SPOUSE_SEALING: '0:M',
        IDENTIFIER_STRUCTURE: '0:M',
        NOTE_STRUCTURE: '0:M',
        SOURCE_CITATION: '0:M',
        MULTIMEDIA_LINK: '0:M',
        CHANGE_DATE: '0:1',
        CREATION_DATE: '0:1'
    }
}
```

Listing 5.11: Grammatik Definition eines Family Records

5.2.2 Grammatikgenerierung mit `generateGrammar()`

5.2.3 Parsergenerierung mit `generateParser()`

5.2.4 Structure Informationen

5.3 Gedcom Struktur

5.3.1 Klasse *Structure*

5.3.2 Klasse *Record*

5.3.3 Klasse *Family*

5.3.4 Klasse *Dataset*

5.4 Gedcom Parser

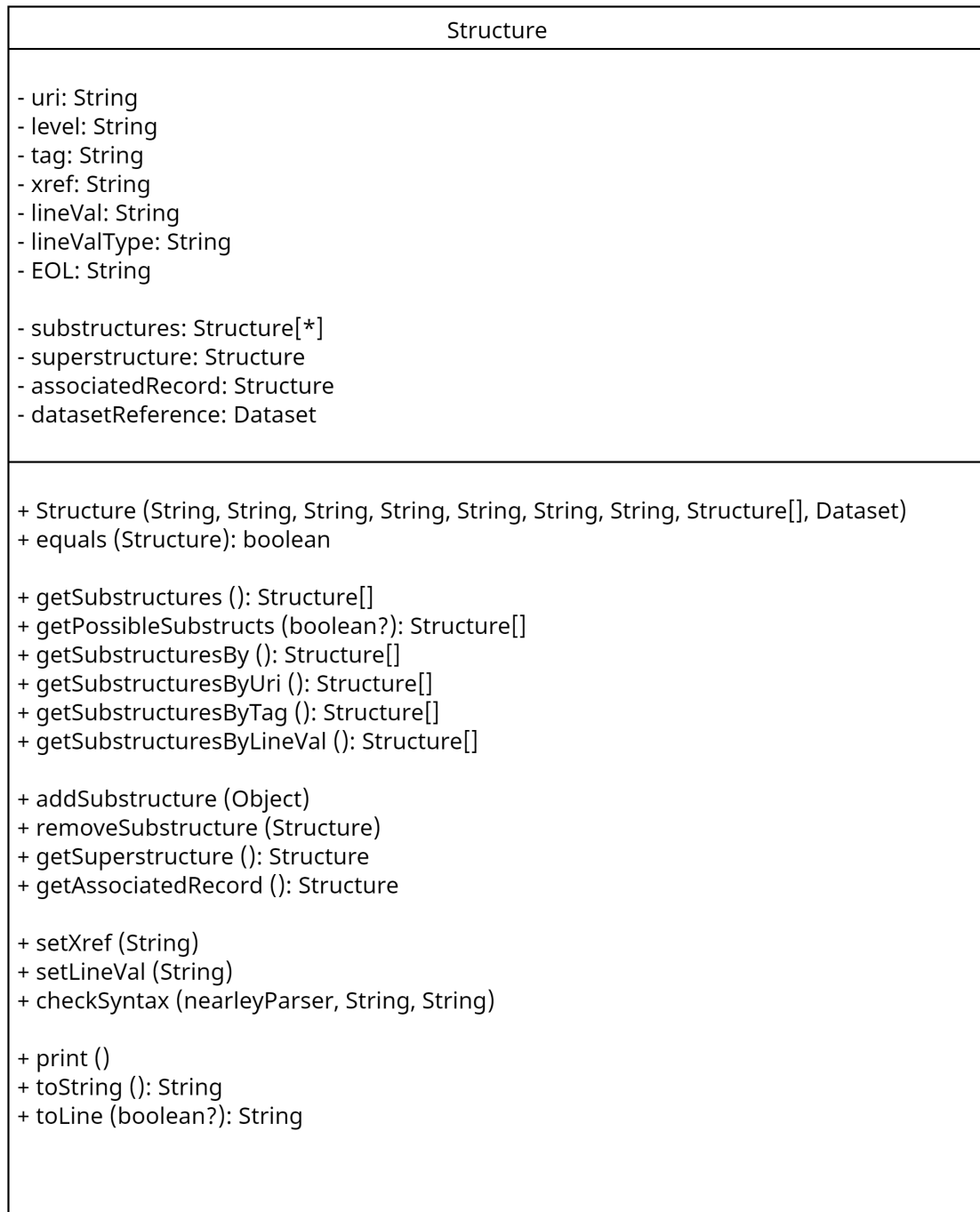


Abbildung 5.2: UML Klassendiagramm Structure

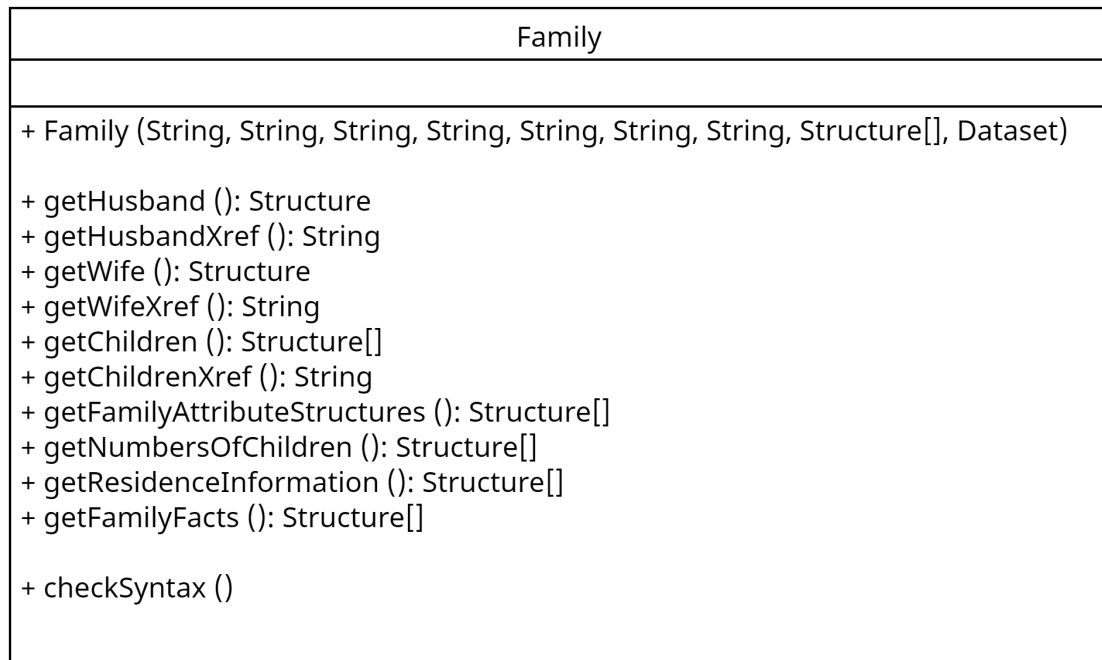


Abbildung 5.3: UML Klassendiagramm Record

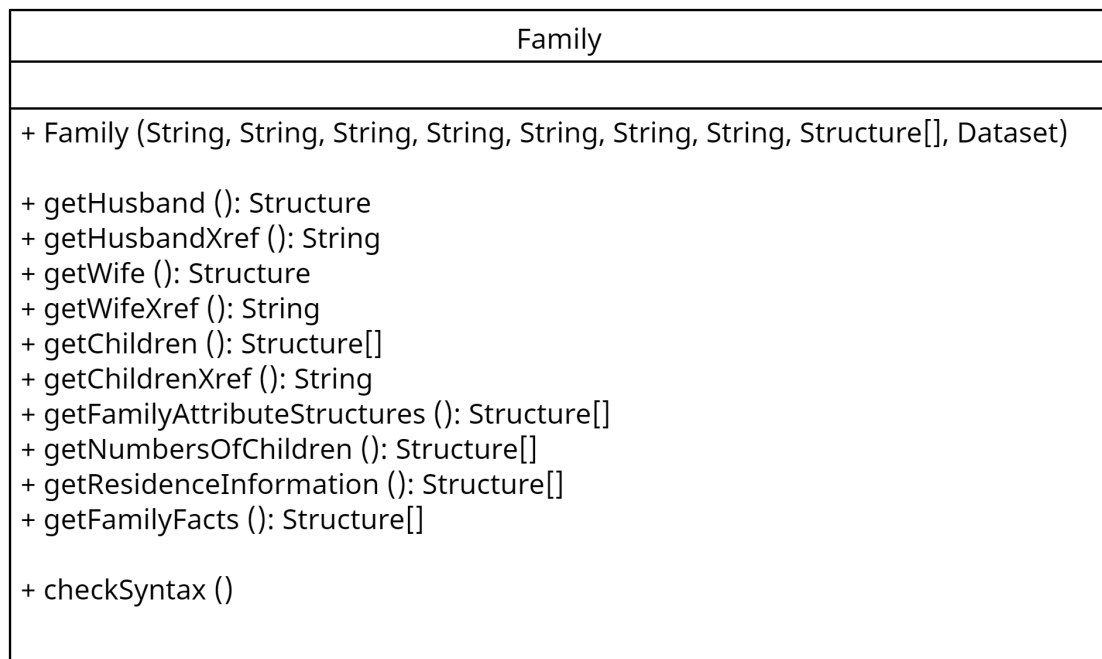


Abbildung 5.4: UML Klassendiagramm Family

Dataset
<ul style="list-style-type: none"> - header: Object - trlr: Object - records: Object[] - xrefMap: Object - substructsWithXrefDatatype: Object - BOM: String - BOMset: boolean - EOL: Object - multipleEOLCharacters: boolean
