

**TRANSFORMATION DES MIKROBIOLOGISCHEN
ELGA-CDA LABORBEFUNDES IN FHIR**

Eine Masterarbeit von
MAXIMILIAN OSSANA

betreut von
DI Dr. Sten Hanke
und eingereicht am
**Studiengang für eHealth
der FH JOANNEUM Graz**

zur teilweisen Erfüllung der Anforderungen
zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science (MSc)

Juni 2021

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich während des Verfassens der Masterarbeit unterstützt haben.

Zuerst gebührt mein Dank Oliver Egger (ahdis ag, HL7 Benutzergruppe Schweiz) für seine maßgeblichen Vorarbeiten auf diesem Gebiet, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Auch für die Zeit und Geduld, meine zahllosen Fragen ausführlich zu beantworten bedanke ich mich.

Ich danke der ELGA GmbH, im speziellen Dr. Stefan Sabutsch sowie Gabriel Kleinoscheg, für ihre tatkräftige und unbürokratische Unterstützung bei inhaltlichen Fragen und Anmerkungen zur Spezifikation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes.

Mein besonderer Dank gilt Maximilian Schöppe (Black Tusk GmbH) für die Möglichkeit der Teilnahme am MISSION-Projekt, seine Unterstützung sowie das mir entgegengebrachte Vertrauen.

Ebenfalls bedanke ich mich bei Herrn DI Dr. Sten Hanke für die Betreuung und Begutachtung meiner Arbeit.

Abstract

The aim of this thesis is the theoretical and practical development of FHIR transformation models of ELGA-CDA microbiological laboratory reports using the FHIR Mapping Language.

Thus, the following research questions are addressed:

In which ways can an ELGA-CDA microbiological laboratory report be transformed into FHIR? What is the FHIR Mapping Language and how does it exactly operate? Which FHIR target structures can be used? How useful is a CDA-FHIR transformation using the FHIR Mapping Language in a real-world scenario? Are there any issues, peculiarities or differences one can expect to encounter? Does the theoretical coverage of the topic, the specification of the microbiological ELGA-CDA laboratory report or the FHIR Mapping Language standard leave any room for improvement? What would be the ramifications of a closer relationship between FHIR and ELGA?

After a state-of-the-art analysis of current transformation methods and technologies, a comprehensive explanation of the FHIR Mapping Language and the gathering of content-related preconditions, an exhaustive and a selective transformation model were developed. Thereafter, the selective transformation model was put into practice using the FHIR Mapping Language. During that process, all relevant steps, files and requests were addressed meticulously in the light of implementation-specific differences.

To reinforce CDA-FHIR transformation process standardization, further theoretical efforts are required. Despite suffering from minor technical teething troubles, the FHIR Mapping Language has a quite high potential for widespread adoption/acceptance. The specification of the ELGA-CDA microbiological laboratory report is largely mature enough for transformation purposes, however structural and contextual differences as well as standard-specific peculiarities of CDA and FHIR have to be taken into consideration. Implications of a distant FHIR incorporation into ELGA would equally affect ethical, social, economical and legal aspects.

Kurzfassung

Ziel dieser Arbeit ist die theoretische und praktische Entwicklung von Modellen zur Transformation des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes in FHIR mithilfe der FHIR Mapping Language.

Dazu behandelt die Arbeit folgende Forschungsfragen:

Welche Möglichkeiten der Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in FHIR bestehen? Was ist die FHIR Mapping Language und wie funktioniert sie? In welche FHIR-Zielstrukturen kann der mikrobiologische ELGA-CDA Laborbefund transformiert werden? Wie praxistauglich ist eine Transformation von CDA-Dokumenten in FHIR mithilfe der FHIR Mapping Language? Welche Probleme, Besonderheiten und Unterschiede müssen dabei beachtet werden? Welches Verbesserungspotenzial besteht bei den theoretischen Arbeiten, bei der Struktur des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes sowie bei der FHIR Mapping Language? Welche Auswirkungen hätte eine tiefere Integration von FHIR in ELGA?

Ausgehend von einer Analyse des aktuellen Standes der Technik, einer ausführlichen Beschreibung der FHIR Mapping Language und der Erhebung der inhaltlichen Voraussetzungen wurde ein erschöpfendes und ein selektives Transformationsmodell erarbeitet.

Anschließend wurde das selektive Transformationsmodell mithilfe der FHIR Mapping Language praktisch umgesetzt. Dabei wurden alle notwendigen Schritte, Dateien und Serveranfragen transformationsserverspezifisch im Detail behandelt.

Zur Standardisierung des CDA-FHIR Transformationsprozesses sind weitere Arbeiten auf theoretischer Ebene nötig. Die FHIR Mapping Language weist einige „Kinderkrankheiten“ auf, besitzt jedoch ein hohes Durchsetzungspotenzial. Der ELGA-CDA mikrobiologische Laborbefund stellt sich im Wesentlichen als ausgereift dar, diverse Besonderheiten von und Unterschiede zwischen CDA und FHIR müssen beachtet werden. Eine Integration von FHIR in ELGA steht noch in weiter Ferne, die Auswirkungen betreffen ethische, gesellschaftliche, ökonomische und rechtliche Aspekte.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	ii
Abstract	iii
Kurzfassung	iv
Abbildungsverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	x
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemstellung	2
1.3 Zielsetzung	2
1.4 Fragestellungen	3
1.5 Vorgangsweise	4
1.6 Aufbau	5
2 Stand der Technik	7
2.1 Transformationsmodelle	7
2.1.1 XSLT-basiertes Transformationsmodell	7
2.1.2 Archetyp-basiertes Transformationsmodell	9
2.1.3 JSON-basiertes Transformationsmodell	11
2.1.4 Klassenstruktur-basiertes Transformationsmodell	12
2.1.5 Template-basiertes Transformationsmodell	13
2.2 Java-basiertes Transformationsmodell	14
3 FHIR Mapping Language	16
3.1 Gründe für die Entwicklung	16
3.2 Vorstellung	17

3.3	Bestandteile und Funktionsweise	17
3.3.1	Informationen über alle Input- und Output-Strukturen	18
3.3.2	Transformation der verwendeten Terminologien	19
3.3.3	Mapping-Engine	20
3.3.4	Mapping-Skript	22
3.3.4.1	Metadaten zum Mapping-Skript	23
3.3.4.2	Eingebettete ConceptMaps	23
3.3.4.3	Referenzen auf Ressourcen/Strukturen	23
3.3.4.4	Weitere eingebundene Mapping-Skripte	24
3.3.4.5	Gruppen mit Listen von Input-Variablen	24
3.3.4.6	Transformationsregeln	25
3.4	Vor- und Nachteile	26
4	Methodik	29
5	Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in FHIR	31
5.1	Vorarbeiten der Transformation	32
5.1.1	FHIR-Server	32
5.1.1.1	Rollen des FHIR-Servers	32
5.1.1.2	Matchbox	33
5.1.1.3	Firely Server	34
5.1.2	Transformationsumfang	35
5.1.2.1	Erschöpfende Transformation	35
5.1.2.2	Anwendungsfallbezogene/selektive Transformation	37
5.2	Erschöpfendes Transformationsmodell	42
5.2.1	CDA Header	43
5.2.1.1	Auftragserfassung	43
5.2.2	CDA Body	43
5.2.2.1	Überweisungsgrund	43
5.2.2.2	Angeforderte Untersuchungen	53
5.2.2.3	Probeninformation	56
5.2.2.4	„Laboratory Specialty Sections“	59
5.2.2.5	Befundbewertung	69
5.2.2.6	Beilagen	70
5.2.2.7	Abschließende Bemerkung	71

5.3	Selektives Transformationsmodell	71
5.3.1	CDA Header	72
5.3.1.1	Dokumenten-ID	72
5.3.1.2	Dokumententyp	72
5.3.1.3	Terminologie-Datum	73
5.3.1.4	Formatcode	73
5.3.1.5	fachliche Dokumentenzuordnung	74
5.3.1.6	Dokumentenset-ID	74
5.3.1.7	Patient	74
5.3.1.8	Autor	76
5.3.1.9	Auftraggeber	77
5.3.2	CDA Body	77
5.3.2.1	Probeninformation	77
5.3.2.2	Überweisungsgrund	78
5.3.2.3	Laborergebnisse	78
5.3.2.4	Befundbewertung	82
6	Praktische Umsetzung der Transformation	83
6.1	Transformationsvorbereitung	84
6.1.1	Logisches Modell von CDA für FHIR	85
6.1.1.1	Matchbox	85
6.1.1.2	Firely Server	85
6.1.2	Terminologien	85
6.1.2.1	Matchbox	85
6.1.2.2	Firely Server	86
6.1.3	Mapping-Skripte	89
6.1.3.1	Matchbox	89
6.1.3.2	Firely Server	97
6.2	Transformationsdurchführung	97
6.2.1	Matchbox	101
6.2.2	Firely Server	101
6.3	Transformationsergebnis	102
7	Diskussion	111
7.1	Zusammenfassung	111
7.1.1	Besonderheiten FHIR Mapping Language	112
7.1.2	Unterschiede CDA - FHIR	114

7.2 Ausblick	118
Literaturquellen	121
Onlinequellen	123

Abbildungsverzeichnis

2.1	FHIR „Questionnaire“-Ressource und „CancerQuestionnaire“-Archetyp (vgl. Bosca u. a., 2015, S. 182).	10
3.1	Transformationsablauf FHIR Mapping Language (Procious u. a., 2020, Web Services).	18
6.1	REST POST-Request zur Übermittlung einer ConceptMap-Ressource an Firely Server. Quelle: Selbst erstellt	88
6.2	REST POST-Request zur Übermittlung des „CDA2FHIRDiagnosticReport“-Skriptes an Matchbox. Quelle: Selbst erstellt	96
6.3	REST POST-Request zur Übermittlung des „CDAFHIRDiagnosticReport“-Skriptes an Firely Server. Quelle: Selbst erstellt	97
6.4	REST POST-Request zur Transformationsausführung an Matchbox. Quelle: Selbst erstellt	101
6.5	REST POST-Request zur Transformationsausführung an Firely Server. Quelle: Selbst erstellt	102
6.6	Übersicht über erstellte FHIR-Ressourcenstruktur (selektives Transformationsmodell). Quelle: Selbst erstellt	103
6.7	REST POST-Request an Firely Server zur Validierung des Transformationsresultates. Quelle: Selbst erstellt	110

Abkürzungsverzeichnis

ELGA	Elektronische Gesundheitsakte (Österreich)
EPR	Electronic Patient Record (elektronisches Patientendossier, Schweiz)
EIS	ELGA Interoperabilitätsstufe
bPK	bereichsspezifisches Personenkennzeichen (Österreich)
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise (Standardisierungsinitiative für Daten im Gesundheitswesen)
HL7	Health Level Seven (Standardisierungsorganisation)
RIM	HL7 Reference Information Model (Domänenmodell)
HL7 v2	HL7 Standard Version 2.x
HL7 v3	HL7 Standard Version 3.x
CDA R2.0/2.1	HL7 Clinical Document Architecture, Release 2.0/2.1
ELGA-CDA	ELGA-spezifische Version von HL7 CDA
C-CDA	HL7 Consolidated-CDA (USA)
C-CDA CCD	HL7 C-CDA Continuity of Care Document (USA)
CDA ED	HL7 CDA Encapsulated Data (Datentyp)
FHIR	HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (HL7 Standard, auch als HL7 v4 bezeichnet)
FHIR DSTU (2/3)	HL7 FHIR Draft Standard for Trial Use (2/3)
FHIR R4	HL7 FHIR Release 4

API	Application Programming Interface (Programmierschnittstelle)
HAPI(-FHIR)	Open-Source API und Server für FHIR
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protokoll zur Datenübertragung)
REST	Representational State Transfer (Architekturparadigma)
URL	Uniform Resource Locator
OID	Object Identifier
UUID	Universally Unique Identifier
JAR	Java Archive (kompilierte Java-Klassenbibliothek)
JSON	JavaScript Object Notation (Datenformat)
CSV	Comma-separated values (Datenformat)
VCF	Virtual Contact File (Datenformat)
PDF	Portable Document Format (Datenformat)
XML	Extensible Markup Language (Datenformat, erweiterbare Auszeichnungssprache)
HTML	Hypertext Markup Language (Datenformat, textbasierte Auszeichnungssprache)
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language (Kombination von HTML und XML)
DOM	Document Object Model (Programmierschnittstelle zur Baumdarstellung eines (X)HTML/XML-Dokuments)
XPath	XML Path Language (XML-Auswertungssprache)
XQuery	XML Query Language (Abfragesprache für XML-Datenbanken)
FHIRPath	XPath-ähnliche FHIR-Auswertungssprache
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation (Transformationssprache für XML-Dokumente)

CLI	Command Line Interface (Terminal/Kommandozeile zur Benutzerinteraktion)
OMG	Object Management Group (Standardisierungskonsortium)
MOF	OMG Meta Object Facility (Metadaten-Architektur)
QVT	OMG MOF Query View Transformation (Programmiersprache für MOF-Modelltransformationen)
MDMI	OMG Model Driven Message Interoperability (Programmiersprache für Nachrichtentransformationen)
SNOMED-CT	Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms (Terminologie)
LOINC	Logical Observation Identifiers Names and Codes (Terminologie)
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems - Revision 10 (Terminologie)
ICPC-2	International Classification of Primary Care, Second Edition (Terminologie)
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health (Terminologie)
.NET	Softwareframework von Microsoft
AKH	Allgemeines Krankenhaus der Stadt Wien (Universitätsklinikum)
KBE	Koloniebildende Einheit
CFU	Colony forming unit (KBE)
IETF	Internet Engineering Task Force (Standardisierungsorganisation)
BCP 13	IETF Best Current Practice Code Set 13 (Medientypen)
ISO	Internationale Organisation für Normung
ISO 3166	ISO 3166 Kodierliste (Ländercodes)

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Der mikrobiologische Laborbefund ist ein Befundtyp der österreichischen elektronischen Gesundheitsakte (ELGA) zur Verarbeitung von mikrobiologischen Laboruntersuchungen. Zur Sicherstellung der Interoperabilität ist dieser - wie alle in ELGA gespeicherten Dokumente - im HL7 CDA R2-Standard codiert. Dies ermöglicht die Abbildung einer Vielzahl von Informationen in feinsten Granularität. Die starke Dokumentenbezogenheit sowie die komplexe Struktur des CDA-Standards erweisen sich jedoch in Hinblick auf die Analyse und Verarbeitung der Befunddaten als zu unflexibel. Daher wurde der neue FHIR-Standard der HL7 geschaffen: medizinische Informationen auf atomare, benutzerfreundliche Art und Weise abzubilden und gleichzeitig den strukturellen Overhead, der unter anderem zum Scheitern von HL7 v3 geführt hat, möglichst zu minimieren (vgl. Benson und Grieve, 2016, S. 329–331) (vgl. Meredith, 2017).

So eignet sich FHIR besonders für den Einsatz auf mobilen Geräten, da die Verwendung komplexerer Standards hinsichtlich deren beschränkter Rechenleistung und Anzeigeflächen wenig Sinn ergibt (vgl. Ossana, 2019, S. 48). Der schlankere Standard wirkt sich zudem positiv auf die Datenübertragungsgeschwindigkeit aus. Damit ist FHIR eine gute Alternative zum älteren CDA-Standard, dessen Umfang und Komplexität insbesondere bei größeren Datenmengen die Verarbeitungszeit sowie die Latenz erheblich vergrößern (vgl. Spears, 2017).

Die Vorteile des neuen FHIR Standards sollen auch im „Mission“-Projekt genutzt werden. Dieses wurde mit dem Ziel, komplexe mikrobiologische Laborbefunde für nicht-facheinschlägiges medizinisches Personal verständlich aufzubereiten, ins Leben gerufen. Projekt-

partner sind die medizinische Universität Wien, FH Joanneum, Medifina Medizinprodukte-Vertriebs GmbH, ID GmbH & Co. KGaA und die Gesellschaft für medizinische Computersysteme mbH. In unterstützender Funktion sind die Black Tusk GmbH als Entwickler des Backends für Medifina Medizinprodukte-Vertriebs GmbH sowie Herr Dr. Stefan Sabutsch, Geschäftsführer der ELGA GmbH, am Projekt beteiligt. Die Laborbefunde der mikrobiologischen Abteilung der medizinischen Universität Wien werden aus Interoperabilitätsgründen im ELGA-CDA Format zur Verfügung gestellt. Daher ist eine FHIR-Transformation erforderlich. Diese soll in vorliegender Arbeit sowohl theoretisch als auch praktisch umgesetzt werden.

1.2 Problemstellung

Sowohl HL7 CDA (vgl. Health Level Seven International, 2021e) als auch HL7 FHIR (vgl. Health Level Seven International, 2019v) basieren auf dem HL7 RIM (Reference Information Model) (vgl. Health Level Seven International, 2019ar) und sind grundsätzlich interoperabel (vgl. Ossana, 2019). Dennoch unterscheiden sie sich hinsichtlich Aufbau, Struktur, verwendeter Codes und enthaltener Informationen fundamental.

Die zu entwickelnde Transformation muss daher sowohl die standardspezifischen Unterschiede berücksichtigen als auch die Anforderungen des Projekts: Dazu zählen ausreichende Genauigkeit der Transformation, Vermeidung wesentlicher Informationsverluste und -verfälschungen, praktische Anwendbarkeit der Transformation hinsichtlich Rechenleistung, Speicherkapazität und benötigter Transformationszeit sowie möglichst einfache Implementierung und Umsetzbarkeit.

1.3 Zielsetzung

Primäres Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer praktischen, möglichst umfassenden Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in FHIR. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen beitragen, die Spezifikation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes zu verbessern und damit indirekt die Digitalisierung des österreichischen Gesundheitssystems voranzutreiben.

Bereits die Bachelorarbeit des Autors beschäftigte sich mit der Umsetzbarkeit einer Transformation des allgemeinen Laborbefundes von CDA in FHIR. Darin wurde die grundsätz-

liche Möglichkeit einer derartigen Transformation auf theoretischer Ebene dargestellt (vgl. Ossana, 2019). Darauf aufbauend setzt sich die vorliegende Masterarbeit mit einer weiterführenden Umsetzung der Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in theoretischer und praktischer Hinsicht auseinander.

Dabei eröffnet die Anwendung der FHIR Mapping Language die Möglichkeit, diese relativ neue Transformationstechnik anhand eines umfangreichen Transformationsvorhabens ausführlich auf ihre Praxistauglichkeit zu testen. Es soll überprüft werden, inwiefern diese den Transformationsprozess erleichtert und wo derzeit die Grenzen der Anwendbarkeit liegen.

Zusätzlich bietet die Transformation eine gute Gelegenheit, die derzeit nur in Entwürfen vorhandene ELGA-CDA Spezifikation des mikrobiologischen Laborbefundes auf ihre Praxistauglichkeit zu untersuchen. Dies kommt auch der ELGA GmbH zugute, da aufgedeckte Schwachstellen und Interoperabilitätsprobleme bereits in einem frühen Entwicklungsstadium des Standards behoben werden können. Damit trägt die Arbeit zu einer Verbesserung der aktuellen FHIR-Kompatibilität bei.

1.4 Fragestellungen

Der erste Teil dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie der mikrobiologische ELGA-CDA Laborbefund in FHIR transformiert wird und welche Transformationsmöglichkeiten dafür zur Verfügung stehen. Dazu gehört die Beantwortung der Frage nach dem aktuellen Stand der Technik und bestehender Transformationsmodelle sowie deren Vor- und Nachteile. Auch mit der Struktur, der Funktionsweise und den Vor- und Nachteilen der FHIR Mapping Language setzt sich dieser Teil auseinander. Zuletzt beschäftigt sich dieser Teil mit der Frage, welche Voraussetzungen zur Transformation benötigt werden. Das betrifft einerseits Anforderungen an den FHIR-Server hinsichtlich unterstützter Funktionen und verwendeter Ressourcen/Terminologien, als auch die Festlegung des Transformationsumfangs, welcher für das Erstellen des Transformationsmodells von entscheidender Bedeutung ist.

Im zweiten Teil der Arbeit folgen Antworten auf die Fragen, wie eine Transformation konkret aussehen und umgesetzt werden kann. Dazu werden zwei unterschiedliche Transformationsmodelle erarbeitet, welche sich hinsichtlich ihres Umfangs als auch der verwendeten FHIR-Ressourcen unterscheiden. Es wird insbesondere darauf geachtet, die einzelnen Transformationsschritte möglichst nachvollziehbar zu beschreiben sowie Lösungen

für eventuell auftretende Probleme zu finden. Die praktische Umsetzung beantwortet die Fragen der Praxistauglichkeit sowie des Ablaufs einer Transformation von CDA-Daten in FHIR mithilfe der FHIR Mapping Language.

Der letzte Teil der Arbeit gibt Antworten auf Fragen nach aufgetretenen Transformationsproblemen, deren Lösungen sowie gewonnene Erkenntnisse. Außerdem wird geklärt, ob und in welchem Umfang Verbesserungsmöglichkeiten bestehender Arbeiten zur CDA-FHIR Transformation, zum mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefund und zur FHIR Mapping Language bestehen. Dabei werden Besonderheiten der FHIR Mapping Language sowie wesentliche Unterschiede zwischen CDA und FHIR abgehandelt. Die Arbeit schließt mit einem Blick auf die mögliche Entwicklung des Transformationsprojektes. Dabei setzt sich der Autor vor allem mit dem künftigen Einsatz von FHIR in Österreich beziehungsweise in ELGA auseinander.

1.5 Vorgangsweise

Der erste Teil der Arbeit besteht aus einer Literaturrecherche und befasst sich mit dem derzeitigen Wissensstand zur Transformation von CDA-Dokumenten in FHIR sowie der FHIR Mapping Language. Zunächst wird in der Literatur und online nach verfügbaren Informationen über Transformationstechniken, -modelle und deren Vor- und Nachteile recherchiert. Diese Informationen werden exzerpiert und zusammengefasst, was dem Leser und der Leserin einen umfassenden Überblick über derzeit bestehende Transformationsmöglichkeiten gewährt.

In Hinblick auf die spätere praktische Umsetzung folgt eine umfangreiche Beschreibung der FHIR Mapping Language. Neben dem Aufbau und der Struktur werden ebenso die Bestandteile und deren Interaktion, die Funktionsweise sowie die Stärken und Schwächen dieser Transformationstechnik im Allgemeinen behandelt. Gemeinsam mit der Aufbereitung entsprechender Literatur- und Onlinequellen fließen auch die praktischen Erfahrungen des Autors in diesen Teil der Arbeit ein.

Der zweite Teil der Arbeit behandelt die neu erarbeitete praktische Umsetzung der Transformation. Dazu zählt neben einer Behandlung der notwendigen Vorarbeiten, welche aus der Wahl eines geeigneten FHIR-Transformationservers und der Festlegung des Transformationsumfanges bestehen, auch die theoretische Erarbeitung zweier Transformationsmodelle. Dies ist aufgrund unterschiedlicher Möglichkeiten hinsichtlich des Transformationsumfanges erforderlich. Dabei werden auch die von der HL7 Österreich entwickelten

FHIR-Profile für das österreichische Gesundheitswesen miteinbezogen (vgl. HL7 Austria, 2020a).

Im Anschluss wird das selektive Transformationsmodell praktisch umgesetzt und die Vorgangsweise im Detail beschrieben. Dazu gehören eine Erklärung der erstellten Terminologie- und Strukturtransformationen sowie die Präsentation der benötigten REST POST-Requests. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird jedoch nicht der gesamte Transformationsprozess behandelt, sondern ausschließlich jener des im CDA-Ausgangsdokument enthaltenen Bereiches „Kultureller Erregernachweis“, welcher in Version 3.0.0 des mikrobiologischen Laborbefundes auch das Antibiotogramm enthalten wird. Letztlich wird die erzeugte FHIR-Ressourcenstruktur mithilfe der zuvor erstellten FHIR-Profile validiert, um ihre Gültigkeit und Validität unter Beweis zu stellen.

1.6 Aufbau

Um dem Leser und der Leserin einen schnellen Einstieg in das Thema zu ermöglichen, wird im zweiten Kapitel der Fokus auf den aktuellen Stand der Transformationstechnik gelegt. Basierend auf wissenschaftlichen Arbeiten und Projekten zur Transformation von CDA-Daten in FHIR wird dargestellt, inwieweit dabei gewonnene Erkenntnisse für die Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes relevant sind. Der Inhalt dieses Kapitels setzt sich nicht nur mit österreichischen ELGA-CDA Dokumenten auseinander, sondern enthält auch Transformationen anderer CDA-Versionen, wie etwa des amerikanischen C-CDA Standards. Es wird dabei ebenfalls auf die Transformation des allgemeinen ELGA-CDA Laborbefundes eingegangen, welche in der Bachelorarbeit des Autors behandelt wurde.

Im dritten Kapitel folgt eine Einführung in die relativ neue FHIR Mapping Language. Diese umfasst eine Erklärung der Entwicklungsgründe, des grundsätzlichen Zwecks, der Bestandteile, der Funktionsweise sowie der Vor- und Nachteile dieser Transformationsmethode.

Das vierte Kapitel beschreibt die Vorgangsweise, welche der Autor zur Lösung der Problemstellung gewählt hat. Es gibt einen grundsätzlichen Überblick über die vorherigen und nachfolgenden Teile der Arbeit und dient primär zur Beschreibung und Abgrenzung der Eigenleistung des Verfassers.

Im fünften Kapitel werden zum einen die notwendigen Vorarbeiten einer Transformation mithilfe der FHIR Mapping Language ausführlich beschrieben sowie zwei Transformationsmodelle erarbeitet. Zu den Vorarbeiten zählen neben der Wahl des FHIR-Servers und der Festlegung von dessen Rollen und Aufgabengebieten, etwa das Validieren (Validierungsserver), Transformieren (Mappingserver) oder Speichern (Konformanzserver, Terminologieserver, Zielserver) von FHIR-Ressourcen auch die Bestimmung des Transformationsumfanges. Von Letzterem leiten sich das zu wählende Transformationsmodell sowie in weiterer Folge die benötigten Ressourcen und Terminologie-Transformationen ab. Zuletzt folgt die theoretische Erarbeitung des erschöpfenden und selektiven Transformationsmodells. In beiden Fällen werden die zu transformierenden Elemente des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes erläutert und zu jedem Element auf Template-Ebene das entsprechende FHIR-Pendant ermittelt. Anschließend wird die Transformation schrittweise erklärt. Bei Auftreten von Problemen, etwa Bedeutungsabweichungen oder -verlusten, wird eine mögliche Lösung diskutiert.

Im sechsten Kapitel wird auf die praktische Umsetzung des Transformationsmodells eingegangen. Das Kapitel beschränkt sich der Übersichtlichkeit halber ausschließlich auf das selektive Transformationsmodell. Am Ende dieses Teils steht eine FHIR-Ressourcenstruktur, die sämtliche verwendete Ressourcen und ihre Beziehungen zueinander enthält. Darauf basierend wird eine Reihe an FHIR-Profilen erstellt, die zur späteren Validierung des praktischen Transformationsergebnisses herangezogen werden und als Ausgangspunkt für weitere FHIR-Transformationen der ELGA dienen könnten.

Im siebten und letzten Kapitel werden die im Zuge der Arbeit gesammelten Erkenntnisse und Lösungen zusammengefasst und diskutiert. Es werden Besonderheiten und potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten der FHIR Mapping Language sowie des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes aufgezeigt, die im Zuge der Erstellung der Transformation identifiziert wurden. Weiters wird erläutert, inwiefern die erarbeitete Transformation künftig dazu beitragen kann, die Digitalisierung des österreichischen Gesundheitssystems voranzubringen und welche Rolle FHIR dabei einnehmen könnte.

Kapitel 2

Stand der Technik

In den letzten Jahren wurden diverse Transformationstechniken und -modelle entwickelt, um CDA-Daten in FHIR transformieren zu können. Der folgende Abschnitt gibt dem Leser und der Leserin eine Übersicht über die wichtigsten Arbeiten und Projekte samt deren gegenwärtigen Entwicklungsstand. Aufgrund des geringen Publizierungsgrades zu diesem Thema und der kurzen zeitlichen Distanz zur im Jahr 2019 verfassten Bachelorarbeit des Autors entspricht der Inhalt dieses Kapitels im Wesentlichen einer Zusammenfassung des gleichnamigen Kapitels der Bachelorarbeit (vgl. Ossana, 2019), jedoch mit anderem Fokus. Sollte die Bachelorarbeit einen allgemeinen Überblick über die aktuellen Transformationsmöglichkeiten und deren Funktionsweise geben, wird hier nur auf die für die konkrete Arbeit relevanten Informationen eingegangen.

2.1 Transformationsmodelle

2.1.1 XSLT-basiertes Transformationsmodell

Das von Mercorella, Ciampi et al. (vgl. Mercorella u. a., 2016) entwickelte Transformationsmodell dient zur FHIR-Abbildung des italienischen „Patient Summary“ CDA-Dokumentes, welches vom amerikanischen „Continuity of Care Document“ (CCD) inspiriert ist. Das Dokument enthält unter anderem auch einen Abschnitt mit Laborergebnissen. Das Konzept besteht aus vier Teilen:

- Ein Interface, welches zur Auswahl der zu transformierenden klinischen Informationen sowie zur Darstellung der von der Erstellungskomponente erhaltenen FHIR-Ressourcen dient (vgl. ebd., 600, A).

- Eine Mapping-Komponente, die zur Herstellung von Verbindungen zwischen jedem CDA-Element und seinem Pendant in FHIR dient. Ähnlich wie bei der FHIR Mapping Language und den StructureDefinition-Ressourcen muss die Struktur des Quell- und Zieldokumentes zuvor modelliert werden. Die Komponente stellt dazu verschiedene Konzepte wie Allergien, Medikamente, Vitaldaten oder Pflegepläne zur Verfügung, die bausteinartig kombiniert werden können. Im Anschluss können Referenzen zwischen den Elementen der einzelnen Standards hergestellt werden. Die Autoren schlagen Mapping-Schemen vor, um CDA-Sektionen einheitlich in FHIR-Ressourcen abbilden zu können. Die Mapping-Komponente erhält ihre CDA-Daten von der Extraktionskomponente, findet mithilfe der Schemen die entsprechenden FHIR-Repräsentationen und instanziiert diese. Die so erzeugten FHIR-Objekte werden an die Extraktionskomponente zurückgegeben (vgl. Mercorella u. a., 2016, 600, B).
- Eine Extraktionskomponente zum Detektieren der benötigten Informationen im CDA-Dokument. Dies geschieht durch die Identifizierung des LOINC-Codes, mit dem die gesuchte CDA-Sektion gekennzeichnet ist. Die Informationen werden im Anschluss mithilfe von XPath extrahiert und an die Mapping-Komponente übergeben. Die von der Mapping-Komponente erhaltenen FHIR-Objekte dienen als Input für die Erstellungskomponente (vgl. ebd., S. 600, C).
- Eine Erstellungskomponente zum Ausführen der Transformation. Die auf einer Reihe von XSLT-Funktionen aufgebaute Komponente retourniert eine Antwort in Form einer FHIR-Ressource an das Interface, welches eine Zusammenfassung der Ressource in menschenlesbarer Form darstellt (vgl. ebd., S. 600, D).

Durch die Verwendung von XSLT zur Datentransformation wird auf eine altbewährte und ausgereifte Technologie zurückgegriffen, die jedoch nicht ohne Nachteile auskommt. In XSLT können keine (Basis-)Strukturen für In- und Output hinterlegt werden, wie es etwa beim Archetyp- oder FHIR Mapping Language-basierten Modell der Fall ist. Dieser Aspekt bietet dem Entwickler zwar die größtmögliche Freiheit aller Transformationsmethoden, für eine standardkonforme Transformation bedeutet es jedoch einen erheblichen Mehraufwand. Der Entwickler selbst ist für die FHIR-Konformität des gesamten transformierten Dokumentes verantwortlich, vom Namen eines Elementes über dessen Position und Kardinalität bis zu dessen Inhalt. Zusätzlich ist eine Validierungsmethode erforderlich, um die Gültigkeit des erstellten Dokumentes überprüfen zu können.

Weiters bleibt ungeklärt, ob und wie eventuell erforderliche Terminologie-Transformatio-

nen durchgeführt werden. XSLT wurde primär zur Transformation von reinem Text entwickelt. Folglich würde sich die Definition von unterschiedlichen Terminologien sowie ihrer Entsprechungen aufwändig und schwierig gestalten.

Seit der Veröffentlichung 2016 lassen sich keine weiteren Informationen über das Projekt oder eventuelle Folgeprojekte finden. (Stand: 05/2021) Es muss daher angenommen werden, dass es sich um ein reines Pilotprojekt ohne praktische Anwendung handelt.

Aufgrund der dargestellten Schwachpunkte und Unklarheiten wurde das XSLT-basierte Transformationsmodell für den konkreten Anwendungsfall als nicht geeignet befunden.

2.1.2 Archetyp-basiertes Transformationsmodell

Bosca, Moner et al. (vgl. Bosca u. a., 2015) beschreiben ein Referenzmodell von FHIR mittels Archetypen, welches sich auch zur Transformation von anderen Standards in FHIR einsetzen lässt. Dazu wird das FHIR „Ecore“-Modell iterativ in selbst erstellte Referenzmodell-Archetypen überführt, die exhaustive Definitionen der Klassen darstellen. Die Archetypen enthalten sämtliche im „Ecore“-Modell enthaltenen Typen und bilden somit das vollständige FHIR-Referenzmodell ab. Jedes Element referenziert auf sein entsprechendes Pendant im „Ecore“-Modell, bei abgeleiteten Typen wird eine eigene Referenz pro Subtyp erstellt. Eine Speicherplatzverringerung findet durch das Ersetzen jeder weiteren Verwendung eines Typs durch eine Referenz auf das erstmalige Vorkommen statt (vgl. ebd., S. 181–182).

Nach Einbindung des FHIR-Referenzmodells in den „LinkEHR“-Editor (vgl. Maldonado u. a., 2009), welcher Bestandteil der „LinkEHR“-Interoperabilitätsplattform ist, können darauf aufbauend die Archetypen generiert werden. In Abbildung 2.1 sind eine FHIR „Questionnaire“-Ressource sowie der daraus erzeugte „CancerQuestionnaire“-Archetyp zu sehen, welcher als Beispiel angeführt wird:

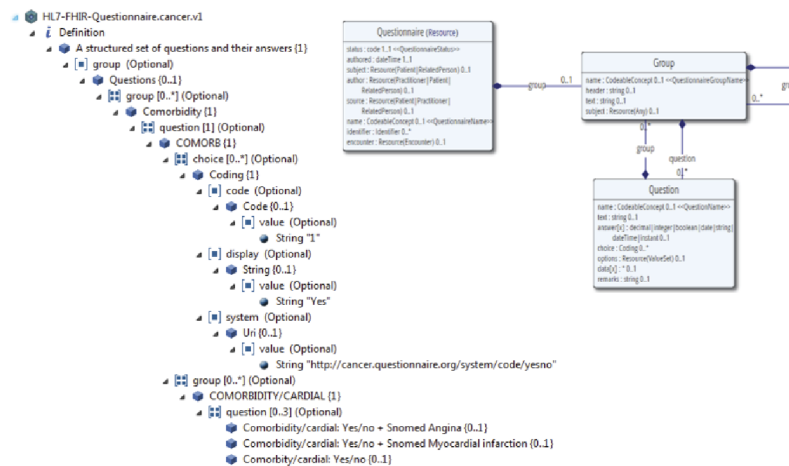


Abbildung 2.1: FHIR „Questionnaire“-Ressource und „CancerQuestionnaire“-Archetyp (vgl. Bosca u. a., 2015, S. 182).

Ein wesentlicher Vorteil dieses Ansatzes ist die Möglichkeit der automatischen Daten-transformation. Dazu wird ein Archetyp mit seinem darunterliegenden Referenzmodell, beispielsweise jenem von FHIR, vereinigt und kann anschließend auf einen Archetyp, der mit einem anderen Referenzmodell vereinigt wurde - etwa jenem von CDA - gemappt werden. Die Vereinigung von Archetypen mit Referenzmodellen wurde bereits in einer früheren Arbeit der Autoren beschrieben (vgl. Moner u. a., 2012).

Weiters wurde die Möglichkeit der Integration von Archetypen direkt in einen FHIR-Server überprüft. Dafür wurde ein FHIR-Profil am Server erzeugt, welches eine Reihe an Suchparametern definiert. Jeder Suchparameter enthält einen XPath-Ausdruck, der zum korrespondierenden Archetyp passt. Durch die Abhängigkeit der Suchparameter vom verwendeten Referenzmodell ist eine fixe Definition der XPath-Pfadangaben möglich (vgl. Bosca u. a., 2015, S. 183).

Durch eine derartige Integration kann die Validierung stark vereinfacht werden, da jede Ressource sofort über das Referenzmodell auf ihre Gültigkeit überprüft werden kann. Besonders bei der Verwendung eines FHIR DSTU-Referenzmodells, bei dem sich noch zahlreiche Elemente des Standards ändern können, ermöglicht das Modell eine einfache Erstellung und Verifizierung der neuen Archetypen. Der Hauptvorteil liegt jedoch in der Möglichkeit, Archetypen schnell in andere Referenzmodelle übersetzen zu können, z. B. von und nach FHIR. Bei Vorliegen eines Referenzmodells des bestehenden Systems funktioniert die Integration der beschriebenen Archetypen nahezu nahtlos (vgl. ebd., S. 183–184).

Da für die Suchparameter das XML-basierte XQuery verwendet wird, ist aufgrund der Dominanz von JSON in FHIR eine Konvertierung erforderlich. Ein weitaus größeres Problem ergibt sich aus der Trennung der FHIR-Ressourcen in einen textuellen und einen formalen Teil. Dies beeinflusst die Definition als auch die Erzeugung gültiger Instanzen von FHIR-Ressourcen (vgl. Bosca u. a., 2015, S. 184).

Durch die tiefe Integration in die proprietäre, kostenpflichtige Interoperabilitätsplattform „LinkEHR“ mag das Modell Nutzern der Plattform eine gute Möglichkeit zur Transformation von medizinischen Daten bieten. Für den aktuellen Anwendungsfall sollte eine frei verfügbare Transformationslösung zum Einsatz kommen. Daher setzt sich der Autor in der Folge nicht näher mit diesem Transformationsmodell auseinander.

2.1.3 JSON-basiertes Transformationsmodell

Rinner und Duftschmid (vgl. Rinner und Duftschmid, 2016) beschreiben eine Transformation von ELGA-CDA Dokumenten in FHIR mithilfe von JSON-Repräsentationen der FHIR-Ressourcen und der Java Reflection-API. Als Grundlage wurde das im Zuge des Argonaut-Projektes entwickelte Mapping des e-Medikationsdokumentes aus dem amerikanischen C-CDA Standard verwendet. Zunächst mussten die JSON-Repräsentationen der benötigten FHIR-Ressourcen an das österreichische ELGA-CDA angepasst werden: Hinzugefügt wurden Metadaten zum Autor, mögliche Dokumententypen, auf die die Datei angewandt werden kann sowie Versionsnummern der verwendeten Standards. Für die Lokalisierung der Elemente im CDA-Dokument, deren Extraktion und deren Zuweisung zum entsprechenden Attribut einer FHIR-Ressource wurde XPath verwendet. Eventuell benötigte Codesystem-Transformationen wurden durch Referenzen auf entsprechende ConceptMap-Ressourcen abgebildet (vgl. ebd., S. 101-103).

Die proof-of-concept-Implementierung wurde mithilfe der HAPI-FHIR-Bibliothek sowie der Java Reflection-API umgesetzt. Der Prototyp erhält ein ELGA-CDA e-Medikationsdokument als Input und transformiert dieses unter Zuhilfenahme erstellter JSON-Mappings und XPath in eine Reihe von FHIR-Ressourcen. Dazu wird das ELGA-CDA e-Medikationsdokument geparkt und die durch die Java Reflection-API ermittelten passenden FHIR-Klassen der HAPI-FHIR-Bibliothek instanziiert. Anschließend werden die Setter jedes erzeugten FHIR-Ressourcen-Objektes gesucht und ebenfalls durch die Java Reflection-API aufgerufen. Am Ende wurden die mit Daten befüllten FHIR-Ressourcen-Objekte in

eine FHIR Bundle-Ressource serialisiert und durch den HAPI-FHIR Validator validiert (vgl. Rinner und Duftschmid, 2016, S. 103-104).

Dieser Ansatz befindet sich derzeit (Stand: 05/2021) weiterhin im prototypischen Stadium und weist daher noch einige Schwachstellen auf. Zum einen müssten die FHIR-Profile für die praktische Anwendung besser in den Mapping-Mechanismus eingebaut und benutzt werden, um eine möglichst umfassende Transformation gewährleisten zu können. Zum anderen ist der Parser der Java Reflection-API wenig performant, weshalb in der Praxis die Verwendung eines anderen Parsers angedacht werden sollte - insbesondere bei umfangreicheren Datenmengen. Dies sollte jedoch kein Problem darstellen, da die generische Struktur des JSON-Mappings die spezifische Implementierung nicht vorherbestimmt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Implementierung in Java durch eine performantere Implementierung, etwa in einer anderen Programmiersprache oder mit XSLT/XQuery zu ersetzen. Das Mapping wurde zudem speziell an die FHIR DSTU2-Revision angepasst, was eine Transformation auf den aktuellen Revisionsstand erforderlich machen würde. Allerdings weichen der Inhalt und die Transformation des ELGA-CDA e-Medikationsdokumentes erheblich von jener des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes ab, sodass lediglich die Mappings der Ressourcen „Composition“, „Patient“ und „Practitioner“ übernommen werden könnten. Dies macht eine Weiterverwendung und das damit einhergehende Update der Mappings auf eine aktuelle FHIR-Revision wenig attraktiv (vgl. ebd., S. 103-105).

Der Ansatz wurde in ähnlicher Form im Zuge der Bachelorarbeit umgesetzt. Für die Praxis ist die Anwendung aufgrund der dargelegten Schwachstellen wenig praktikabel. Eine Transformation mithilfe der FHIR Mapping Language ist aktuell jedoch vorzuziehen, wie Rinner und Duftschmid dem Autor in einer Videokonferenz bestätigten ¹.

2.1.4 Klassenstruktur-basiertes Transformationsmodell

Ähnlich der Arbeit von Rinner und Duftschmid verfolgt auch die Bachelorarbeit des Autors (vgl. Ossana, 2019) den Ansatz, die Transformation mit Java, einem XML-Parser und HAPI-FHIR durchzuführen (vgl. Agnew, 2020). Im Gegensatz zur Arbeit von Rinner und Duftschmid werden jedoch keine JSON-Repräsentationen der FHIR-Ressourcen verwendet, sondern die FHIR-Ressourcen durch eine entsprechende Java Klassenstruktur

¹Videokonferenz am 10.09.2020, 10-11:00 Uhr

nachgebildet. Damit fällt zwar der zentrale Vorteil der programmiersprachenunabhängigen Umsetzung weg, jedoch lag zum damaligen Zeitpunkt der Fokus ausschließlich auf der Demonstration der Funktionalität des erstellten Transformationskonzeptes, nicht auf dessen praxistauglicher Anwendbarkeit. Weitere Unterschiede sind in der Verwendung des in Java integrierten DOM-Parsers zum Parsen des CDA-Dokumentes sowie in der direkten Ermittlung und Instanziierung der entsprechenden FHIR-Klassen der HAPI-FHIR-Bibliothek zu finden.

Zwar kann die praktische Umsetzung nicht für den aktuellen Anwendungsfall (wieder-) verwendet werden, was jedoch nicht für den theoretischen Teil gilt. Das Transformationskonzept umfasst den gesamten ELGA-CDA-Header, wodurch der Header jedes beliebigen ELGA-CDA Dokumententyps transformiert werden kann. Dabei wurde darauf geachtet, die Transformation des CDA-Bodys so allgemein wie möglich zu halten, wodurch auch für die mikrobiologie-spezifischen Elemente „Kultureller Erregernachweis“ sowie „Antibiogramm und minimale Hemmkonzentration“ Transformationsmethoden vorgeschlagen wurden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen ebenfalls in das Transformationsmodell des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes ein.