<ul style="list-style-type: none"> + Dataset (Structure, Structure[], Structure, boolean) + createEmptyDataset (String): Dataset + createStructure (Object, Structure, Structure, boolean): Structure + createStructureFromStructureParameter (Object, String): Structure + addRecord (Object): Structure + removeRecord (Structure, boolean?) + addStructure (Structure, Structure, Structure) + removeStructure (Structure, boolean?) + searchAndRemoveEmptyStructure (Structure) + checkSyntax () + getEOL () + convertUri (String): String + addXrefToXrefMap (Structure) + addSubstructWithXrefDatatype (Structure) + removeSubstructWithXrefDatatype (Structure) + checkForNotDefinedXrefs () + isXrefDefined (String, Structure) + getRecordByXref (String) + getRecrodsByConstructor (Object) + getHeaderRecord (): Structure + getFamilyRecords (): Structure + getIndividualRecords (): Structure + getMultimediaRecords (): Structure + getRepositoryRecords (): Structure + getSharedNoteRecords (): Structure + getSourceRecords (): Structure + getSubmitterRecords (): Structure + toString ()

Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ...

Literaturverzeichnis

- Ahn. AHNENFORSCHUNG: *Genealogie*. Abgerufen am 02.02.2022 von <https://www.ahnenforschung.de/themen/genealogie/>.
- Cha. CHANDRA, KARTIK: *Documentation: nearley.js*. Abgerufen am 10.02.2022 von <https://nearley.js.org/>.
- Fam22. FAMILY HISTORY DEPARTMENT: *The FamilySearch GEDCOM Specification 7.0.11*. The Church of Jesus Christ of Latter-day Saints, 15 East South Temple Street Salt Lake City, UT 84150 US, 7.0.11 Auflage, November 2022.
- Gen. GENEALOGISTS, SOCIETY OF: *Genealogy or Family History*. Abgerufen am 02.02.2022 von <https://www.sog.org.uk/learn/hints-tips/genealogy-or-family-history>.
- Rad. RADVAN, TIM: *Documentation: moo.js*. Abgerufen am 10.02.2022 von <https://github.com/no-context/moo>.

A

Glossar

GEDCOM
URI

GEnealogical Data COMunication
Uniform Resource Identifier

B

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Seminararbeit ohne fremde Hilfe verfasst und nur die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen verwendet habe.

Datum

Unterschrift der Kandidatin/des Kandidaten