2.1.5 Template-basiertes Transformationsmodell

Das Github-Projekt „Implementation Guide CDA FHIR Maps“ von Oliver Egger (vgl. Egger, 2019) beschäftigt sich mit der Durchführbarkeit von templatebasierten Transformationen zwischen CDA und FHIR. Bei dem dabei angewandten „bottom-up“-Ansatz wird mithilfe der FHIR Mapping Language für jedes CDA-Template eine Transformation in FHIR spezifiziert. Die Transformation eines Templates setzt sich dabei aus Verweisen auf Transformationen der darin enthaltenen Templates zusammen, beginnend mit der Transformation der Basisdatentypen. So entsteht eine generische und extrem vielseitig verwendbare Mapping-Struktur zur Abbildung jeglicher CDA Dokumente in FHIR.

Bisher umfasst das Projekt ausschließlich Mappings der schweizerischen CDA e-Medikationsdokumente („Medication Card“, „Medication Prescription“, „Medication Dispense“) sowie generelle Transformationen der schweizerischen CDA Spezifikation („Swiss EPR“). Der verwendete generische Ansatz ermöglicht die Ableitung von Transformationen für sämtliche CDA Dokumente - auch für den ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefund. Die CDA-Dokumente werden zur Transformation an einen von Oliver Egger auf Basis des

HAPI-FHIR-Servers entwickelten FHIR-Server gesendet, der eine Referenzimplementierung der FHIR Mapping Language in Java enthält (vgl. Egger, 2020).

Durch die Verwendung von Templates sowie der FHIR Mapping Language ist dieser Ansatz derzeit die aussichtsreichste Transformationsmöglichkeit von CDA-Dokumenten in FHIR, da die Transformation selbst standardisiert ist und zu großen Teilen wiederverwendet werden kann. Weitere Vorteile ergeben sich aus der Verwendung der FHIR Mapping Language: Die native Transformation direkt am FHIR-Server bringt einen erheblichen Performance- und Speichergewinn mit sich. Die FHIR Mapping Language wurde speziell für diesen Zweck entwickelt, damit sich transformationsspezifische Anforderungen wie etwa die Transformation von Terminologien leicht realisieren lassen. Durch die erforderliche Definition von Zielstrukturen ist die syntaktische Korrektheit jedes Elementes (Position, Name, Kardinalität, Inhalt) und damit des gesamten Transformationsergebnisses gewährleistet. Die FHIR-Community kann bei fachlichen als auch inhaltlichen Fragen kontaktiert werden.

Nachteile dieses Ansatzes sind die geringe Maturität und die damit verbundene ausbaufähige Benutzerfreundlichkeit der FHIR Mapping Language sowie die völlige Abhängigkeit vom verwendeten FHIR-Server sowie der konkreten Implementierung der FHIR Mapping Language in Bezug auf Syntax und Funktionsumfang. Weitere Nachteile sind das beinahe vollständige Fehlen von offiziellen FHIR-Profilen/Implementierungsleitfäden der ELGA sowie das Erfordernis, im Fall von neuen FHIR-Revisionen sämtliche Mapping-Schemen manuell aktualisieren zu müssen.

In Anbetracht der wesentlichen Vorteile dieses Ansatzes sind die Nachteile überschaubar, vor allem da deren Bedeutung durch die aktive Weiterentwicklung der FHIR Mapping Language in Zukunft weiter abnehmen wird.

2.2 Java-basiertes Transformationsmodell

Die Java-Bibliothek „cda2r4“ (vgl. Amida Technology Solutions und CarthageKing, 2020) wurde zum Zweck der automatischen Transformation von C-CDA R2.1 Dokumenten in FHIR R4 Ressourcen entwickelt und umfasst Java-Klassen zur Transformation von Dokumenten, Ressourcen, Datentypen und Value Sets. Die Bibliothek basiert auf dem „cda2fhir“-Projekt (vgl. CarthageKing, 2017) und erweitert dieses unter anderem um die Unterstützung von FHIR R4. Derzeit unterstützt die Implementierung standardmäßig

ausschließlich die Transformation des CDA CCD Dokumentes, durch die Erweiterbarkeit können jedoch auch Transformationen von anderen CDA Dokumenten implementiert werden. Zur Datenmanipulation werden für CDA die Eclipse Model Driven Health Tools (vgl. Eclipse Foundation, 2020) und für FHIR HAPI (vgl. Agnew, 2020) verwendet. Zur weiteren Vereinfachung von Transformationen wurden zusätzlich ein CLI (Command Line Interface) (vgl. Transparent Health und Amida Technology Solutions, 2019) sowie ein Microservice (vgl. Transparent Health und UPMC Enterprises, 2019) entwickelt, welche beide in Verbindung mit der Bibliothek verwendet werden können.

Durch die Verwendung von Java und den damit einhergehenden Performance- sowie Flexibilitätseinbußen weist der Ansatz ähnliche Schwachstellen wie jener von Rinner und Duftschmid (vgl. Rinner und Duftschmid, 2016) sowie der Bachelorarbeit des Autors (vgl. Ossana, 2019) auf. Damit ist die praktische Verwendung für den konkreten Anwendungsfall ebenfalls nicht geeignet.

Kapitel 3

FHIR Mapping Language

Um dem Leser und der Leserin ein besseres Verständnis der erarbeiteten Transformation zu ermöglichen, setzt sich dieses Kapitel im Detail mit der FHIR Mapping Language auseinander. Es enthält neben einer kurzen Vorstellung der FHIR Mapping Language wesentliche Informationen über den Aufbau, die Bestandteile, die Funktionsweise sowie die Vor- und Nachteile dieser Transformationsmethode.

3.1 Gründe für die Entwicklung

Auch, wenn bereits zuvor mithilfe von ConceptMap-Ressourcen die Möglichkeit einer Transformation auf Konzeptebene bestand, war der Transformationsumfang stark eingeschränkt. So konnten keine Instanzen oder (hierarchische) Abhängigkeiten, insbesondere bei unterschiedlich aufgebauten Strukturen, abgebildet werden. (Kleinst-)Transformationen, wie sie zur geringfügigen Modifizierung von Strings oder zur Vereinheitlichung von Datenformaten benötigt werden, waren ebenfalls nicht möglich.

Es existierte auch keine Möglichkeit, plattformunabhängige Transformationsregeln zu erstellen, die sämtliche Transformationsszenarien abdeckten. Die zahlreichen verfügbaren Werkzeuge unterschieden strikt zwischen der Erstellung und Transformation und waren entweder technologie-/kontextgebunden (XSLT, Javascript) oder unvollständig (QVT + MDMI, Transformationsframeworks). Auf Druck der FHIR-Community und der Notwendigkeit eines C-CDA zu FHIR-Mappings wurde im Jahr 2016 mit der Entwicklung eines entsprechenden Mapping-Frameworks begonnen. Dieses sollte eine standardisierte Transformationssyntax und somit systemunabhängige Transformationen sowie das Abbilden

und Extrahieren von Daten in/aus FHIR-Ressourcen unterstützen und gleichzeitig mit FHIR Repositories kompatibel sein (vgl. Grieve, 2018) (vgl. Grieve, 2016).

3.2 Vorstellung

Im Jahr 2018 wurde von Grahame Grieve das Ergebnis der Arbeiten präsentiert - die FHIR Mapping Language, die rasch zu einem offiziellen Bestandteil der FHIR-Spezifikation wurde. Die entwickelte Sprache legt den exakten Ablauf einer unidirektionalen Transformation von einer Instanz in eine andere mithilfe einfacher Regeln fest. Dabei kann eine Instanz als Elementbaum interpretiert werden und stellt etwa ein CDA-Dokument oder eine FHIR-Ressource dar. Eine definierte API hilft bei der Kommunikation und dem Datenaustausch mit dem Transformationsserver. Die Sprache basiert größtenteils auf der „Meta Object Facility 2.0 Query/View/Transformation“-Spezifikation der Object Management Group (OMG) (vgl. Object Management Group, 2016) und verwendet eine Reihe von Designmerkmalen und -philosophien von FHIR. Auch wenn im Namen das Wort „FHIR“ vorkommt, beschränkt sich ihr Anwendungsbereich keineswegs nur auf Transformationen von und zu FHIR. Vielmehr wurde im Zuge der Entwicklung darauf geachtet, die Sprache so generisch wie möglich zu gestalten. Sofern der Transformationsengine die entsprechenden Strukturen bekannt sind, können auch nicht FHIR-bezogene Transformationen durchgeführt werden (vgl. Grieve, 2016) (vgl. Grieve, 2018).

Die Sprache legt sowohl eine abstrakte Syntax, die durch die neu geschaffene StructureMap-Ressource repräsentiert wird, als auch eine konkrete Syntax fest, die die empfohlene narrative Repräsentation einer StructureMap-Ressource ist. Die konkrete Syntax ist jener Teil der Spezifikation, der im engeren Sinne als „FHIR Mapping Language“ bezeichnet werden kann. Beide Syntaxformen sind interoperabel, so beherrscht etwa das FHIR Validator JAR oder ein FHIR-Server mit Unterstützung der „\$convert“-Operation die Transformation der konkreten Syntax in die abstrakte Syntax (vgl. ebd.) (vgl. Health Level Seven International, 2019a).

3.3 Bestandteile und Funktionsweise

Das Mapping-Framework benötigt zur Durchführung einer Transformation folgende Elemente:

- Informationen über alle Input- und Output-Strukturen.
- Transformation der verwendeten Terminologien.
- Eine Mapping-Engine zum Ausführen der Transformationen.
- Ein Mapping-Skript.

Grafik 3.1 gibt einen Überblick aller wesentlichen Bestandteile der FHIR Mapping Language sowie ihres Zusammenwirkens:

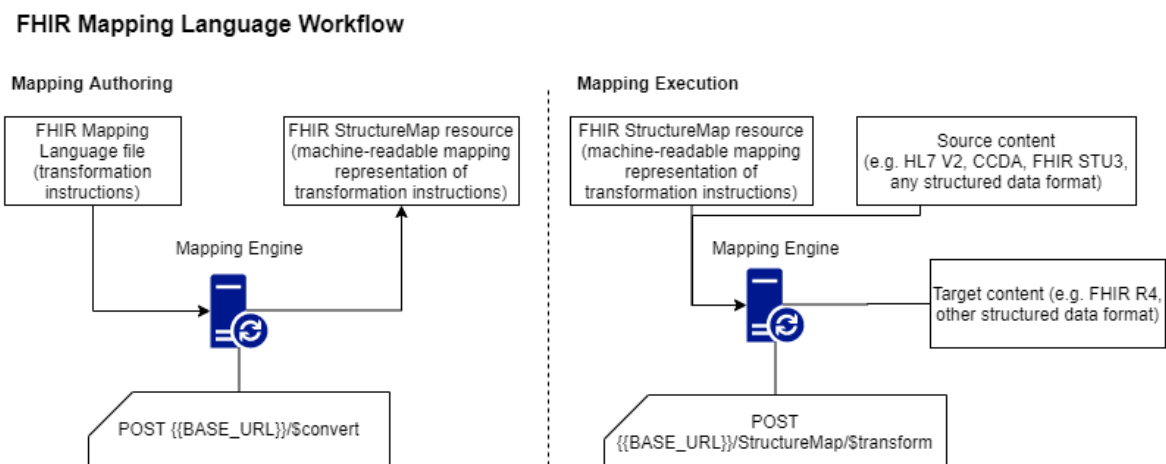


Abbildung 3.1: Transformationsablauf FHIR Mapping Language (Procious u. a., 2020, Web Services).

3.3.1 Informationen über alle Input- und Output-Strukturen

Damit die Mapping-Engine die Input- und Output-Daten verarbeiten kann, benötigt sie Informationen über die Struktur der Daten und den Aufbau der verwendeten Elemente. Diese Informationen werden durch FHIR StructureDefinition-Ressourcen bereitgestellt. Eine FHIR StructureDefinition-Ressource wird zur Erstellung von eigenen Datentypen, Ressourcen oder Extensions verwendet, die entweder bereits vorhandene Elemente von FHIR einschränken oder neue Elemente definieren können. In letzterem Fall werden als Grundlage die FHIR-Basiselemente „Element“ (für Datentypen oder Extensions) oder „DomainResource“ (für Ressourcen) eingesetzt (vgl. Health Level Seven International, 2019an).

Diese Eigenschaft macht man sich bei der Erstellung des logischen Modells von CDA für FHIR zunutze (vgl. McIlvenna u. a., 2020). Sämtliche Datentypen, Templates und Extensions von CDA werden auf FHIR StructureDefinition-Ressourcen abgebildet und ermöglichen die Interoperabilität von CDA und FHIR. Das Projekt befindet sich aktuell (Stand: 05/2021) in aktiver Entwicklung, die Arbeiten sind bereits weit fortgeschritten - einzig die Abbildung einiger Extensions ist noch nicht abgeschlossen.

3.3.2 Transformation der verwendeten Terminologien

CDA und FHIR benützen bei zahlreichen Elementen unterschiedliche Terminologien. FHIR verwendet dazu ValueSet-Ressourcen, die auf bestehenden internationalen Codesystemen und Terminologien, etwa SNOMED-CT (vgl. SNOMED International, 2021d), LOINC (vgl. Regenstrief Institute Inc., 2021) oder anderen HL7 Terminologien (vgl. Health Level Seven International, 2020d) aufsetzen. ELGA-CDA verwendet jedoch zahlreiche eigens für die Verwendung in Österreich definierte Codesysteme und Value Sets, die auf keinem internationalen Standard basieren (vgl. ELGA GmbH, 2020f).

Aus diesem Grund ist eine Transformation der Terminologien für ein standardkonformes Transformationsergebnis unerlässlich. Die FHIR Mapping Language bietet hierfür die Möglichkeit, ConceptMaps zu definieren. Eine ConceptMap kann entweder ausschließlich zum lokalen Gebrauch im Mapping-Skript definiert werden (embedded ConceptMap) oder durch eine externe FHIR ConceptMap-Ressource (vgl. Health Level Seven International, 2019z) referenziert werden. Letztere Möglichkeit bietet den wesentlichen Vorteil, zusätzliche (Meta-)Informationen zum Terminologie-Mapping abbilden zu können. Es können neben dem Status, dem Ersteller, dem Datum der letzten Änderung, einer Beschreibung, dem Gültigkeitsraum, dem Copyright oder dem Zweck des Mappings auch Details zu jedem einzelnen Code-Mapping angegeben werden, wie etwa die genaue Beziehung der Codes zueinander oder zusätzliche Kommentare. Weiters kann die Verfahrensweise bei einem nicht vorhandenen Mapping spezifiziert werden - in diesem Fall ist es möglich, entweder einen fixen Code vorzugeben oder auf eine andere ConceptMap zu referenzieren (vgl. ebd.).

3.3.3 Mapping-Engine

Die Mapping-Engine wird zum Ausführen der im Mapping-Skript festgelegten Transformationsregeln verwendet und bildet den Kern des Frameworks. Die Engine kann entweder über einen FHIR-Server oder über das FHIR Java Validator Jar verwendet werden, in dem sie ebenfalls implementiert ist (vgl. Grieve u. a., 2020). Der Funktionsumfang der einzelnen serverseitigen Implementierungen unterscheidet sich jedoch erheblich, sodass vor dem Einsatz eines bestimmten FHIR-Servers mit FHIR Mapping Language Unterstützung geprüft werden muss, ob die benötigten Transformationsfunktionalitäten auch tatsächlich unterstützt werden. Informationen dazu finden sich auf der Simplifier-Plattform (vgl. Firely B.V., 2021a) (Firely Server), in der Dokumentation des entsprechenden Github-Projektes (vgl. Egger, 2020) (Matchbox) sowie im HL7 Confluence Wiki (vgl. Grieve u. a., 2020) (FHIR Java Validator Jar). Es existiert auch ein Vergleich der implementierten Funktionalitäten zwischen Firely Server und Matchbox im offiziellen Tutorial auf Github (vgl. Egger u. a., 2020).

Zur Ausführung des Mappings werden neben den bisher erwähnten Ressourcen zusätzlich vier FHIR RESTful (Haupt-)Operationen (vgl. Health Level Seven International, 2019q) benötigt. Diese sind Bestandteil der definierten API und sind entgegen dem REST-Prinzip der Zustandslosigkeit indirekt voneinander abhängig. Die Ausführungsreihenfolge kann aus diesem Grund nicht beliebig gewählt werden:

- Die „\$convert“-Operation nimmt eine Ressource in einer bestimmten Form und gibt diese in einer anderen Form zurück (vgl. Health Level Seven International, 2019as). Obwohl primär zur XML-JSON Transformation eingesetzt, bedient sich auch die FHIR Mapping Language dieses einfachen Funktionsprinzips. Die Operation wird dazu verwendet, ein mittels POST-Request an den Server übermitteltes Mapping-Skript (konkrete Syntax) in eine FHIR StructureMap-Ressource (abstrakte Syntax) zu konvertieren, damit der Server die Transformation durchführen kann (vgl. Proccious u. a., 2020).
- Die „\$translate“-Operation überführt einen Code aus einem Value Set in ein anderes und bedient sich dazu der bestehenden Value Sets, ConceptMaps sowie weiterer, auf dem Server befindlichen Informationen (vgl. Health Level Seven International, 2019au). Im konkreten Fall wird sie dazu verwendet, die ELGA-CDA spezifischen Codesysteme und Value Sets in die entsprechenden FHIR-Pendants zu übersetzen. Die Operation kann explizit im Mapping-Skript definiert und aufgerufen werden.

- Die „\$transform“-Operation führt die eigentliche Transformation durch und bildet den Kern der FHIR Mapping Language. Es werden zwei verschiedene Transformationstypen unterstützt: Zum einen die strukturellen Veränderungen der Ausgangsdatei zur Zielfile (strukturelle Transformation). Zum anderen die inhaltliche und formale Transformation von Elementen innerhalb dieser Strukturen, etwa Strings oder andere primitive Datentypen (inhaltliche/formale Transformation).

Die Operation kann entweder auf eine konkrete StructureMap-Ressource oder auf das übergeordnete StructureMap-Verzeichnis ausgeführt werden. In letzterem Fall muss der POST-Request neben der Ausgangsdatei im Body auch eine Referenz auf die anzuwendende StructureMap-Ressource enthalten. Nach erfolgter Transformation wird eine FHIR-Ressource beliebigen Typs zurückgegeben. In den meisten Fällen wird das Ergebnis entweder eine FHIR Binary- (Ergebnis kein FHIR) oder eine FHIR Bundle-Ressource sein (Ergebnis ist FHIR) (vgl. Health Level Seven International, 2019at).

Zusätzlich werden folgende Funktionen des FHIR-Servers von der Mapping-Engine indirekt vorausgesetzt (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.1):

- Die Generierung von hierarchischen Instanzenbäumen (gerichtete azyklischen Graphen) aus den erhaltenen Input- und Output-Dateien (z. B. CDA oder FHIR) sowie deren Durchsuchung und Referenzierung.

Obwohl nicht explizit spezifiziert, ist die Instanzenbaum-basierte Lösung die einfachste Umsetzungsmöglichkeit von Strukturtransformationen. Dabei wird die Ausgangsstruktur vor der Transformation mithilfe der hinterlegten StructureDefinition-Ressourcen in einen Instanzenbaum verwandelt. Dieser Baum wird anschließend anhand der Mapping-Regeln aus der StructureMap-Ressource sowie den StructureDefinition-Ressourcen der Zielstruktur umgeformt und eingeflacht zurückgegeben. Im Zuge des Umformungsprozesses ist es erforderlich, gezielt andere (Unter-)Bäume nach Elementen zu durchsuchen und diese auf ihren Inhalt abzufragen. Dazu zählen neben eventuellen Kindelementen auch der beinhaltete primitive Wert eines Elementes oder optional dessen Datentyp. Die Erstellung valider „Unique Resource Identifiers“ (uris) zum Verweisen auf die Wurzel bestimmter Unterbäume wird zur Generierung von Referenzen benötigt, sofern der Output aus mehr als einer Resource besteht (vgl. ebd., 7.7.0.1).

- Die „\$validate-code“-Operation zur Überprüfung, ob ein angegebener Code zu den gültigen Werten des jeweiligen Value Sets zählt. Es können eigene Evaluationslevels

festgelegt werden, sodass eine Code-Validierung grundsätzlich möglich sein muss. Die Anzahl sowie der Umfang dieser Levels wird jedoch nicht spezifiziert und obliegt der konkreten Implementierung des Servers. Daher geht die Dokumentation auch nicht genauer auf die Rolle dieser Operationen im Rahmen des Transformationsprozesses ein (vgl. Health Level Seven International, 2019av).

Die Interaktion zwischen FHIR-Server/Hostanwendung und Mapping-Engine funktioniert folgendermaßen (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.1):

Der FHIR-Server erzeugt die Mapping-Engine und erstellt einen entsprechenden „\$transform“-Operationshandler in den Standardservices. Erhält der FHIR-Server vom Anwender eine Transformationsanfrage, wählt der Server die dafür zu verwendende StructureMap-Ressource aus und weist die Mapping-Engine getreu dem „Lazy Loading“-Prinzip an, diese für die Transformation vorzubereiten. Dies umfasst neben diversen Überprüfungen auch das Zwischenspeichern der erhaltenen Informationen im Cache. Im Anschluss gibt der FHIR-Server der Mapping-Engine die Anweisung, die Transformation durchzuführen und stellt ihr die StructureDefinitions der im Mapping-Skript spezifizierten Input-Ressourcen zur Verfügung. Der Output wird von der Mapping-Engine generiert und mithilfe der Standard-API direkt an den Anwender zurückgegeben.

3.3.4 Mapping-Skript

Das Mapping-Skript definiert die konkreten Transformationsregeln und spezifiziert den Kontext, in dem diese Regeln angewendet werden können. Ein Skript besteht aus sechs Teilen (vgl. ebd.):

- Metadaten zum Mapping-Skript
- Eingebettete ConceptMaps
- Referenzen auf verwendete Ressourcen/Strukturen
- Weitere eingebundene Mapping-Skripte
- Gruppen mit Listen von Input- und Output-Variablen
- Transformationsregeln

3.3.4.1 Metadaten zum Mapping-Skript

Derzeit werden in der offiziellen Dokumentation nur die eindeutige URL des Skripts und ein menschenlesbarer Name als Bestandteile angegeben. Angedacht ist, zukünftig weitere Metadaten, etwa javadoc- oder xmldoc-artige Kommentare zu ermöglichen (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.3). Beispielsweise können bei der Firely-Implementierung an dieser Stelle zusätzlich ein Titel, eine Versionsnummer und ein Status angegeben werden (vgl. Firely B.V., 2021d).

3.3.4.2 Eingebettete ConceptMaps

Anschließend folgen eventuelle eingebettete ConceptMaps. Diese unterscheiden sich von externen ConceptMaps durch ihren geringen Informationsgehalt sowie den rein auf das Mapping-Skript definierten Scope, siehe Punkt 3.3.2. Weiters ist deren Unterstützung implementierungsabhängig, was ihren Nutzen begrenzt (vgl. ebd.) (vgl. Health Level Seven International, 2019s).

3.3.4.3 Referenzen auf Ressourcen/Strukturen

In diesem Abschnitt können Referenzen auf sämtliche im Mapping-Skript verwendete „StructureDefinition“-Ressourcen angeführt werden. Dabei ist es unerheblich, auf welche „StructureDefinition“-Ressource referenziert wird - sowohl Datentypen, Konformanzressourcen, profilierte Ressourcen und/oder logische Modelle sind möglich. Zusätzlich zu einem Alias-Namen zur Vermeidung von Namenskonflikten, beispielsweise zwischen dem CDA-Element „Patient“ und der gleichnamigen FHIR-Ressource, kann auch die Art der Benutzung angegeben werden. Dafür bestehen vier Möglichkeiten: Mit „source“ werden sämtliche Eingangsstrukturen gekennzeichnet, die der Mapping-Engine zur Transformation übergeben werden. Der Modus „queried“ bezeichnet die indirekte Verwendung der Struktur im Zuge des Mappings, weshalb sie über eine API zur Verfügung stehen muss. Mit „target“ wird die Ausgangsstruktur angegeben, in die transformiert werden soll. Da dies in den meisten Fällen eine FHIR „Bundle“-Ressource sein wird, müssen auch die darin beinhalteten Ressourcen spezifiziert werden. Dies geschieht über den Modus „produced“, mit dem während des Transformationsprozesses erzeugte (Teil-)Ausgangsstrukturen angegeben werden können, die jedoch kein finales Transformationsziel sind. Der Anwendungs-

zweck aller genannten Modi ist derzeit nicht final spezifiziert und noch Gegenstand von Diskussionen (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.4).

3.3.4.4 Weitere eingebundene Mapping-Skripte

Sofern weitere Mapping-Skripte verwendet werden, müssen diese mit „imports“ und ihrer URLs angegeben werden. Dies ist insbesondere bei der Transformation von CDA-Dokumenten wichtig, um eine saubere Trennung zwischen den Transformationsregeln für Datentypen, Dokumentenabschnitte und komplette Dokumente herzustellen. Die Verwendung des Wildcard-Characters „*“ zum Importieren mehrerer Mapping-Skripte eines Verzeichnisses ist möglich (vgl. ebd., 7.7.0.5).

Es besteht keine Notwendigkeit, die benutzten externen ConceptMaps explizit zu definieren - es genügt, diese in entsprechenden Mapping-Teilen zu referenzieren. Dadurch fehlt allerdings eine Übersicht über die vom Mapping verwendeten ConceptMaps und der Anwender muss vor Ausführung des Mappings manuell überprüfen, ob der eingesetzte FHIR-Server tatsächlich Zugriff auf alle benötigten ConceptMaps hat.

3.3.4.5 Gruppen mit Listen von Input-Variablen

Eine Gruppe besteht mindestens aus einem selbst vergebenen Namen sowie einer Liste an Inputvariablen, jeweils mit einem Modus und optional einem Datentyp. Dieses Aussehen kann als Funktion mit einem oder mehreren Parametern in der Signatur interpretiert werden. Es müssen mit Ausnahme der ersten Gruppe mindestens zwei Inputvariablen definiert werden, deren Modi („source“ oder „target“) sich voneinander unterscheiden - ein Mapping muss logischerweise immer eine Quelle und ein Ziel haben. Die erste Gruppe darf auch nur eine Inputvariable besitzen, da diese als Einstiegspunkt des Mappings fungiert. Die Inputvariablen werden in weiterer Folge in den Regeln referenziert und sind ausschließlich innerhalb der Gruppe gültig, in der sie definiert wurden (vgl. ebd., 7.7.0.6).

Es besteht auch die Möglichkeit, mit „extends“ eine bestehende Gruppe zu erweitern oder mit Stereotypen zu versehen. Wird eine bestehende Gruppe erweitert, werden alle in der Originalgruppe definierten Regeln auch auf die erweiterte Gruppe angewandt. Dazu müssen die Inputvariablen der erweiterten Gruppe hinsichtlich ihrer Modi, ihrer Namen und ihrer Datentypen mit jenen der Originalgruppe übereinstimmen, es dürfen jedoch auch

zusätzliche Inputvariablen definiert sowie die Reihenfolge aller Inputvariablen beliebig variiert werden. Am Ende jeder Gruppendifinition können die Stereotypen „«types»“ oder „«type+»“ verwendet werden. Damit wird die Gruppe zur Standardgruppe des Mappings der von ihr definierten Quell- und Zieldatentypen erklärt, womit sämtliche Transformationen dieser Datentypen - sofern kein anderes explizites Mapping besteht - mit dieser Gruppe ausgeführt werden. Standardgruppen müssen ebenso wie normale Gruppen mindestens eine Quelle und ein Ziel (in dieser Reihenfolge) haben, allerdings muss bei jeder Inputvariable auch ein Datentyp mitangegeben werden (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.6). Die Unterstützung von Erweiterungen und Stereotypen hängt jedoch vom verwendeten FHIR-Server ab - während Matchbox diese Funktionalität unterstützt, beherrscht der Firely Server diese zum aktuellen Zeitpunkt (Stand: 05/2021) noch nicht (vgl. Firely B.V., 2021d).

3.3.4.6 Transformationsregeln

Die Transformationsregeln sind das wichtigste Element der FHIR Mapping Language. Sie legen eine konkrete Transformationsabfolge fest, in der eine Ausgangsstruktur in eine Zielstruktur umgewandelt wird (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.7). Eine Transformationsregel besteht aus drei Teilen:

- Einem vorgeschriebenen Quellteil, in dem das oder die zu transformierenden Elemente angegeben werden. Darin können nicht nur Pfade zu Elementen erstellt, sondern mit „check“ oder „where“ auch Bedingungen zur Filterung festgelegt werden. Die Formulierung der Bedingungen erfolgt mithilfe von FHIRPath, einer XPath-ähnlichen Navigations- und Extraktionssprache (vgl. Health Level Seven International, 2020c). Zur weiteren Filterung ist es auch möglich, das Ausführen der Regel auf einen Typ, eine Kardinalität oder auf eine bestimmte Anzahl zu beschränken (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.7.1). Zu jedem Element muss zudem mit „as“ ein Variablenname spezifiziert werden, über den im Zielteil auf den Inhalt des Quellteils zugegriffen werden kann.
- Einem optionalen Zielteil, in dem die genaue Strukturumformung des Quellteils festgelegt wird. Zur Trennung vom Quellteil wird ein Pfeil-Delimiter („->“) verwendet. Sofern kein Zielteil angegeben wird, wird keine Transformation ausgeführt - diese Funktionalität wird zum Erzeugen neuer Quell-Variablen benutzt, die im Anschluss in einer Transformationsregel einer tieferen Hierarchieebene referenziert wird. Der

angegebene Pfad stellt das Transformationsziel dar und besteht aus zwei Teilen: einem Kontext und einem Element. Der Kontext ist entweder selbst das Transformationsziel oder bestimmt die übergeordnete Umgebung, in der das Element beinhaltet ist z. B. eine FHIR-Ressource oder ein Datentyp. Das Element ist ein Kindelement des Kontexts und enthält das Ergebnis der Strukturumformung. Die Strukturumformung erfolgt mit Transformationsfunktionen, die vom Erzeugen einer neuen FHIR-Ressource oder eines FHIR-Datentyps über das An-/Zusammenfügen von Elementen und Übersetzen von Codes bis zum Referenzieren einer bestehenden FHIR-Ressource oder dem Evaluieren eines FHIRPath-Ausdrucks eine große Bandbreite an Umformungen ermöglichen. Abhängig von der gewählten Funktion sind unter Umständen Parameter erforderlich, die zusätzlich angegeben werden müssen; die Unterscheidung von Quell- und Zielvariablen gilt hierbei jedoch nicht, d. h. ein ursprünglich als Zielparameter deklariertes Element kann bei der Funktion ohne Weiteres als Quellparameter spezifiziert werden. Im Falle der Verwendung einer Transformationsfunktion muss mit „as“ ein neuer Variablenname vergeben werden, damit das Element später wiederverwendet werden kann. Eine vollständige Liste aller Transformationsfunktionen (implementierungsabhängig) ist verfügbar (vgl. Health Level Seven International, 2019s, 7.7.0.7.2).

- Einem optionalen „then“-Teil, in dem weitere, von der Ausgangsregel abhängige Transformationsregeln spezifiziert werden können. Diese können entweder extern definiert und über ihren Namen explizit aufgerufen oder komplett neu erstellt werden. In letzterem Fall folgt nach dem „then“ ein Set von Akkoladen (geschwungene Klammern), die den abhängigen Regelblock kennzeichnen. Jedenfalls haben die abhängigen Regeln unbegrenzten Zugriff auf die Variablen der übergeordneten Regeln (vgl. ebd., 7.7.0.7.3).

Zu jeder Regel kann zu Debuggingzwecken auch ein selbst gewählter Name vergeben werden, um diese in den Logs zu identifizieren. Der Name muss daher innerhalb des gesamten Mapping-Skripts eindeutig sein.

3.4 Vor- und Nachteile

Der größte Vorteil der FHIR Mapping Language ist die direkte Integration in den FHIR-Standard sowie die damit einhergehende Standardisierung der Transformation. Erstmals

ist es möglich, eine Transformation mit einer speziell dafür geschaffenen Technik umzusetzen. Somit werden die Limitierungen bisheriger Lösungen beseitigt und der Wildwuchs an parallel entwickelten Mapping-Lösungen wird eingedämmt. Die gesamte FHIR-Community steht geeint hinter einer einzigen Transformationsmethode. Dies garantiert die Nachhaltigkeit sowie die kontinuierliche Weiterentwicklung des Transformationsansatzes. Im Gegensatz zu bisherigen Transformationslösungen führt die Transformation direkt am FHIR-Server zu einer signifikanten Workflow-Vereinfachung und bringt einen erheblichen Performance- und Speichergewinn mit sich. Zukünftig müssen Dokumente nicht mehr in mehreren Datenformaten parallel am Server abgelegt sein, sondern können auf niederschwellige Art und Weise ad-hoc transformiert werden. Die native Unterstützung von Terminologie-Transformationen ermöglicht die Einbindung von externen Bezugsquellen von Terminologien und Terminologie-Mappings, beispielsweise der HL7 International (vgl. Health Level Seven International, 2020d) oder des FHIR Terminology Exchange Austria (vgl. ELGA GmbH, 2021q, S. 20, 25, 27). Dies führt zu einer deutlichen Steigerung der Flexibilität und Praktikabilität der Anwendung. Zudem stellt die vorherige Definition aller Quell- und Zielstrukturen eine grundlegende Konformität des Transformationsergebnisses mit dem FHIR-Standard sicher.

Bedingt durch die geringe Maturität der Transformationsmethode ergeben sich aktuell (Stand: 05/2021) jedoch noch einige Probleme, allen voran die starke Abhängigkeit vom verwendeten FHIR-Server und dessen Implementierung der FHIR Mapping Language. Diese bestimmt nicht nur den Funktionsumfang und die Syntax der aufgestellten Transformationsregeln, sondern auch den Verwendungskontext unterschiedlicher Funktionen. Daher ist die Dokumentation der jeweiligen Implementierung von besonderer Signifikanz und die offizielle HL7-Dokumentation der FHIR Mapping Language dient hauptsächlich zu Referenzzwecken. Weiters sind Bedeutung und Funktion zahlreicher Elemente nach wie vor ungeklärt, etwa die Referenzen auf verwendete Ressourcen/Strukturen (siehe Punkt 3.3.4.3), die Steuerung von sich wiederholenden Transformationselementen („document list modes“) oder der genaue Inhalt und Umfang der Metadaten (siehe Punkt 3.3.4.1) (vgl. Health Level Seven International, 2019s).

Darüber hinaus weist die FHIR Mapping Language einige Eigenheiten auf, die sie deutlich von allen anderen prozeduralen oder objektorientierten Programmiersprachen unterscheidet. Dazu zählt, dass die Regeln im Normalfall komplett unabhängig voneinander ausgeführt werden. Dies ist einerseits positiv, da das Mapping-Skript flexibel einsetzbar wird, hat aber den Nachteil, dass eine Regel entweder gar nicht oder mehrmals ausgeführt werden kann. Auch wenn die Ausführung mit den „document list modes“ in begrenzten

Ausmaß gesteuert werden kann, muss auf die Formulierung der Ausführungsbedingungen geachtet werden, um ein Überlappen der Regeln zu vermeiden. Zudem ist die Unterstützung von FHIR-Profilen verbesserungswürdig. Die Änderungen eines Profiles müssen bei einer Aktualisierung auf eine neuere FHIR-Version manuell im Mapping-Skript vorgenommen werden, eine Parametrisierung ist ebenso wie eine Validierungsmöglichkeit offiziell nicht vorgesehen.

Kapitel 4

Methodik

Im zweiten Kapitel der Arbeit wurde die derzeitige Literatur und alle verfügbaren Informationen zur CDA-FHIR-Transformation recherchiert und zusammengefasst. Dies betraf die Vorstellung der verschiedenen Transformationsmodelle, deren technologische Umsetzung sowie die Auseinandersetzung mit deren Vor- und Nachteilen. Dem Leser und der Leserin wurde eine umfassende Übersicht über den aktuellen Entwicklungsstand und mögliche Transformationsansätze gegeben.

Im letzten Kapitel lag der Fokus ausschließlich auf der FHIR Mapping Language, die zuvor als derzeit vielversprechendste Transformationsmethode identifiziert wurde und den Kern dieser Arbeit darstellt. Das Kapitel enthält neben einer detaillierten Beschreibung der Struktur, der Bestandteile und deren Interaktion sowie der Funktionsweise auch eine ausführliche Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile dieser Transformationstechnik. Dazu wurden zahlreiche Internetquellen recherchiert, exzerpiert, zusammengefasst und um die vom Autor in der Praxis gewonnenen Erfahrungen ergänzt.

Die folgenden Kapitel befassen sich mit der Erarbeitung der Transformationsmodelle sowie deren praktischer Umsetzung.

Zunächst wird die Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes im Detail behandelt. Der erste Teil des folgenden Kapitels befasst sich mit den notwendigen Vorarbeiten der Transformation, die neben der Wahl eines geeigneten FHIR-Servers im Besonderen die Festlegung des Transformationsumfanges umfassen. Davon abhängig werden auf Basis der Bachelorarbeit des Autors (vgl. Ossana, 2019) zwei theoretische Transformationsmodelle (erschöpfendes und selektives Transformationsmodell) erarbeitet, wobei ausführlich auf die CDA-Input-Daten sowie deren Struktur eingegangen wird. Die verwendeten Terminologien werden ebenfalls auf ihre Kompatibilität hin untersucht.

Jedes Transformationsmodell verwendet als Ausgangsbasis ein Beispiel des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in der nicht-offiziellen Zwischenversion 2.06.03, welcher basierend auf Informationen seitens der ELGA GmbH um diverse für das Projekt benötigte Datenfelder und Strukturen aus der derzeit (Stand: 05/2021) bearbeiteten Version 3.0.0 erweitert wurde, siehe Kapitel 6. Für jedes zu transformierende Datenfeld wird das entsprechende Pendant in FHIR gesucht und die Datentransformation samt verwendeter Datentypen und eventueller Terminologieunterschiede erläutert. Sofern es kein Pendant in FHIR gibt, dieses eine abweichende Bedeutung hat oder Terminologien nicht oder nur teilweise miteinander kompatibel sind, wird das Problem erörtert und eine geeignete Lösung erarbeitet. Sofern anwendbar, werden nach Möglichkeit auch die von der HL7 Österreich entwickelten FHIR-Profilen für das österreichische Gesundheitswesen in die Erstellung der Transformationsmodelle miteinbezogen (vgl. HL7 Austria, 2020a). Als Ergebnis entsteht in beiden Fällen eine FHIR R4-Ressourcenstruktur mit allen transformierten Elementen, für das selektive Transformationsmodell wurde eine Reihe an FHIR-Profilen zur späteren Ergebnisvalidierung erstellt.

Anschließend wird das selektive Transformationsmodell praktisch umgesetzt. Der Autor verwendet den Matchbox-Transformationsserver (vgl. Egger, 2020) zur Ausführung des Mappings. Aus Gründen der Vollständigkeit wird zusätzlich auf den Transformationsablauf mithilfe des Firely Servers vgl. Firely B.V., 2021c eingegangen. In einem ersten Schritt werden die notwendigen Transformationsvoraussetzungen erläutert. Diese bestehen aus FHIR StructureMap-Ressourcen mit Strukturinformationen über In- und Output-Daten, FHIR ConceptMaps mit den verwendeten Terminologien und deren Transformation sowie aus Aufbau und Inhalt der Mapping-Skripten. In Schritt zwei wird die Transformationsoperation ausgeführt, deren Ergebnis in Schritt drei beschrieben und mithilfe der erstellten FHIR-Profilen validiert wird. Aus Gründen der besseren Anschaulichkeit wird der gesamte Transformationsprozess ausschließlich anhand des CDA-Bereiches „Kultureller Erregernachweis“ demonstriert, welcher in Version 3.0.0 des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes auch das Antibiogramm enthält.

Kapitel 5

Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in FHIR

Dieses Kapitel beschäftigt sich auf theoretischer Ebene mit den für eine Transformation erforderlichen Vorarbeiten sowie der Erstellung zweier Transformationsmodelle mit unterschiedlichem Transformationsumfang. Die Vorarbeiten umfassen die Selektion eines FHIR-Servers sowie die Festlegung des Transformationsumfanges, welcher in weiterer Folge die Wahl des Transformationsmodells beeinflusst, siehe Punkt 5.1.2. Als Grundlage für beide Transformationsmodelle werden der offizielle ELGA-CDA Implementierungsleitfaden für mikrobiologische Laborbefunde in der Version 3.0.0 (vgl. ELGA GmbH, 2021u) sowie die entsprechenden Templates, Value Sets und Codesysteme des ART-DECOR Projektes verwendet (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). Dabei handelt es sich derzeit (Stand: 05/2021) um ein laufendes Projekt. Deshalb können sich bis zur Fertigstellung des Leitfadens einzelne inhaltliche Aspekte noch ändern und ggf. von der Arbeit abweichen. Als Ergebnis produzieren beide Transformationsmodelle eine FHIR-Ressourcenstruktur auf Basis von FHIR R4 (vgl. Health Level Seven International, 2019v). Im Gegensatz zur Bachelorarbeit des Autors verzichtet diese Arbeit zugunsten einer besseren Lesbarkeit und eines erhöhten Modellverständnisses auf die feingranulare Transformation jedes einzelnen Elementes/-Datentyps des Laborbefundes. Der Fokus dieses Kapitels liegt auf der grundsätzlichen, überblicksmäßigen Darstellung der wesentlichen Inhalte der Transformationsmodelle samt deren modellspezifischen Unterschieden und Besonderheiten.

5.1 Vorarbeiten der Transformation

Bevor mit der Erstellung der Transformationsmodelle und der Mapping-Skripte begonnen werden kann, müssen drei Entscheidungen getroffen werden, die die Umsetzung der Transformation maßgeblich beeinflussen: die Wahl eines geeigneten FHIR-Servers, die Festlegung des Transformationsumfanges sowie darauf aufbauend die Erstellung einer groben FHIR-Zielstruktur samt aller verwendeten Ressourcen und Terminologien.

5.1.1 FHIR-Server

Der FHIR-Server ist bei Transformationen mithilfe der FHIR Mapping Language von entscheidender Bedeutung. Nicht nur agiert der FHIR-Server während des Transformationsprozesses in verschiedenen Rollen und muss eine Vielzahl an Operationen, Datentypen und Ressourcen unterstützen, sondern bestimmt, wie in Punkt 3.4 beschrieben, maßgeblich die zur Verfügung stehenden Transformationsfunktionen und die korrekte Syntax der Mapping-Skripte. Die Auswahl eines für den Anwendungsfall geeigneten FHIR-Servers ist entscheidend für das Gelingen eines geplanten Transformationsprojektes.

5.1.1.1 Rollen des FHIR-Servers

Sofern nur ein FHIR-Server an der Transformation beteiligt ist, muss dieser im Laufe des Transformationsprozesses in fünf Rollen agieren:

- **Konformanzserver**

Für die Sicherstellung der grundsätzlichen formalen Konformität des In- und Outputs der Transformation nimmt der FHIR-Server die Rolle eines Konformanzservers ein, der mit sämtlichen verwendeten Datenstrukturen vertraut ist. Diese Rolle kann aufgrund ihrer engen Verflechtung mit dem Mappingserver nicht an einen externen FHIR-Server ausgelagert werden.

- **Terminologieserver**

Für die Transformation der Terminologien agiert der FHIR-Server in der Rolle eines Terminologieservers. Die Rolle kann an einen externen FHIR-Terminologieserver ausgelagert werden, sofern dieser Terminologie-Mappings und FHIR ConceptMap-Ressourcen unterstützt.

- **Mappingserver**

Hauptaufgabe des FHIR-Servers ist die Transformation der Datenstrukturen, wozu der FHIR-Server als Mappingserver agiert. Im Zuge der Transformation nimmt dieser auch die Leistung des Konformanzservers in Anspruch, weshalb eine klare Trennung der beiden Rollen nicht möglich ist. Als wichtigstes Element des Transformationsprozesses kann die Rolle des Mappingservers nicht ausgelagert werden. Die Einrichtung eines spezifischen FHIR-Servers ausschließlich zu Transformationszwecken ist möglich. Aus Praktikabilitätsgründen sollten laut Meinung des Autors jedoch die Rollen des Konformanzservers und Mappingservers zusammengefasst werden.

- **Validierungsserver**

Um das Transformationsergebnis gegen ein Profil oder eine FHIR Implementation-Guide-Ressource validieren zu können, agiert der FHIR-Server als Validierungsserver. Diese Validierung ist optional und kein Bestandteil der Spezifikation der FHIR Mapping Language. Die Rolle kann an einen externen FHIR-Server ausgelagert werden, wobei die Zusammenlegung mit dem Konformanzserver zweckmäßig ist. Da dieser wiederum eng mit dem Mappingserver verbunden ist, sollten alle drei Rollen sinnvollerweise auf einem FHIR-Server zusammengefasst werden, womit sich eine Auslagerung erübrigt. Aus diesem Grund verfügt auch Matchbox (vgl. Egger, 2020) über eine Validierungsfunktion.

- **Zielserver**

Das Abspeichern des endgültigen Transformationsergebnisses kann entweder direkt am FHIR-Server stattfinden, der die Transformation durchführt oder an einen externen FHIR-Server ausgelagert werden. Die Spezifikation der FHIR Mapping Language überlässt es der Implementierung, ob das Transformationsergebnis am Server abgespeichert wird oder nicht. Unabhängig davon wird das Transformationsergebnis stets als Antwort auf die Transformationsanfrage an die transformationsinitiierende Stelle zurückgegeben.

5.1.1.2 Matchbox

Matchbox (vgl. ebd.) verbindet die Java-Referenzimplementierung der FHIR Mapping Language (vgl. Grieve u. a., 2020) mit dem HAPI-FHIR-Server (vgl. Agnew, 2020) und dient ausschließlich zu Transformations- und Validierungszwecken. Der Server unterstützt laut FHIR CapabilityStatement nur ein absolutes Minimum an Operationen (`$convert`,

\$transform, \$validate) und Ressourcentypen (ImplementationGuide, OperationDefinition, StructureDefinition, StructureMap) und erlaubt standardmäßig nur die Transformation von CDA-Dokumenten in FHIR (vgl. Egger, 2020). Die Implementierung ist nach Erfahrung des Autors relativ großzügig gestaltet und verzichtet bei der Konvertierung des Mapping-Skripts in eine StructureMap-Ressource auf eine semantische Validierung des Mapping-Skripts. Aus diesem Grund führen etwa unbekannte Variablen (z. B. Tippfehler oder ungültiger Scope) erst bei der Ausführung der Transformation zu einem Laufzeitfehler. Die Fehlermeldungen sind jedoch oft unpräzise und erschweren dadurch die Eingrenzung des Fehlers erheblich. In seltenen Fällen treten Bugs auf, etwa unerklärliche Typtransmutationsfehler oder nicht ausgeführte/ignorierte Transformationsregeln. Da Matchbox die Java-Referenzimplementierung der FHIR Mapping Language verwendet, kann auf eine umfangreiche Dokumentation zurückgegriffen werden. Neben der offiziellen Projektdokumentation auf Github (vgl. ebd.) existiert ein kurzes Tutorial mit einer grundsätzlichen Funktionsbeschreibung im HL7 Confluence Wiki (vgl. Prociouss u. a., 2020). Zudem besteht die Möglichkeit der Verwendung des ausführlichen offiziellen Tutorials der HL7 zur FHIR Mapping Language (vgl. Health Level Seven International, 2019t), welches ebenfalls anhand der Java-Implementierung erstellt wurde. Eine umfassende Übersicht über sämtliche (nicht-)unterstützten Funktionen sowie andere implementierungsspezifische Aspekte der Java-Implementierung wäre hilfreich.

5.1.1.3 Firely Server

Der auf dem .NET Framework von Microsoft basierende, kostenpflichtige FHIR-Server von Firely (vgl. Firely B.V., 2021c) bietet die Möglichkeit, ein Plugin mit einer Implementierung der FHIR Mapping Language einzubinden (vgl. Firely B.V., 2021a). Standardmäßig wird die Transformation von CSV, HL7v2, VCF und (C)-CDA Dokumenten unterstützt, wobei auch eigene Inputformate definiert werden können (vgl. Firely B.V., 2021e). Die unter der Prämisse „höchstmögliche Benutzerfreundlichkeit“ stehende Implementierung ist nach Erfahrung des Autors strenger hinsichtlich Fehlern ausgelegt. Unbekannte Variablen führen bereits in der Konvertierungsphase zu konkreten und aussagekräftigen Fehlermeldungen. Bei der Integration von FHIRPath-Ausdrücken in Mapping-Regeln weicht die Implementierung von der offiziellen Spezifikation ab, diese werden mit Hochkommas gekennzeichnet (vgl. Firely B.V., 2020c). Neben dem auch für diese Implementierung relevanten offiziellen Tutorial der FHIR Mapping Language der HL7 (vgl. Health Level Seven International, 2019t) stellt Firely eine detaillierte implementierungsspezifische Dokumentation samt aller (nicht-) unterstützten Funktionen sowie einem Schritt-für-Schritt-Tutorial zur

Einrichtung, Konfiguration und Ausführung von Transformationen zur Verfügung (vgl. Firely B.V., 2021a).

5.1.2 Transformationsumfang

Bereits in der Bachelorarbeit des Autors wurde auf die Wichtigkeit einer Eingrenzung des Transformationsumfangs vor Transformationsbeginn hingewiesen. Erstens ist die Transformation dadurch wesentlich einfacher und schneller durchzuführen und die erstellte Zielstruktur übersichtlicher. Zweitens soll und kann FHIR nicht dieselbe Datenmenge beinhalten wie CDA (vgl. Ossana, 2019, 6.2). Im Zuge der Erstellung des Transformationskonzeptes der Masterarbeit befasste sich der Autor erneut mit dieser Thematik, diesmal jedoch aufgrund des höheren Praxisbezuges in einer umfassenderen Art und Weise.

5.1.2.1 Erschöpfende Transformation

Der bereits in der Bachelorarbeit des Autors (vgl. ebd., Kap. 4) sowie von Oliver Egger (vgl. Egger, 2019) verfolgte Transformationsansatz hat die möglichst vollumfängliche Transformation aller im CDA-Dokument enthaltenen Daten und Informationen zum Ziel. Es muss eine FHIR Composition-Ressource (vgl. Health Level Seven International, 2019y) als Grundgerüst der erzeugten Zielstruktur verwendet werden, da nur auf diese Art sämtliche in CDA enthaltenen Elemente transformiert werden können. In FHIR dient dieser Ressourcentyp zur Erstellung von Dokumenten, welche ein kohärentes, unveränderliches Set an von Menschen, Maschinen oder Organisationen erzeugten Informationen mit einer fixen Darstellungsart bilden und zum Informationsaustausch verwendet werden können (vgl. Health Level Seven International, 2019r). Dies entspricht im Wesentlichen den Zielen eines CDA-Dokumentes (vgl. Health Level Seven International, 2021e), das Design von CDA trug maßgeblich zur Entwicklung dieses Ressourcentyps bei (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 2.41.3.3). Damit gehen einige Nachteile einher: Neben dem unveränderlichen Aufbau und der dadurch bedingten Inflexibilität der Zielstruktur verstoßen FHIR Dokumente durch die Verbindung von Inhalt und Darstellungsart auch gegen ein fundamentales REST-Prinzip (vgl. Fielding, 2000, S. 90-92). Weiters empfiehlt die offizielle FHIR-Dokumentation zur Abbildung von Laborbefunden die Verwendung von DiagnosticReport-Ressourcen, die somit die native FHIR-Repräsentation für Laborinformationen darstellen (vgl. Health Level Seven International, 2019w). Dieser Ressourcentyp

umfasst jedoch bewusst nur einen kleinen Teil der in CDA gespeicherten Informationen, wodurch eine vollständige Transformation obsolet ist.

In Kombination mit dem fragwürdigen Nutzen einer möglichst vollständigen Transformation aller Informationen des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes in FHIR trug im durchgeführten Transformationsprojekt insbesondere die unnötige Komplexitätssteigerung der erzeugten FHIR-Zielstrukturen zur Einstellung der Arbeiten an diesem Transformationsansatz bei. Ein anschauliches Beispiel dafür sind die zahlreichen an der Erstellung eines CDA-Dokumentes beteiligten Personen - etwa der fachliche und inhaltliche Autor, die für die Validierung zuständige Person, der Verwahrer des Dokumentes, der Auftraggeber, eventuelle Angehörige, etc ... Im Zuge der Transformation in FHIR muss für jede Person eine Practitioner-, Person- oder RelatedPerson-Ressource erzeugt werden, die oft nur über eine eigens definierte Extension in die Ressourcenstruktur eingebunden werden kann. Dies wäre vertretbar, sofern die darin enthaltenen Daten einen wesentlichen Informationsgewinn darstellen würden. Da diese Ressourcen in zahlreichen Fällen nur über einen Namen und maximal eine Telefonnummer verfügen, entstehen unzählige, beinahe leere Ressourcen, deren Informationsgehalt nach Ansicht des Autors in keiner Relation zur dadurch bedingten Komplexitätserhöhung der Zielstruktur steht. Betrachtet man den mit einer derartigen Lösung verbundenen Mehraufwand verschlechtert sich die Relation noch einmal deutlich: Bedingt durch das in CDA vorherrschende Konzept der Informationsredundanz können dieselben Elemente/Personen in verschiedenen Abschnitten eines CDA-Dokumentes vorkommen. Daher muss bei der FHIR-Transformation für jedes zu transformierende Element geprüft werden, ob dieses bereits in eine FHIR-Ressource transformiert wurde. Trifft dies zu, wird eine Referenz auf dieses angelegt, andernfalls wird eine neue FHIR-Ressource erzeugt. Jede dieser über FHIRPath abgewickelten Existenzabfragen bedeutet eine Verschlechterung der Transformationseffizienz bei deutlich höherem Entwicklungsaufwand.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die erschöpfende Transformationsmethode nach Meinung des Autors aufgrund des erheblichen Umsetzungsaufwandes sowie des komplexen Transformationsergebnisses nicht zielführend ist. Zur Verwendung der erschöpfenden Transformationsmethode wird nur bei einer angedachten Rücktransformation von FHIR in CDA geraten, um den Informationsverlust so gering wie möglich zu halten. Da dies nicht Gegenstand der praktischen Umsetzung ist, wurden die Arbeiten an dieser Methode im aktuellen Transformationsprojekt zu einem relativ frühen Zeitpunkt zugunsten der selektiven Transformationsmethode eingestellt. In dieser Arbeit wird die erschöpfen-

de Transformationsmethode daher ausschließlich theoretisch behandelt, eine praktische Umsetzung findet nicht statt.

5.1.2.2 Anwendungsfallbezogene/selektive Transformation

Mangels vorhandener Arbeiten zur Transformation von CDA-Laborbefunden in FHIR DiagnosticReport-Ressourcen musste das Transformationsmodell komplett neu erarbeitet werden. Das Ziel dieses Ansatzes ist die Transformation aller wesentlichen Informationen von CDA in FHIR, wobei der Definition von „wesentlich“ eine besondere Bedeutung zuteil wird: Diese umfasst zum einen ein minimales Set an wesentlichen Elementen, die entweder für das grundlegende Verständnis des Befundes unerlässlich sind, etwa Autor, ausgewählte Stammdaten des Patienten ², Probandetails sowie Informationen zur Analyse und deren Resultate und Interpretationen oder von FHIR vorgeschrieben werden, etwa der Status des Laborbefundes. Darüber hinaus werden alle weiteren Elemente auf ihre Relevanz für den aktuellen Anwendungsfall untersucht und nur dann transformiert, wenn das Element zu einem wesentlichen Informationsgewinn beiträgt. Im praktischen Anwendungsfall betrifft dies konkrete Daten zur Patientenhistorie, wie bekannte (Vor-)Erkrankungen, erfolgte medizinische Eingriffe/Behandlungen, Informationen zur medikamentösen Therapie sowie zur Schwangerschaft des Patienten.

Die Festlegung der zu transformierenden Elemente muss in koordinierter Art und Weise erfolgen und idealerweise von allen am Anwendungsfall beteiligten Parteien gemeinsam ausgearbeitet werden. Wie die Praxis zeigt, stellt diese koordinierte Elementauswahl eine der größten Hürden von Interoperabilitätsprojekten dar. Die tatsächliche Relevanz diverser Elemente lässt sich nicht immer abschließend klären, da Relevanz und Einfluss eines Elementes von verschiedenen Personen unterschiedlich beurteilt werden und die Interessen sowie Auffassungen über Projektinhalt oder Projektziel divergieren. Dies führt aus Sicherheitsgründen zur Aufnahme einer deutlich höheren Anzahl an Elementen als tatsächlich benötigt werden, was einen höheren Transformationsaufwand verursacht und unter Umständen zu Unklarheiten und Missverständnissen führen kann.

5.1.2.2.1 Selektion der relevanten Elemente

Die folgenden Elemente wurden vom Autor als unerlässlich für das grundlegende Verständnis des Laborbefundes eingestuft:

² Anmerkung: Der Autor bezieht sich ausschließlich auf die Rolle des Patienten als Behandlungsobjekt und verzichtet daher in der gesamten Arbeit auf das Gendern dieses Nomens. Dies inkludiert auch Komposita, etwa „Patientendaten“, „Patientenakte“ oder „Patientenhistorie“.

- **Autor**

Der Ersteller des Laborbefundes trägt die Verantwortung für den Inhalt und steht für eventuelle Rückfragen zur Verfügung. Eine Transformation dieses Elementes samt Kontaktdaten ist daher elementar (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 7.3.2) (vgl. ELGA GmbH, 2021b).

- **Mikroskopie**

Eine mikroskopische Analyse des Probenmaterials ermöglicht neben einer ungefähren Bestimmung der Keimbelastung auch die Bestimmung der dominanten Bakterienarten (Staphylokokken, Streptokokken, Pneumokokken, etc ...) und liefert damit weitere Indizien für die Befundung (vgl. ELGA GmbH, 2021x).

Weiters wurden die folgenden Elemente von den Projektpartnern als befundungsrelevant klassifiziert:

- **Befundbewertung**

Datum der Erstellung des Laborbefundes, aus dem das Jahr extrahiert werden kann (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 7.2.9) (vgl. ELGA GmbH, 2021c).

- **Auftraggeber**

Name und Code der Stelle, die den Laborbefund angefordert hat - in diesem Fall die entsprechende Station im AKH Wien oder ein dort tätiger Arzt (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 7.3.8.3) (vgl. ELGA GmbH, 2021ac).

- **Patient**

Code/Id, Geschlecht, Alter und Name des Patienten, auf den sich der Laborbefund bezieht (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 7.3.1) (vgl. ELGA GmbH, 2020g).

- **Probeninformation**

Nummer, Erfassungsdatum und Material der Probe, die als Erstellungsgrundlage des Laborbefundes herangezogen wurde - im aktuellen Fall eine Urinprobe, die entweder Mittelstrahl- oder Katheterharn enthält (vgl. ELGA GmbH, 2021af).

- **Kultureller Erregernachweis**

Ergebnis der Keimanalyse inklusive Name, Spezifizierung, Typ und Menge des oder der gefundenen Keime (vgl. ELGA GmbH, 2019c).

- **Antibiogramm**

Ergebnis der Untersuchung der Keime auf Antibiotikaresistenzen samt getesteter

Antibiotikastämme und Anfälligkeit/Resistenz (minimale Hemmkonzentration) des oder der Keime (vgl. ELGA GmbH, 2021v).

- **Patientenparameter**

Informationen zu Vorerkrankungen, erfolgten medizinischen Eingriffen/Behandlungen, aktuellen medikamentösen Therapien und zur Schwangerschaft des Patienten. Eine offizielle Spezifikation ist derzeit (Stand: 05/2021) noch ausständig.

5.1.2.2.2 Verwendete Ressourcen, Profile und Terminologien

Alle verwendeten Ressourcen basieren auf der im Oktober 2019 veröffentlichten FHIR Version R4 (vgl. Health Level Seven International, 2019v) (vgl. Health Level Seven International, 2019u). Sofern vorhanden, entsprechen die Ressourcen und Terminologien nach Möglichkeit dem veröffentlichten HL7 Austria Core Implementation Guide. Zum Erstellungszeitpunkt der Arbeit (Stand: 05/2021) umfasst dieser eine Profilierung der Patient-Ressource und des Address-Datentyps, eine Extension zur Abbildung der in Österreich anerkannten Religionsgemeinschaften sowie Codesysteme und Value Sets zu Ländercodes und Religionsgemeinschaften. Eine erste Ballotierung (2021-01) wurde kürzlich abgeschlossen (vgl. HL7 Austria, 2020a). Zur Erstellung des selektiven Transformationsmodells werden folgende FHIR-Ressourcen benötigt:

- **Patient**

Enthält alle Stammdaten des Patienten, weiters werden Extensions zur Abbildung von zusätzlichen Adressbestandteilen, Namensteilen und des Geburtsortes verwendet. Die erstellte Ressource entspricht dem veröffentlichten FHIR-Profil des österreichischen Patienten (vgl. ebd.) (vgl. Health Level Seven International, 2019ai).

- **Organization**

Stellt die Organisation dar, in deren Auftrag der Laborbefund erstellt wurde - in diesem Fall eine Station im AKH Wien. Der Organisation zurechenbare Personen/Ärzte werden über eine PractitionerRole-Ressource mit dieser verbunden (siehe PractitionerRole, Practitioner) (vgl. Health Level Seven International, 2019ah).

- **PractitionerRole**

Verbindungsressource, um eine Practitioner-Ressource (Role) RIM-konform (vgl. Health Level Seven International, 2019ar) mit einer Organization-Ressource (Entity) zu verbinden (siehe Organization, Practitioner) (vgl. Health Level Seven International, 2019ak, 8.5.4).

- **Practitioner**

Wird zur Abbildung des Autors sowie des Auftraggebers verwendet - sofern letzterer eine natürliche Person ist. Eine Verbindung mit einer Organisation wird über die PractitionerRole-Ressource realisiert (siehe Organization, PractitionerRole) (vgl. Health Level Seven International, 2019aj, 8.4.4).

- **Condition**

Beschreibt den (gesundheitlichen) Zustand eines Patienten und kann lose mit dem „clinical situation“-Konzept von SNOMED-CT (vgl. SNOMED International, 2021a) verglichen werden. Die Ressource wird zur Darstellung der Patientenparameter (siehe oben) verwendet. Auf die Verwendung einer Procedure-Ressource zur Abbildung von medizinischen Behandlungen wird verzichtet, da nicht die Behandlung selbst, sondern ausschließlich die Patientenhistorie der ausschlaggebende Faktor ist. Zur Anbindung an die DiagnosticReport-Ressource wird eine selbst erstellte Extension verwendet (vgl. Health Level Seven International, 2019aa).

- **Specimen**

Enthält Informationen zum analysierten Probenmaterial - in diesem Fall eine Urinprobe (vgl. Health Level Seven International, 2019am).

- **Observation**

Wichtigster Ressourcentyp des Laborbefundes. Enthält die Ergebnisse sämtlicher durchgeführter Analysen, einschließlich der Befundbewertung (vgl. Health Level Seven International, 2019ag).

Zusätzlich müssen folgende Terminologien aufgrund unterschiedlicher Codesysteme/Value Sets transformiert werden:

- **ELGA_ TelecomAddressUse**

Das Value Set basiert auf dem HL7 v3 AddressUse Codesystem (vgl. Health Level Seven International, 2019b) und schränkt dieses auf sämtliche für Kontaktdaten/Telefonnummern in ELGA relevante Werte ein (vgl. ELGA GmbH, 2013b). In FHIR wird zur Spezifikation von Details zu einem Kontakt oder einer Telefonnummer das ContactPointUse Value Set (vgl. Health Level Seven International, 2019bd) eingesetzt, eine Transformation ist daher notwendig. Das Mapping der Elemente ist vollständig, durch die geringere Zahl an Elementen im FHIR Value Set kommt es jedoch zu einer unwesentlichen Informationsverfälschung.

- **ELGA_EntityNameUse**

Das Value Set basiert auf dem HL7 v3 EntityNameUse Codesystem (vgl. Health Level Seven International, 2019e) und schränkt dieses auf jene Werte ein, die von ELGA zur Angabe der Namensart verwendet werden (vgl. ELGA GmbH, 2011b). In FHIR wird zu diesem Zweck das FHIR Name Use Value Set (vgl. Health Level Seven International, 2019bh) verwendet, eine Transformation ist erforderlich. Das Mapping der Elemente ist unvollständig und somit mit einem Informationsverlust verbunden.

- **ELGA_AddressUse**

Das Value Set basiert auf dem HL7 v3 AddressUse Codesystem (vgl. Health Level Seven International, 2019b) und schränkt dieses auf sämtliche ELGA-relevanten Werte für Adressen ein (vgl. ELGA GmbH, 2011a). In FHIR wird dazu das AddressUse Value Set (vgl. Health Level Seven International, 2019az) verwendet, eine Transformation ist erforderlich. Das Mapping der Elemente ist vollständig, aufgrund der geringeren Zahl an Elementen im FHIR Value Set kommt es jedoch zu einer unwesentlichen Informationsverfälschung.

- **ELGA_AdministrativeGender**

Das Value Set basiert auf dem HL7 v3 AdministrativeGender Codesystem (vgl. Health Level Seven International, 2019c) und erweitert dieses um einen NullFlavor (vgl. Health Level Seven International, 2019f) zur Abbildung von nicht vorhandenen Werten (vgl. ELGA GmbH, 2019a). Es spezifiziert das Geschlecht eines Patienten. In FHIR wird zur Abbildung des Geschlechts das AdministrativeGender Value Set (vgl. Health Level Seven International, 2019ba) verwendet. Da dieses über ein Element zur Abbildung unbekannter Werte verfügt, ist das Mapping vollständig und die enthaltenen Informationen bleiben unverändert erhalten. Eine Transformation wird dennoch benötigt, da sich die Codes unterscheiden.

- **ELGA_AuthorSpeciality**

Das Value Set enthält alle offiziellen, fachärztlichen Berufsbezeichnungen in Österreich und wird zur Abbildung der Fachrichtung des Autors des Laborbefundes eingesetzt (vgl. ELGA GmbH, 2015b). In FHIR wird zur Abbildung der Fachrichtung das ProcedurePerformerRole Value Set verwendet, welches auf SNOMED-CT basiert. Es inkludiert alle Konzepte, die von „Healthcare professional“ abgeleitet sind (vgl. Health Level Seven International, 2019bn). Aufgrund der nationalen Eigenständigkeit des Codesystems sind die verwendeten Codes einzigartig, weshalb die Transforma-

tion aufwändig und mit einem erheblichen Informationsverlust verbunden ist. Zum aktuellen Zeitpunkt (Stand: 05/2021) steht keine deutschsprachige Übersetzung der SNOMED-CT Terminologien zur Verfügung (vgl. HL7 Austria, 2020b, 5 FAQ, Frage 9).

- **Status Laborergebnis**

Jedes Laborergebnis muss laut ELGA-CDA „LaboratoryObservation“ Template über einen Code verfügen, der den aktuellen Status des Tests angibt - dieser kann entweder „completed“ oder „aborted“ sein, ein eigenes Codesystem existiert nicht (vgl. ELGA GmbH, 2019c). In FHIR wird der Status einer Observation mithilfe des ObservationStatus Value Sets (vgl. Health Level Seven International, 2019bl) angegeben, eine Transformation ist erforderlich. Das Mapping der Elemente ist vollständig, es kommt jedoch zu einer unwesentlichen Informationsverfälschung.

5.2 Erschöpfendes Transformationsmodell

Zu Projektbeginn wurde das erschöpfende Transformationsmodell als initialer Modellentwurf verwendet. Die grundsätzliche Durchführbarkeit der Transformation des ELGA-CDA Dokumentes „allgemeiner Laborbefund“ in die FHIR Composition-Ressource wurde bereits in der Bachelorarbeit des Autors (vgl. Ossana, 2019) sowie im Transformationsprojekt von Herrn Egger (vgl. Egger, 2019) unter Beweis gestellt. Vor allem Letzteres bot einen wertvollen Einstiegspunkt für die eigenen Arbeiten. Als Ausgangsbasis wird eine FHIR Composition-Ressource verwendet, die auf eine oder mehrere Patient-, Device-, Practitioner-, Organization-, Specimen-, Observation-, Condition- oder DiagnosticReport-Ressourcen referenziert (vgl. Ossana, 2019, Kap. 4). Da sich die Transformation des für sämtliche ELGA-CDA Dokumente identischen Headers des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes bei Anwendung des erschöpfenden Transformationsmodells mit Ausnahme des Elementes „Zeitpunkt der Auftragserfassung“ (vgl. ELGA GmbH, 2021u) (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) nicht wesentlich von jener des bereits in der Bachelorarbeit behandelten allgemeinen ELGA-CDA Laborbefundes unterscheidet, wird auf eine erneute Behandlung des Aufbaus und der Transformation des CDA Headers verzichtet. Der folgende Abschnitt konzentriert sich somit auf die Transformation des CDA Bodys mit den Mikrobiologie-spezifischen Elementen des ELGA-CDA Laborbefundes. Der Autor behält sich vor, auf die Transformation von wiederkehrenden Elementen zu verzichten, sofern dies aus Gründen der Übersichtlichkeit oder der Redundanzvermeidung erforderlich ist -

davon betroffen sind etwa die CDA-Elemente „id“, „templateId“ oder „statusCode“. Die CDA „NullFlavor“-Elemente werden in FHIR stets mithilfe derselben Extension abgebildet (vgl. Health Level Seven International, 2019k), diese kann bei jedem FHIR-Element eingesetzt werden. Auf eine explizite Transformation jedes Vorkommens wird daher ebenfalls verzichtet.

5.2.1 CDA Header

5.2.1.1 Transformation des Elementes „Auftragserfassung“

Das Element definiert den Zeitpunkt der Auftragserfassung des Zuweisers im Analyselabor und wird mit einem CDA „effectiveTime“-Element abgebildet. In FHIR existiert weder in der Bundle- (vgl. Health Level Seven International, 2019x, 2.36.3), Composition- (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 2.41.4) noch DiagnosticReport-Ressource (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4) ein äquivalentes Element. Mit entsprechender Informationsverfälschung können dazu entweder das Datum der letzten Änderung der Composition-Ressource (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 2.41.9), der Zeitpunkt der Zusammenstellung des Bundles (vgl. Health Level Seven International, 2019x, 2.36.7) oder der Erstellungszeitpunkt der DiagnosticReport-Ressource (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.8) herangezogen werden. Die beiden letzteren Möglichkeiten erfordern jedoch einen FHIR „instant“-Datentyp, bei dem im Vergleich zum „dateTime“-Datentyp unter anderem eine Spezifikation der Zeitzone zwingend vorgeschrieben ist (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.1). Für eine korrekte Abbildung muss das CDA-Element daher entweder um eine Zeitzone erweitert oder eine eigene FHIR-Extension definiert werden. Da nach Meinung des Autors keine der vorgeschlagenen FHIR-Abbildungsmöglichkeiten eine zufriedenstellende Alternative darstellt, wird zu zweitgenannter Abbildungsmöglichkeit geraten.

5.2.2 CDA Body

5.2.2.1 Transformation des Bereiches „Überweisungsgrund“

Der Überweisungsgrund enthält eine aus Sicht des Gesundheitsdiensteanbieters narrative Beschreibung des Auftragsgrundes sowie seit der letzten Version optional Daten des Patienten selbst. Zusätzlich beinhaltet dieser Bereich neben einem Bereichscode-, einem

Titel- und einem Textelement ein „author“ sowie „informant“-Element. Ergänzend kann der Bereich seit Version 3.0.0 einen maschinenlesbaren „entry“-Teil mit weiteren klinischen Angaben umfassen, in dem zusätzlich Informationen zur Krankheitsgeschichte und zu bestehenden Vorerkrankungen abgebildet werden können (vgl. ELGA GmbH, 2021u, 13.4.4.2) (vgl. ELGA GmbH, 2021e).

In FHIR erfolgt die Abbildung des Überweisungsgrundes durch die Spezifikation eines neuen „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource. Der Titel, der in einen FHIR CodeableConcept-Datentyp transformierte Bereichscode (vgl. Ossana, 2019, 4.1.5) und der Text aus dem „section“-Element von CDA werden in die gleichnamigen Elemente in FHIR übernommen. Das Textelement verwendet den CDA ED (Encapsulated Data) Datentyp, welcher unspezifisch für (un-)formatierte Texte, Multimediadaten, strukturierte Informationen eines anderen Standards oder Referenzen eingesetzt werden kann (vgl. Health Level Seven International, 2021d). Im Gegensatz dazu darf das Pendant in FHIR, der Narrative-Datentyp, ausschließlich XHTML-codierten Inhalt besitzen. Des Weiteren sind nur bestimmte (Basis-)Elemente des HTML Standards erlaubt (vgl. Health Level Seven International, 2019af, 2.4.0).

Eine Transformation ist somit nur möglich, wenn die im CDA ED-Datentyp enthaltenen Informationen diesen Regeln entsprechen.

5.2.2.1.1 CDA „author“-Element - FHIR Practitioner(-Role)/Device-Ressource

Das „author“-Element enthält die für den Inhalt des Elementes verantwortliche Person - meist den überweisenden Arzt. Es besitzt einen Funktionscode des Autors, den Freigabezeitpunkt der Dokumentation sowie ein „assignedAuthor“-Element, in dem sich die eigentlichen Kontaktdaten befinden. Dazu zählen neben einem Code des ELGA_AuthorSpecialty Value Sets eine Adresse, eine Telefonnummer, die Organisation, in deren Auftrag der Verfasser tätig ist sowie ein „assignedPerson“- oder „assignedAuthoringDevice“-Element. Das „assignedPerson“-Element wird verwendet, sofern der Autor eine natürliche Person ist. Das „assignedDevice“-Element wird verwendet, sofern der Autor ein datenerstellendes Gerät ist (vgl. ELGA GmbH, 2021b).

Im FHIR „section“-Element besteht zur Abbildung des Verfassers der Zuweisung die Möglichkeit, eine Referenz auf einen Autor zu spezifizieren. Dies können mehrere Ressourcentypen sein, für den konkreten Fall sind allerdings nur die Ressourcen Practitioner, PractitionerRole sowie Device relevant. Zur FHIR-Transformation des CDA „author“-Elementes wird zunächst überprüft, ob ein „assignedPerson“- oder „assignedDevice“-Element vorhanden ist. Davon abhängig wird der Inhalt entweder mit einer Practitioner- und

PractitionerRole-Ressource oder mit einer Device-Ressource in FHIR dargestellt (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 9.2.1).

Sofern der Verfasser eine Person ist („assignedPerson“-Element vorhanden), wird das Element mit dem Funktionscode in das „code“-Element der PractitionerRole-Ressource übernommen. Dieses sollte zwar nur (SNOMED-CT-) Codes aus dem PractitionerRole Value Set (vgl. Health Level Seven International, 2019ak, 8.5.4) enthalten, hat jedoch nur den Status „example“ - eine Transformation ist auch ohne zwingende Terminologie-Transformation möglich (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2). Der Freigabezeitpunkt der Dokumentation kann aufgrund der abweichenden Struktur nicht in FHIR transformiert werden, zur Abbildung muss eine eigene Extension der FHIR Composition-Ressource spezifiziert werden. Der Inhalt des „assignedPerson“-Elementes wird in die FHIR Practitioner-Ressource transformiert, für den genauen Ablauf (vgl. Ossana, 2019, 4.1.13.1).

Sofern der Verfasser eine Maschine ist („assignedAuthoringDevice“-Element vorhanden), können der Funktionscode sowie der Freigabezeitpunkt der Dokumentation nicht transformiert werden. Das „assignedAuthoringDevice“-Element wird in eine FHIR Device-Ressource transformiert (vgl. ebd., 4.1.13.2). Die erzeugten FHIR Practitioner-, PractitionerRole- oder Device-Ressourcen werden am Ende im „author“-Element der FHIR Composition-Ressource referenziert.

5.2.2.1.2 CDA „informant“-Element - FHIR Practitioner/RelatedPerson-Ressource

Das „informant“-Element enthält zusätzlich Quellenhinweise für die im CDA-Dokument enthaltenen Informationen. Diese stammen nicht vom Gesundheitsdiensteanbieter, sondern zum Beispiel vom Patienten selbst, dessen Angehörigen, etc ... Das zugehörige „Informant Body“-Template spezifiziert ein „assignedEntity“- sowie ein „relatedEntity“-Element (vgl. ELGA GmbH, 2021r). Das „assignedEntity“-Element kann in eine FHIR Practitioner-Ressource transformiert werden, das „relatedEntity“-Element weist eine hohe Übereinstimmung mit der FHIR RelatedPerson-Ressource auf. Die Transformation des „assignedEntity“-Elementes erfolgt in derselben Weise wie die des „assignedPerson“-Elementes, siehe Punkt 5.2.2.1.1.

5.2.2.1.2.1 CDA „relatedEntity“-Element - FHIR RelatedPerson-Ressource

Das „relatedEntity“-Element besitzt neben einem Code, der aus dem ELGA_PersonalRelationship Value Set stammen muss und die Beziehung der Person zum Patienten spezifiziert, eine Adresse, eine Telefonnummer sowie ein „relatedPerson“-Element (vgl. ELGA GmbH, 2021r). Dieses enthält ein Element mit dem vollständigen Namen, wobei auch ein NullFlavor möglich ist (vgl. ELGA GmbH, 2021k).

Um den Beziehungscode zum Patienten in das FHIR „relationship“-Element transformieren zu können, sollte der Code zuerst vom ELGA_PersonalRelationship Value Set (vgl. ELGA GmbH, 2018c) in das FHIR PatientRelationshipType Value Set (vgl. Health Level Seven International, 2019bo) übersetzt werden. Die Verwendung des Value Sets in FHIR hat den Status „preferred“ (vgl. Health Level Seven International, 2019ap, 8.2.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3). Da beide Value Sets auf dem HL7 v3 „Role Code“-Codesystem (vgl. Health Level Seven International, 2019ap) basieren, ist eine Transformation ohne Informationsverlust möglich.

Die Adresse und die Telefonnummer der Person werden in das „address“- und „telecom“-Element der RelatedPerson-Ressource übernommen. Dabei ist eine Transformation der Datentypen erforderlich, für nähere Informationen siehe Ossana, 2019, 4.1.12.1.2 für den „Address“-Datentyp und ebd., 4.1.12.1.3 für den „ContactPoint“-Datentyp.

Sofern das „relatedPerson“-Element keinen NullFlavor enthält, kann der darin enthaltene Name der Person in das „name“-Element der FHIR RelatedPerson-Ressource transformiert werden (vgl. ebd., 4.1.12.1.4).

Nach erfolgter Transformation des CDA „informant“-Elementes in eine Practitioner-, PractitionerRole- oder RelatedPerson-Ressource besteht jedoch wie bei allen FHIR-Ressourcen das Problem einer mangelnden Referenzierungsmöglichkeit in der Composition-Ressource. Einen möglichen Ausweg böte die Spezifikation einer „informant“-Extension, ähnlich dem Profil der Composition-Ressource des „CDA On FHIR England“-Projektes (vgl. Health and Social Care Information Centre, 2017).

Der „entry“-Teil des Bereiches „Überweisungsgrund“ enthält maschinenlesbare Elemente, Beilagen zur Spezifikation von klinischen Angaben sowie Informationen zum Patienten. Der Inhalt kann entweder dem Template „Eingebettetes Objekt Entry“ oder dem Template „Konsultationsgrund Problem Concern Entry“ entsprechen, das Template zur Spezifikation der Patientenparameter befindet sich derzeit (Stand: 05/2021) in Bearbeitung. Der Unterschied zwischen den Templates „Eingebettetes Objekt Entry“ und „Konsulta-

tionsgrund Problem Concern Entry“ ist folgender: während Ersteres ausschließlich ein eingebettetes, unkomprimiertes und im Base64-Format codiertes Objekt (entweder PDF-Datei oder Bild) enthalten darf (zur Transformation siehe Punkt 5.2.2.4.6), ermöglicht Zweiteres die maschinenlesbare Spezifikation von klinischen Angaben (vgl. ELGA GmbH, 2021u, 13.4.4.2) (vgl. ELGA GmbH, 2021e).

Bei Verwendung des Templates „Konsultationsgrund Problem Concern Entry“ setzt sich der Inhalt aus einem „code“-, einem „statusCode“-, einem „effectiveTime“-, einem „performer“-, einem „actor“-, einem „informant“-, einem „participant“- und einem „entryRelationship“-Element des Templates „Konsultationsgrund Problem Entry“ zusammen. Letzteres beinhaltet den eigentlichen Konsultationsgrund sowie einem „reference“-Element, in dem Verweise auf externe Dokumente spezifiziert werden können (vgl. ELGA GmbH, 2021s).

In FHIR wird zur Abbildung der klinischen Angaben der Ressourcentyp Observation verwendet. Aufgrund der abweichenden Struktur kann in FHIR ausschließlich der Inhalt des „entryRelationship“-Elementes abgebildet werden - ein CDA „observation“-Element.

5.2.2.1.3 CDA „observation“-Element - FHIR Observation-Ressource

Der Inhalt des Elementes setzt sich zusammen aus: dem Code des Gesundheitsproblems aus dem ELGA_Problemarten_2018 Value Set, einer Referenz auf den narrativen (Level 2) Text, einem Statuscode, einem „effectiveTime“-Element mit dem Zeitintervall, einem „value“-Element mit der codierten oder uncodierten Angabe des Gesundheitsproblems, einem „targetSiteCode“-Element mit der anatomischen Lage des Problems, diversen Personenelementen („performer“, „author“, „informant“, „participant“) sowie einem „entryRelationship“-Element mit dem tatsächlichen Gesundheitsproblem. Für letzteres werden wiederum fünf mögliche Templates spezifiziert - „Comment Entry“, „Severity Observation“, „Criticality Observation“, „Certainty Observation“ und „Problem Status Observation“ (vgl. ELGA GmbH, 2021t).

Der Code des Gesundheitsproblems wird in das „code“-Element der Observation-Ressource übertragen. Im atcdabbr_ELGA_Problemarten_2018 Value Set werden SNOMED-CT-Codes (vgl. ELGA GmbH, 2020c) und im FHIR ObservationCode Value Set LOINC-Codes verwendet (vgl. Health Level Seven International, 2019bj, 4.4.1.521). Da Letzteres nur den Status „example“ hat, ist eine Transformation nicht erforderlich (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2). Die Referenz auf den narrativen (Level 2) Text kann nicht in der FHIR Observation

Ressource abgebildet werden, aufgrund des abweichenden Konzeptes wird diese allerdings auch nicht benötigt.

Das „statusCode“-Element entspricht dem „status“-Element der Observation-Ressource und enthält den fixen Wert „completed“. Die Transformation erfolgt in das „status“-Element der FHIR Observation-Ressource. Das darin verwendete ObservationStatus Value Set hat den Status „required“, eine Terminologie-Transformation ist unumgänglich (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.1). Der Code entspricht am ehesten dem Code „final“ des FHIR ObservationStatus Value Sets, welcher in FHIR zur Kennzeichnung einer abgeschlossenen Observation eingesetzt wird (vgl. Health Level Seven International, 2019bl). Da das „status“-Element in jeder Observation-Ressource zwingend anzugeben ist und in ELGA fast immer der Wert „completed“ verwendet wird, kann das Element zur Vermeidung von Validierungsfehlern mit dem hartcodierten Wert „final“ versehen werden.

Das „effectiveTime“-Element mit der Zeitspanne des Bestehens des Gesundheitsproblems kann mithilfe des „effective“-Elementes der Observation-Ressource abgebildet werden. Dazu werden die im „effectiveTime“-Element enthaltenen Elemente „low“ und „high“ in die entsprechenden Pendanten „start“ und „end“ des FHIR Period-Datentyps übertragen und dieser im FHIR „effective“-Element referenziert (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.10).

Das „value“-Element kann entweder eine codierte, uncodierte oder codierte Angabe ohne passenden Code enthalten. Die Transformation erfolgt in jedem Fall in eine FHIR Observation-Ressource.

Sofern eine codierte Angabe vorliegt, beinhaltet das Element einen Code aus dem ELGA_Problems Value Set, welches Codes aus den Codesystemen ICD-10, ICPC-2, ICF oder SNOMED-CT enthalten kann. Weiters besitzt es ein „originalText“-Element mit einer Referenz auf den narrativen (Level 2) Text, ein „qualifier“-Element mit einer genaueren Beschreibung des Codes mithilfe des elgagab_Art_der_Diagnose_VS Value Sets sowie ein „translation“-Element zur Spezifikation von Codes aus anderen Value Sets oder Übersetzungen (vgl. ELGA GmbH, 2021t).

Das Element wird in einen FHIR CodeableConcept-Datentyp transformiert, wobei das „value“-Element durch einen Coding-Datentyp abgebildet wird (vgl. Ossana, 2019, 4.1.5). Der Inhalt des „originalText“-Elementes kann entweder in das „text“-Element des CodeableConcept-Datentyps oder das „display“-Element des Coding-Datentyps übertragen werden, die enthaltene Referenz muss zuvor aufgelöst werden. Zur Abbildung der in den

„qualifier“- und „translation“-Elementen enthaltenen Codes existiert in FHIR keine explizite Abbildungsmöglichkeit, jedoch kann der CodeableConcept-Datentyp mehrere Coding-Elemente enthalten - die Transformation erfolgt in gleicher Weise wie jene des „value“-Elementes. Es sind keine Terminologie-Transformationen notwendig.

Sofern eine codierte Angabe ohne passenden Code oder eine uncodierte Angabe vorliegen, besitzt das Element ausschließlich ein „originalText“-Element, im Falle der codierten Angabe ohne passenden Code zusätzlich ein „translation“-Element (vgl. ELGA GmbH, 2021t). Die Transformation erfolgt analog zur codierten Angabe, die NullFlavor-Elemente werden durch die entsprechende Extension abgebildet (vgl. Health Level Seven International, 2019k).

Das „targetSiteCode“-Element folgt dem „Laterality Qualifier“-Template und kann entweder einen Code aus dem atcdabbr_LateralityQualifierCode_VS oder dem atcdabbr_TopographicalModifierQualifier_VS Value Set enthalten (vgl. ELGA GmbH, 2021z) - beide Value Sets basieren auf SNOMED-CT-Codes (vgl. ELGA GmbH, 2020a) (vgl. ELGA GmbH, 2020d).

In beiden Fällen erfolgt die Transformation in das „bodySite“-Element der FHIR Observation-Ressource, das dort spezifizierte Value Set basiert ebenfalls auf SNOMED-CT (vgl. Health Level Seven International, 2019bb, 4.4.1.342). Eine Transformation ist somit aus terminologischer Sicht kein Problem, die erlaubten Konzepte unterscheiden sich jedoch. Während die Value Sets in ELGA-CDA ausschließlich Codes beinhalten dürfen, die auf dem Konzept „Topographical modifier“ basieren und eine vage topografische Angabe enthalten, erlaubt das FHIR „Body Site“-Value Set nur Codes, die vom Konzept „Anatomical or acquired body structure“ abgeleitet sind und eine genaue Körperregion/-stelle definieren. Da das Value Set in FHIR jedoch nur den Status „example“ hat, ist eine Transformation dennoch möglich (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2).

Das CDA „performer“-Element folgt dem „Performer Body - Laboratory“ Template und entspricht dem „performer“-Element der Observation-Ressource, welche eine Referenz auf eine Practitioner-, PractitionerRole-, Organization-, CareTeam-, Patient- oder RelatedPerson-Ressource enthalten kann (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3) (vgl. ELGA GmbH, 2021ad). Da das CDA „performer“-Element in den meisten Fällen ein Arzt oder ein sonstiger Gesundheitsdienstleister sein wird und eine vom Inhalt des CDA-Elementes abhängige Erstellung der entsprechenden FHIR-Ressource nicht möglich ist, wird das Element stets mithilfe von PractitionerRole- und Practitioner-Ressourcen abgebildet.

Es enthält neben dem Zeitpunkt, zu dem die Testdurchführung abgeschlossen wurde, ein „assignedEntity“-Element mit Angaben zur Person. Der Zeitpunkt kann aufgrund der abweichenden Struktur nicht in FHIR transformiert werden, das „assignedEntity“-Element wird analog zum „assignedPerson“-Element abgebildet, siehe Punkt 5.2.2.1.1.

Das „author“-Element entspricht dem „author“-Element der Observation-Ressource, die Transformation funktioniert für alle CDA „author“-Elemente auf dieselbe Weise, siehe Punkt 5.2.2.1.1 (vgl. ELGA GmbH, 2021ad).

Für die Transformation der CDA-Elemente „informant“ und „participant“ ist zur Abbildung in der Observation-Ressource die Spezifikation einer Extension erforderlich. Für die Transformation des „informant“-Elementes siehe Punkt 5.2.2.1.2, die Transformation des „participant“-Elementes entspricht aufgrund des ähnlichen Aufbaus jener des „author“-Elementes, siehe Punkt 5.2.2.1.1 (vgl. ebd.).

Die fünf möglichen Templates im „entryRelationship“-Element enthalten Referenzen auf Freitextstellen im menschenlesbaren CDA Level 2 Bereich des Laborbefundes (vgl. ebd.). Der strukturelle Aufbau ist ähnlich, sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Verwendung unterschiedlicher TemplateIds, Codes und Value Sets. Während das „Comment Entry“-Template ausschließlich eine Referenz enthält (vgl. ELGA GmbH, 2021g), verfügen die „Observation“-Templates („Severity Observation“ (vgl. ELGA GmbH, 2021ai), „Criticality Observation“ (vgl. ELGA GmbH, 2021h), „Certainty Observation“ (vgl. ELGA GmbH, 2021f) und „Problem Status Observation“ (vgl. ELGA GmbH, 2021ag)) zusätzlich über ein „value“-Element, das einen Code aus einem vorgegebenen Value Set enthalten muss.

Die Transformation erfolgt in derselben Weise wie die bisher beschriebene Transformation des „entryRelationship“-Elementes, siehe Punkt 5.2.2.1.3. Die daraus resultierenden FHIR Observation-Ressourcen werden über die „hasMember“-Referenz als Unterressourcen mit der Observation-Hauptressource verbunden (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3).

5.2.2.1.4 Transformation „Patientenparameter“

Die offizielle Spezifikation eines Templates zu diesem Element ist zum aktuellen Zeitpunkt (Stand: 05/2021) noch ausständig, daher bezieht sich der Autor im Folgenden auf Vorabinformationen der ELGA GmbH zum wahrscheinlichen Aufbau und Inhalt sowie die im Projekt festgelegten abzubildenden Datenfelder. Sämtliche verwendete Codes, Ids und

Codesysteme/Value Sets müssen erst spezifiziert oder um neue Codes erweitert werden, weshalb nicht näher auf diese strukturelevanten Terminologien eingegangen wird. Die Benennung des Elementes ist zurzeit nicht final und wird sich in Zukunft noch ändern. Der Bereich enthält die befundungsrelevante Krankheitsgeschichte des Patienten, der genaue Inhalt hängt vom konkreten Einsatzzweck des Laborbefundes ab. Im aktuellen Fall umfasst der Bereich folgende Elemente:

- **Urethritis**

Angabe zum aktuellen Bestehen eines Harnwegsinfektes. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Geschichte Urethritis**

Angabe, ob der Patient unter einem chronischen oder rezidivierenden Harnwegsinfekt leidet. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Nosokomiale Infektion**

Angabe zum aktuellen Bestehen einer nosokomialen Infektion. Abbildung durch boolesche Variable. Bei positivem Befund werden zur Interpretation zusätzlich das Hospitalisierungsdatum und die durchgeführten Operationen benötigt.

- **Schwangerschaft**

Angabe zum Bestehen einer Schwangerschaft. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Immunsupprimiert**

Angabe zur aktuellen Einnahme von immunsupprimierenden Medikamenten. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Knochenmarktransplantation**

Angabe, ob der Patient jemals einer Knochenmarktransplantation unterzogen wurde. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Organtransplantation**

Angabe, ob der Patient jemals eine Gewebe- oder Organspende erhalten hat. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Neutropenie**

Angabe zum aktuellen Bestehen einer Neutropenie. Abbildung durch boolesche Variable.

- **Antibiotikatherapie**

Angabe, ob sich der Patient bereits unter Antibiotikatherapie befindet. Abbildung durch boolesche Variable.

Das Element enthält ein „act“-Element, welches mit einem eigenen Bereichscode und dem in ELGA obligatorischen Statuscode „completed“ gekennzeichnet ist. Dieses beinhaltet ein „entryRelationship“-Element, welches wiederum ein „organizer“-Element enthält. In diesem befindet sich pro Sachverhalt ein „component“-Element.

Die im „entry“-Element enthaltenen „act“- , „entryRelationship“- und „organizer“-Elemente sowie deren Codes können aufgrund der abweichenden Struktur nicht in FHIR transformiert werden. Die Abbildung der einzelnen CDA „component“-Elemente in FHIR erfolgt mithilfe von Condition-Ressourcen, die für klinische Zustände, Diagnosen und Probleme eines Patienten eingesetzt werden (vgl. Health Level Seven International, 2019aa, 9.2.1). Laut FHIR-Spezifikation könnte zur Abbildung vergangener medizinischer Eingriffe eines Patienten auch eine Procedure-Ressource herangezogen werden (vgl. Health Level Seven International, 2019a, 9.3.1). Nach Meinung des Autors legt dieser Ressourcentyp den Fokus aber mehr auf den Eingriff selbst und weniger auf den Zustand danach, dem in diesem Zusammenhang eine wesentlich höhere Relevanz zukommt. Weiters erschwert die in diesem Fall notwendige Unterscheidung der erhaltenen SNOMED-CT Codes in Condition und Procedure die Transformation erheblich. Die Weiterverarbeitung des Transformationsergebnisses wird durch die höhere Anzahl an möglichen Ressourcen ebenfalls negativ beeinträchtigt.

5.2.2.1.4.1 CDA „component“-Element - FHIR Condition-Ressource

Das CDA „component“-Element enthält neben einem „statusCode“- und einem „effectiveDate“-Element als Hauptbestandteile ein „code“-Element mit der genauen Spezifikation des Sachverhaltes über einen SNOMED-CT Code sowie ein „value“-Element mit einer booleschen Variable.

Das „statusCode“-Element muss den Wert „completed“ enthalten und gibt an, dass der Inhalt vollständig vorhanden und die Untersuchung erfolgreich beendet wurde (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 8.4.5.1.1). Es besitzt kein Pendant in FHIR. Eine Abbildungsmöglichkeit wäre die Verwendung des „clinicalStatus“-Elementes der FHIR Condition-Ressource. Dieses spezifiziert die aktuelle medizinische Situation des Patienten bezüglich des in der Ressource enthaltenen klinischen Zustandes. Da es fix an ein FHIR-spezifisches Value Set gebunden ist, ist die erforderliche Terminologie-Transformation aufgrund des abweichenden Einsatzzwecks schwierig und würde zu einer erheblichen Informationsverfälschung

führen. Eine verlustfreie Transformation ist daher nur mithilfe der Spezifikation einer Extension der Condition-Ressource möglich (vgl. Health Level Seven International, 2019aa, 9.2.3).

Das „effectiveTime“-Element gibt den klinisch relevanten Zeitpunkt des „component“-Elementes an. Es ist noch nicht geklärt, welcher Zeitpunkt verwendet werden soll: Entweder jener, zu dem der Patient den Zustand zum ersten Mal wahrgenommen hat oder jener der elektronischen Ersterfassung des Zustandes im Krankenhausinformationssystem. Abhängig davon wird das Element entweder in das „onset“ oder „recordedDate“-Element der FHIR Condition-Ressource transformiert. Aufgrund der übereinstimmenden regulären Ausdrücke für beide Zeitelemente ist eine Transformation ohne Informationsverlust möglich (vgl. Ossana, 2019, 4.1.7) (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 6.3.1) (vgl. Health Level Seven International, 2019aa, 9.2.6).

Das „code“-Element wird in das gleichnamige Element der Condition-Ressource transformiert. Beide Elemente verwenden SNOMED-CT Codes als Grundlage, eine Transformation ist somit problemlos möglich. Es gilt dabei zu beachten, dass das in FHIR eingesetzte Value Set nur jene Konzepte umfasst, die von „Clinical finding“ abgeleitet sind. Da ein Großteil der verwendeten Konzepte jedoch auch Kindelemente von „situation“ oder „disorder“ sind, kommt es zu einem unwesentlichen Verstoß gegen die FHIR-Spezifikation - das angegebene Value Set hat den Status „example“ und die Verwendung anderer SNOMED-CT Konzepte ist somit möglich (vgl. ebd., 9.2.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019bc, 4.4.1.118.1) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2).

Das „value“-Element gibt an, ob der mithilfe eines SNOMED-CT-Codes angegebene Sachverhalt auf den Patienten zutrifft oder nicht. Es besitzt kein direktes Gegenstück in FHIR, da nicht zutreffende klinische Zustände nicht abgebildet werden. Eine mögliche, wenn auch unkonventionelle Abbildungsmöglichkeit ist die Verwendung des FHIR „verificationStatus“-Elementes, welches den Validierungsstatus des klinischen Zustandes enthält. Im Falle eines zutreffenden Sachverhaltes mit positivem booleschen Ausdruck wird das Element auf „confirmed“ gesetzt, ansonsten auf „refuted“. Damit ist eine Transformation ohne Informationsverlust möglich (vgl. Health Level Seven International, 2019aa, 9.2.3).

5.2.2.2 Transformation des Bereiches „Angeforderte Untersuchungen“

Der Bereich enthält die seitens des Auftraggebers angeforderten Untersuchungen und Analysen als Freitext in empfohlener tabellarischer Darstellung. Eine maschinenlesbare, codierte Angabe ist seit Version 3.0.0 optional möglich. Der Inhalt setzt sich neben einem Bereichscode-, einem Titel und einem Textelement aus den Personenelementen „author“

und „informant“, einem „component“-Element mit etwaigen Übersetzungen des Textelementes sowie einem „entry“-Element mit den codierten Untersuchungen zusammen (vgl. ELGA GmbH, 2021u, 13.4.4.4).

In FHIR erfolgt die Abbildung der Untersuchungen durch die Spezifikation eines neuen „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource. Analog zur Transformation der bisherigen Bereiche werden die Elemente Bereichscode, Titel und Text in die entsprechenden FHIR-Pendants übertragen. Bei der Transformation des Textelementes müssen die Restriktionen des FHIR Narrative-Datentyps beachtet werden, siehe Punkt 5.2.2.1.4. Das „author“-Element wird mithilfe von FHIR PractitionerRole-, Practitioner- oder Device-Ressourcen abgebildet (siehe Punkt 5.2.2.1.1) und im „author“-Element des „section“-Elementes referenziert.

Das „component“-Element folgt dem ELGA-CDA „Übersetzung“-Template (vgl. ebd., 13.4.4.3) und kann standardmäßig nicht in FHIR abgebildet werden, die Definition einer universalen „translation“-Extension (vgl. Health Level Seven International, 2019p) ist unvermeidlich. Diese wird als Kindelement des „text“-Elementes innerhalb des „section“-Elementes gesetzt und enthält die Übersetzung in Form eines FHIR String- oder Markdown-Datentyps. Von dem „Übersetzung“-Template können daher nur die „languageCode“- und „text“-Elemente abgebildet werden - die Personenelemente „author“ und „informant“ sowie das „title“-Element können auf diesem Weg nicht transformiert werden (vgl. ELGA GmbH, 2021d).

Das „entry“-Element enthält ein „procedure“-Element und folgt dem „Procedure Entry“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021u, 13.4.4.3). Die Transformation erfolgt in eine FHIR Procedure-Ressource.

5.2.2.2.1 CDA „procedure“-Element - FHIR Procedure-Ressource

Das „procedure“-Element gliedert sich in den Code des Eingriffs/der Behandlung, einem Statuscode, einer Durchführungszeitspanne, einer anatomischen Herangehensweise, einer Körperstelle, den Personenelementen „author“ und „informant“ sowie einer Referenz auf externe Dokumente (vgl. ELGA GmbH, 2021ah).

Der Code des Eingriffs oder der Behandlung kann entweder aus dem ELGA_AbsentOrUnknownProcedures oder dem ELGA_Procedures Value Set stammen. Dabei kann auch ein NullFlavor angegeben werden. In diesem Fall muss jedoch ein „originalText“-Element mit einer Referenz auf das „text“-Element im menschenlesbaren Level 2-Bereich des CDA

Dokumentes vorhanden sein.

Sofern ein Code vorhanden ist, enthält das Element neben diesem ein optionales „originalText“-Element mit einer Referenz auf den narrativen (Level 2) Text und ein „translation“-Element mit einer eventuellen Spezifikation von Codes aus anderen Value Sets oder Übersetzungen.

Das Element wird in einen FHIR CodeableConcept-Datentyp transformiert und im „code“-Element der Procedure-Ressource referenziert (vgl. Ossana, 2019, 4.1.5). Eine Terminologie-Transformation kann, muss jedoch nicht erfolgen - die Verwendung von SNOMED-CT-Codes des Typs „procedure“ wird vorgeschlagen, dieser Vorschlag hat aber nur den Status „example“ (vgl. Health Level Seven International, 2019a, 9.3.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019a, 4.1.5.3.2). Während die beiden Codes des ELGA_AbsentOrUnknownProcedures Value Sets, „no-procedure-info“ und „no-known-procedures“ (vgl. ELGA GmbH, 2020e) in SNOMED-CT ohne Berücksichtigung des „procedure“-Typs durch „Procedure not indicated (situation)“ (428119001) (vgl. SNOMED International, 2021c) oder „No known procedures (situation)“ (787480003) (vgl. SNOMED International, 2021b) ausgedrückt werden könnten, ist die Transformation der Codes des ELGA_Procedures Value Sets erheblich aufwändiger. Da diese auf dem österreichischen Leistungskatalog basieren, müssten sämtliche darin enthaltene Codes zuvor in SNOMED-CT umcodiert werden (vgl. ELGA GmbH, 2017b). Dies kann jedoch erst im Zuge der Entwicklung einer nationalen Erweiterung angedacht werden. Als Zwischenlösung empfiehlt der Autor den Verzicht auf eine Terminologie-Transformation und die Verwendung der unveränderten Codes des Value Sets.

Die Transformation des „originalText“-Elementes mit einer Referenz auf den narrativen Text erfolgt in das „note“-Element der FHIR Procedure-Ressource. Dieses beinhaltet zusätzliche Informationen zur Behandlung und basiert auf einem Annotation-Datentyp, dessen „text“-Element Freitext im „markdown“-Format enthalten kann (vgl. Health Level Seven International, 2019a, 2.24.0.18). Nach Auflösen der Referenz muss der in XHTML codierte Text des narrativen Teils in den Datentyp markdown übersetzt werden. Zu diesem Zweck existieren zahlreiche Konverter, meist auf Basis von XSLT - etwa (Young, 2013).

Das „translation“-Element mit zusätzlichen Codes hat kein entsprechendes Pendant in FHIR, der im „code“-Element der Procedure-Ressource enthaltene CodeableConcept-Datentyp kann jedoch mehrere „coding“-Elemente aufnehmen - für die Transformation siehe Ossana, 2019, 4.1.5.

Das „`approachSiteCode`“-Element impliziert die anatomische Herangehensweise der Behandlung und verfügt über einen Code aus dem `ELGA_ProcedureApproachSite` Value Set. Die Transformation erfolgt analog zum „`targetSiteCode`“-Element in das „`bodySite`“-Element der FHIR Procedure-Ressource, das mehrere CodeableConcept-Datentypen enthalten kann (vgl. Health Level Seven International, 2019al, 9.3.3). Eine Terminologie-Transformation ist nicht erforderlich, da beide Value Sets ausschließlich SNOMED-CT-Codes des Typs „Body site“ enthalten dürfen (vgl. ELGA GmbH, 2017a) (vgl. Health Level Seven International, 2019bb).

Das Element „`statusCode`“ darf zusätzlich zum Wert „`completed`“ auch die Werte „`active`“, „`aborted`“ oder „`cancelled`“ für noch nicht abgeschlossene oder abgebrochene Behandlungen besitzen. Die Transformation erfolgt in das „`status`“-Element der FHIR Procedure-Ressource. Das darin verwendete „`EventStatus`“ Value Set hat den Status „`required`“, eine Terminologie-Transformation ist unverzichtbar (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.1). Im Zuge einer Terminologie-Transformation könnten die Statuscodes „`completed`“ auf „`completed`“, „`active`“ auf „`in-progress`“ sowie „`aborted`“ und „`cancelled`“ auf „`stopped`“ gemappt werden (vgl. Health Level Seven International, 2019bf, 4.4.1.404).

Zur Transformation der Elemente „`statusCode`“, „`effectiveTime`“ und „`targetSiteCode`“ siehe die Punkte 5.2.2.1.4.1 und 5.2.2.1.3, für die Transformation der Personenelemente „`author`“ sowie „`informant`“ siehe die Punkte 5.2.2.1.1 und 5.2.2.1.2.

Das Element „`reference`“ mit der Referenz auf externe Dokumente folgt dem ELGA-CDA „`External Document Entry`“-Template und kann nur teilweise in der FHIR Procedure-Ressource abgebildet werden. Während die Referenz selbst analog zum Element „`originalText`“ in das „`note`“-Element der FHIR Procedure-Ressource übertragen werden kann, ist dies für die restlichen Elemente des Templates („`id`“, „`setId`“, „`code`“, „`versionNumber`“) nicht möglich, der FHIR Annotation-Datentyp bietet keine entsprechenden Abbildungsmöglichkeiten (vgl. ELGA GmbH, 2021p) (vgl. Health Level Seven International, 2019al, 9.3.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.18).

5.2.2.3 Transformation des Bereiches „Probeninformation“

Dieser Bereich enthält alle Informationen zum untersuchten Probenmaterial des Laborbefundes und setzt sich aus einer ID, einem Bereichscode, einem Titel, einem menschenlesbaren Text mit den Probeninformationen in tabellarischer Form sowie einem „`entry`“-

Element mit den codierten Probeninformationen zusammen. Letzteres folgt dem „Specimen Entry“-Template und enthält ein „act“-Element (vgl. ELGA GmbH, 2021u, 13.4.4.5) (vgl. ELGA GmbH, 2021af). In diesem befinden sich eine Wiederholung des Bereichscodes, ein Statuscode sowie ein „entryRelationship“-Element (vgl. ELGA GmbH, 2021ae). Dieses enthält ein „procedure“-Element, dessen Inhalt dem „Specimen Collection“-Template folgt. Darin befinden sich der Zeitpunkt der Spezimgewinnung, die Codierung des Entnahmeortes aus dem ELGA_HumanActSite Value Set, die für die Abnahme verantwortliche Person/Organisation, die ID sowie der Code des Probenmaterials aus dem ELGA_Probenmaterial_VS Value Set und die Annahmeformen der Probe (vgl. ELGA GmbH, 2021aj). Die Annahmeformen folgen dem „Specimen Received“-Template und setzen sich aus einem „act“-Element mit dem Annahmezeitpunkt der Probe im Labor sowie einem „entryRelationship“-Element zusammen, welches dem „Comment Entry“-Template entspricht. Die Arbeitsgruppe Mikrobiologie der ELGA GmbH hat festgelegt, in diesem Template zukünftig auch makroskopische Bewertungen abzubilden und dadurch den in Version 2.06.02 spezifizierten Bereich „Makroskopie“ vollständig zu ersetzen ³ (vgl. ELGA GmbH, 2021ak).

Die Transformation des Bereiches erfolgt durch die Spezifikation eines neuen „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource, die Elemente Bereichscode, Titel und Text können wie bereits bei den vorangegangenen Abschnitten in ihre gleichnamigen FHIR-Pendants übertragen werden. Als Inhalt des „text“-Elementes wird eine Tabelle mit den Informationen zum Probenmaterial spezifiziert, die im Normalfall den Regeln des FHIR Narrative-Datentyps entsprechen sollte - näheres dazu siehe Punkt 5.2.2.1.4.

Aus dem „entry“-Element kann nur das „entryRelationship“-Element in FHIR abgebildet werden, die restlichen Elemente sind entweder redundant („code“) oder haben stets denselben Wert („statusCode“) - eine Transformation ist somit nicht erforderlich.

Der Inhalt des „entryRelationship“-Elementes wird mithilfe einer FHIR Specimen-Ressource abgebildet, die im „entry“-Element innerhalb des „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource referenziert wird.

Der Zeitpunkt oder Zeitraum der Spezimgewinnung setzt sich aus einem „code“-Element mit dem entsprechenden LOINC-Code sowie einem „effectiveTime“-Element zusammen, ein NullFlavor ist möglich (vgl. ebd.). Das „code“-Element kann aufgrund der abweichenden Struktur nicht in FHIR abgebildet werden, das „effectiveTime“-Element wird in das „collectedPeriod“-Element des „collection“-Abschnitts der Specimen-Ressource transformiert, zur Transformation siehe Punkt 5.2.2.1.3 (vgl. Health Level Seven International,

³ Quelle: Vorabinformation ELGA GmbH

2019am, 10.7.3).

Das Element „targetSiteCode“ mit der Codierung des Entnahmeortes entspricht dem „bodySite“-Element der Specimen-Ressource. Eine Terminologie-Transformation ist optional, da das in FHIR verwendete „Body Site“ Value Set den Status „example“ hat (vgl. Health Level Seven International, 2019bb). Soll dennoch eine Terminologie-Transformation stattfinden, ist zu beachten, dass das ELGA_HumanActSite Value Set auf dem HL7 v3 ActSite Codesystem basiert (vgl. ELGA GmbH, 2013a), in FHIR allerdings das auf SNOMED-CT aufbauende „Body Site“ Value Set verwendet wird (vgl. Health Level Seven International, 2019am, 10.7.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2). Das Element „performer“ mit der für die Probenabnahme verantwortlichen Person wird in eine FHIR PerformerRole- oder Performer-Ressource transformiert, welche im „collection.collector“-Element der FHIR Specimen-Ressource referenziert wird. Die Transformation wurde bereits im Zuge der Transformation des „observation“-Elementes behandelt, siehe Punkt 5.2.2.1.3.

Die Details zur Probe befinden sich in einem „participantRole“-Element, welches sich wiederum in einem „participant“-Element befindet. Davon unabhängig erfolgt die Transformation des „id“-Elementes in einen FHIR Identifier-Datentyp, welcher im „accessionIdentifier“-Element der Specimen-Ressource gesetzt wird - zur Transformation siehe Ossana, 2019, 4.1.12.1.1. Der Code selbst befindet sich zusätzlich innerhalb eines „playingEntity“-Elementes und wird in einen FHIR CodeableConcept-Datentyp transformiert, welcher im „type“-Element der Specimen-Ressource gesetzt wird. Eine Terminologie-Transformation ist optional, da die Codes zwar aus dem SNOMED-CT-basierten ELGA_Probenmaterial_VS Value Set (vgl. ELGA GmbH, 2021o) stammen, das in FHIR verwendete HL7 v2 0487 (Specimen Type) Codesystem jedoch nur den Status „example“ hat (vgl. Health Level Seven International, 2019am, 10.7.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2). Eine Transformation wäre trotzdem einfach umzusetzen, da ein offizielles Mapping zwischen dem HL7 v2 0487 Codesystem und SNOMED-CT existiert (vgl. Health Level Seven International, 2019aq).

Die Annahmehinformationen der Probe enthalten als Hauptelement den Zeitpunkt des Einlangens des Spezimens im Labor, welcher unverändert in das „receivedTime“-Element der FHIR Specimen-Ressource transformiert werden kann (vgl. Health Level Seven International, 2019am, 10.7.3). Das dem „Comment Entry“-Template folgende „entryRelationship“-Element, welches in diesem Fall einen Kommentar zum Laboreingang enthält, wurde bereits im Zuge der Transformation des „observation“-Elementes in eine FHIR Observation-Ressource behandelt - siehe Punkt 5.2.2.1.3 (vgl. ELGA GmbH, 2021g). Zur Referenzierung der erzeugten Observation-Ressource in der Specimen-Ressource muss jedoch

eine eigene Extension definiert werden (vgl. Health Level Seven International, 2019am, 10.7.3).

5.2.2.4 Transformation der „Laboratory Specialty Sections“

Die folgenden Bereiche beruhen auf dem „Laboratory Specialty Sections“-Template und werden zur Codierung der Laborergebnisse verwendet. Jeder der vier spezifizierten Bereiche „Mikroskopie“, „Kultureller Erregernachweis“, „Molekularer Erregernachweis“ und „Infektionsserologie“ hat denselben Aufbau, einzig die verwendeten Codes (entweder vom SNOMED-CT oder dem ELGA_Laborstruktur Value Set) sowie der konkrete Inhalt des im „entry“-Element enthaltenen „entryRelationship“-Elementes können abhängig vom abzubildenden Inhalt variieren (vgl. ELGA GmbH, 2021y).

Im Allgemeinen erfolgt die Transformation jeder „Laboratory Specialty Section“ analog zu den anderen Bereichen in ein eigenes „section“-Element der FHIR Composition-Ressource. Die Elemente „title“, „text“ und „code“ können in ihre jeweiligen FHIR-Pendants übernommen werden, bei der Transformation des „text“-Elementes gelten die Restriktionen des FHIR Narrative-Datentyps, siehe Punkt 5.2.2.1.4. Beim „code“-Element des „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource besitzt die Verwendung von LOINC-Codes zur Kennzeichnung der einzelnen Dokumentenabschnitte den Status „example“, SNOMED-CT-Codes oder Codes aus dem ELGA_Laborstruktur Value Set sind ebenfalls möglich (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 2.41.4) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2).

Das „entry“-Element folgt dem „Laboratory Report Data Processing Entry“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021w). Es enthält ein „act“-Element mit einer Wiederholung des Codes der übergeordneten „Laboratory Specialty Section“ und ein „entryRelationship“-Element, welches der Hauptinformationsträger ist. Abhängig vom abzubildenden Inhalt kann dieses folgende Templates/Strukturen enthalten:

5.2.2.4.1 Specimen Collection

Sofern nur ein Befundbereich („Laboratory Specialty Section“) im CDA-Dokument existiert und das Element nicht bereits im Bereich Probeninformation (siehe Punkt 5.2.2.3) codiert wurde, können die Probeninformationen in diesem Bereich spezifiziert werden - unabhängig davon erfolgt die Transformation in eine im „entry“-Element der FHIR

Composition-Ressource referenzierte FHIR Specimen-Ressource, siehe Punkt 5.2.2.3 (vgl. ELGA GmbH, 2021aj).

5.2.2.4.2 Notification Organizer

Sofern das Laborergebnis einen Erreger aus der österreichischen Liste der meldepflichtigen Erreger enthält, muss dieser in einem eigenen Bereich ausgewiesen sein. Das Template wird zum Gruppieren eines oder mehrerer derartiger Erreger verwendet, die mithilfe eines dem „Notifiable Condition“-Templates folgenden „observation“-Elementes abgebildet werden (vgl. ELGA GmbH, 2021ab). Dieses enthält neben fixen allgemeinen SNOMED-CT Codes zur Kennzeichnung der Meldepflichtigkeit und des Probenursprungs einen Code aus dem ELGA_SignificantPathogens Value Set, das alle meldepflichtigen Krankheitserreger in Österreich umfasst.

Die Transformation des „Notifiable Condition“-Templates erfolgt in eine FHIR Observation-Ressource, wobei das „code“-Element zur Kennzeichnung der Meldepflichtigkeit in das gleichnamige FHIR-Pendant übernommen wird. Letzteres sollte zwar nur LOINC-Codes enthalten, diese Vorgabe hat allerdings nur den Status „example“ (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2). Die im „qualifier“-Element enthaltenen Elemente „name“ mit dem Code des Probenursprungs sowie „value“ mit dem Code des Patienten können aufgrund der abweichenden Struktur nicht direkt in FHIR abgebildet werden. Statt des Codes muss die bereits im CDA Header transformierte FHIR Patient-Ressource im „subject“-Element der Observation-Ressource referenziert werden. Der eigentliche Code des Erregers wird in einen CodeableConcept-Datentyp transformiert und im „value“-Element der Observation-Ressource abgebildet. Eine Terminologie-Transformation ist nicht erforderlich, da die Observation-Ressource beim „value“-Element kein zu verwendendes Value Set vorherbestimmt (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3).

5.2.2.4.3 Laboratory Isolate Organizer

Das Template wird zur gruppierten Abbildung eines ermittelten Keimes samt Abnahmezeitpunkt der Probe, Antibiogramm, Untersuchungsmethode, Keimzahl und Referenzen auf externe Dokumente eingesetzt. Es gliedert sich in ein „effectiveTime“-Element mit dem Abnahmezeitpunkt der Probe, ein „specimen“-Element mit der ID sowie der Codierung des ermittelten Keimes und ein oder mehrere „component“-Elemente. Diese können je nach

Anwendungsfall den Templates „Laboratory Battery Organizer“, „Laboratory Observation Entry“ oder „Comment Entry“ folgen. Zurzeit (Stand: 05/2021) ist die Frage nach einer zusätzlichen Abbildungsmöglichkeit von Multimediainhalten noch in Diskussion, für eine vollständige Kompatibilität mit dem entsprechenden Template der internationalen „Integrating the Healthcare Enterprise“-Organisation (IHE) wäre diese jedenfalls erforderlich (vgl. ELGA GmbH, 2021v).

Das Template wird primär mit FHIR Observation- und Specimen-Ressourcen abgebildet. Der Abnahmezeitpunkt der Probe wird - sofern nicht bereits vorhanden - über das „collection.collectedDateTime“-Element der bereits transformierten Specimen-Ressource abgebildet, die ID des Labors für den ermittelten Keim befindet sich in einem „specimen“- und „specimenRole“-Element und kann mit Informationsverlust in das „identifier“-Element der Observation-Ressource übernommen werden (vgl. Ossana, 2019, 4.1.4). Der mit SNOMED-CT codierte Keim, der sich in einem „specimenPlayingEntity“-Element innerhalb des „specimenRole“-Elementes befindet, wird ohne Terminologie-Transformation in das „value“-Element der Observation-Ressource übernommen (vgl. Health Level Seven International, 2019am, 10.7.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3).

Für jedes enthaltene „component“-Element wird eine weitere Observation-Ressource benötigt, die im „hasMember“-Element der Observation-Hauptressource referenziert wird. Zur Transformation der einzelnen Templates siehe die Punkte 5.2.2.4.4, 5.2.2.4.5 und 5.2.2.4.7.

5.2.2.4.4 Laboratory Battery Organizer

Das Template wird zur gruppierten Abbildung mehrerer Laborergebnisse verwendet, etwa einem Antibiogramm mit mehreren Resistenztests. Es setzt sich aus einem „code“-Element zur Spezifikation der Befundgruppe, dem Fertigstellungszeitpunkt der enthaltenen Tests sowie einem oder mehreren „component“-Elementen zusammen. Diese können abhängig vom Anwendungsfall den Templates „Laboratory Observation Entry“, „Eingebettetes Objekt Entry“ oder „Comment Entry“ folgen (vgl. ELGA GmbH, 2019b).

Das Template wird mithilfe einer FHIR Observation-Ressource abgebildet. Das „code“-Element enthält entweder einen von zwei fixen LOINC-Codes (Abbildung von Antibiogramm für bakteriellen/fungalen Erreger) oder einen Code aus dem ELGA_Laborstruktur Value Set. Es wird in das gleichnamige Pendant der FHIR Observation-Ressource transformiert, das LOINC-Codes verwendet. Im Falle eines Antibiogramms ist daher keine weitere Terminologie-Transformation erforderlich, ansonsten ist diese aufgrund des Beispielstatus von LOINC-Codes im „code“-Element optional (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3).

Das „effectiveTime“-Element mit dem Fertigstellungszeitpunkt der Tests wird in das „effective“-Element der Observation-Ressource übernommen. Da dieses auch eine Zeitspanne enthalten kann, ist dazu eine Transformation in einen FHIR DateTime- oder Period-Datentyp notwendig.

Für jedes enthaltene „component“-Element wird eine weitere Observation-Ressource benötigt, die im „hasMember“-Element der Observation-Hauptressource referenziert wird. Zur Transformation der einzelnen Templates siehe die Punkte 5.2.2.4.5, 5.2.2.4.6, 5.2.2.4.7 und gegebenenfalls 5.2.2.4.1.

5.2.2.4.5 Laboratory Observation Entry

Das Template wird zur feingranularen Abbildung eines Laborergebnisses verwendet und bildet den Kern des maschinenlesbaren Laborbefundes. Es zählt zu den am genauesten ausgearbeiteten Bestandteilen des gesamten Laborbefundes verzichtet dabei aber auf eine zu starke Spezialisierung. Es kann in allen „Speciality Sections“ des mikrobiologischen Laborbefundes eingesetzt werden und besitzt daher für beinahe jedes Element mehrere Codierungsmöglichkeiten - etwa zur Spezifikation der Untersuchungsmethode oder der ermittelten Keimzahl. Inhaltlich verfügt das Template über eine Codierung der Laboruntersuchung, eine Referenz auf den narrativen (Level 2) Text, einen Statuscode, einen Abnahmezeitpunkt der Probe, ein Ergebnis der Laboruntersuchung, eine codierte Ergebnisbewertung, eine ausführende Stelle, eine validierende Person, einen Kommentar sowie eine Codierung des Referenzbereiches. Aufgrund der zahlreichen Abbildungsmöglichkeiten und infrage kommenden Templates gestaltet sich die Spezifikation einer allgemeinen FHIR-Transformation aufwändig. Als Basisressource wird eine FHIR Observation-Ressource eingesetzt, die jedoch nur beschränkte Abbildungsmöglichkeiten bietet. Die grundlegende Transformation von CDA „observation“-Elementen in FHIR Observation-Ressourcen wurde bereits in Punkt 5.2.2.1.3 (Template „Konsultationsgrund Problem Entry“) beschrieben. Aus diesem Grund beschränkt sich dieser Bereich auf die Transformation der zusätzlichen oder abweichenden Elemente.

Nach Anlegen einer neuen Observation-Ressource kann das „category“-Element mit dem Wert „laboratory“ aus dem FHIR ObservationCategoryCodes Value Set versehen werden (vgl. Health Level Seven International, 2019bi). Diese Information ist weder zwingend notwendig noch in CDA enthalten, dient jedoch der konkreteren Kategorisierung des Elementinhalts als Laborergebnis (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3).

Die Codierung der Laboruntersuchung erfolgt durch ein „code“-Element, welches einen LOINC-Code aus dem ELGA_Laborparameter Value Set (vgl. ELGA GmbH, 2021m) enthalten sollte. Da dieses nicht vollständig ist, sind auch nicht im ELGA_Laborparameter Value Set enthaltene LOINC-Codes sowie Codes aus anderen Codesystemen/Value Sets zugelassen. In diesem Fall muss das „code“-Element einen NullFlavor und ein „translation“-Element mit dem abweichenden Code oder Codesystem/Value Set enthalten.

Das „code“-Element kann direkt in das „code“-Element der FHIR Observation-Ressource übernommen werden. Im Falle der Spezifikation eines alternativen Codes muss zur Transformation das „translation“-Element herangezogen werden, der NullFlavor kann hierbei als Entscheidungsgrundlage dienen. Eine Terminologie-Transformation ist optional, da die Verwendung von LOINC im FHIR „code“-Element nur den Status „example“ hat (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.3.2).

Das Element „statusCode“ darf abweichend von Punkt 5.2.2.1.3 auch den Wert „aborted“ für eine nicht durchgeführte oder abgebrochene Laboruntersuchung enthalten. Die Transformation erfolgt in das „status“-Element der FHIR Observation-Ressource, als Ersatz für den CDA-StatusCode „aborted“ wird der FHIR-Code „cancelled“ verwendet (vgl. Health Level Seven International, 2019bl).

Das Element „effectiveTime“ mit dem Abnahmezeitpunkt der Probe wird analog zu Punkt 5.2.2.4.3 im „collected“-Element der Specimen-Ressource abgebildet.

Das „value“-Element enthält das Ergebnis der Laboruntersuchung. Als Inhalt sind 13 verschiedene CDA-Datentypen zugelassen. Die Transformation erfolgt in das „value“-Element der Observation-Ressource, welches 11 FHIR-Datentypen enthalten darf. Es folgt eine kurze Beschreibung jedes zugelassenen CDA-Datentyps sowie dessen Transformation in FHIR:

- **PQ Physical Quantity**

Der Datentyp „PQ“ wird zur Abbildung von numerischen Ergebnissen verwendet, die Spezifikation einer UCUM-codierten Einheit ist verpflichtend. Das ELGA_Laborparameter Value Set schlägt für jede Laboruntersuchung eine bevorzugte Einheit vor, jeweils in maschinenlesbarer sowie menschenlesbarer Form. Sofern eine dimensionslose Einheit verwendet wird, die nicht im ELGA_Laborparameter Value Set enthalten ist, kann das „@unit“-Element mit dem Wert „1“ befüllt werden. Im Unter-element „translation“ können alternative Repräsentationen derselben physikalischen Größe, etwa durch alternative Einheiten oder Codesysteme, spezifiziert werden (vgl.

ELGA GmbH, 2019c) (vgl. Health Level Seven International, 2019a) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.28) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.18).

Die Transformation erfolgt in den FHIR Quantity-Datentyp, eine Abbildung des Inhalts des „translation“-Elementes oder von alternativen Repräsentationen ist jedoch nicht vorgesehen. Die Spezifikation einer eigenen Extension ist unverzichtbar (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.6).

- **IVL_PQ Interval of Physical Quantity**

Der Datentyp „IVL_PQ“ wird zur Abbildung eines Intervalls verwendet, es besteht die Möglichkeit, mit den Elementen „low“, „high“, „center“ und „width“ Wertebereichsgrenzen zu spezifizieren (vgl. ELGA GmbH, 2019c) (vgl. Health Level Seven International, 2017f) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 3.8) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.22).

Das entsprechende Pendant in FHIR ist der Range-Datentyp, dieser umfasst jedoch nur ein „low“- sowie ein „high“-Element, „center“ und „width“ können ausschließlich mit einer eigenen Extension abgebildet werden (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.8).

- **INT Integer**

Der Datentyp „INT“ wird zur Abbildung von ganzen Zahlen verwendet, das Pendant in FHIR ist der primitive „integer“-Datentyp (vgl. Health Level Seven International, 2017d) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.26) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.1) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.17).

- **IVL_INT**

Der Datentyp „IVL_INT“ wird analog zu „IVL_PQ“ zur Abbildung eines Intervalls verwendet. Dabei bestehen die Wertebereichsgrenzen jedoch aus ganzen Zahlen und Maßeinheiten sind nicht erlaubt (vgl. Health Level Seven International, 2017e) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 3.8) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.20).

Die Transformation erfolgt analog zu „IVL_PQ“ in einen FHIR Range-Datentyp, der darin enthaltene SimpleQuantity-Datentyp basiert auf Werten des primitiven Datentyps „decimal“. Der reguläre Ausdruck dieses Datentyps erlaubt die Verwendung von ganzen Zahlen, eine Transformation ist somit möglich (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.8, 2.24.0.6, 2.24.0.1).

- **BL Boolean**

Der Datentyp „BL“ wird zur Abbildung einer Booleschen Variable verwendet, das Pendant in FHIR ist der primitive „boolean“-Datentyp (vgl. Health Level Seven International, 2017a) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.2) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.1) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.5).

- **ST Character String**

Der Datentyp „ST“ wird zur Abbildung eines textuellen Ergebnisses verwendet, etwa „strohgelb“. Das Pendant in FHIR ist der primitive „string“-Datentyp (vgl. ELGA GmbH, 2019c) (vgl. Health Level Seven International, 2017j) (vgl. Health Level Seven International, 2017a, 2.6) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.8) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.1).

- **CV Coded Value**

Der Datentyp „CV“ wird zur Abbildung eines Codes verwendet, ein zusätzliches „originalText“-Unterelement mit einer Beschreibung des Codes kann vorhanden sein (vgl. Health Level Seven International, 2017c) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.8) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.11).

Die Transformation erfolgt in den FHIR CodeableConcept-Datentyp, das „originalText“-Element kann auf das „text-Element“ gemappt werden - allerdings nur, sofern dieses nicht bereits mit dem Inhalt des „codeSystemName“-Attributs belegt ist. Andernfalls muss entweder eines der beiden Elemente priorisiert oder eine eigene Extension definiert werden (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.4).

- **TS Time Stamp**

Der Datentyp „TS“ wird zur Abbildung eines Zeitpunktes verwendet, dabei ist die Spezifikation einer Zeitzone optional (vgl. Health Level Seven International, 2020b) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.32) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.19). Abhängig vom Bestehen einer Zeitzone erfolgt die Transformation entweder in den primitiven FHIR-Datentyp „time“ (keine Zeitzone erlaubt) oder „dateTime“ (Zeitzone erforderlich) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.4).

- **CD Concept Descriptor**

Der Datentyp „CD“ wird zur Abbildung eines Codes verwendet. Im Gegensatz zu „CV“ verfügt dieser zusätzlich über die Unterelemente „qualifier“ und „translation“

zum Hinzufügen weiterer Detailinformationen. Der Code muss aus dem SNOMED-CT-basierten ELGA_NachweisErgebnis_VS Value Set (vgl. ELGA GmbH, 2021n) stammen, sofern dieses einen passenden Code umfasst (vgl. Health Level Seven International, 2017b) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.11) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.9).

Die Transformation erfolgt analog zu „CV“ in den FHIR CodeableConcept-Datentyp, dieser verfügt jedoch über keine Abbildungsmöglichkeit für die beiden Unterelemente. Die einzige Lösung wäre die Spezifikation einer eigenen Extension des CodeableConcept-Datentyps zur Abbildung der beiden Elemente. Eine Terminologie-Transformation ist nicht erforderlich, da das „value“-Element der FHIR Observation-Ressource kein zu verwendendes Codesystem/Value Set vorschreibt (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.5).

- **RTO Ratio Quantity/Quantity**

Der Datentyp „RTO“ wird zur Abbildung eines Verhältnisses zweier Mengenangaben verwendet, etwa einem Impftiter. Er enthält die Unterelemente „numerator“ und „denominator“. Der Inhalt und das Vorkommen einzelner Elemente wird nicht beschränkt (vgl. Health Level Seven International, 2017g) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.31) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.23).

Das Pendant in FHIR ist der FHIR Ratio-Datentyp mit identen Unterelementen (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.9).

- **RTO_QTY_QTY Ratio Quantity/Quantity**

Der Datentyp „RTO_QTY_QTY“ wird zur Abbildung eines Verhältnisses zweier Mengenangaben verwendet. Die Elemente und Datentypen entsprechen jenen von „RTO“. Es bestehen allerdings zusätzliche Beschränkungen: Es muss sowohl ein „nominator“-, als auch ein „denominator“-Element vorhanden sein. Letzteres muss einen Wert ungleich Null enthalten und die Verwendung von NullFlavor-Elementen ist verboten (vgl. Health Level Seven International, 2017i) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.31) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.23).

Die Transformation erfolgt aufgrund derselben Struktur analog zu „RTO“ in einen FHIR Ratio-Datentyp (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.9).

- **RTO_PQ_PQ Ratio Physical Quantity/Physical Quantity**

Der Datentyp „RTO_PQ_PQ“ wird zur Abbildung eines Verhältnisses zweier Mengenangaben benutzt. Die Elemente entsprechen jenen der anderen „RTO“-Datentypen, die Unterelemente verwenden jedoch den Datentyp PQ“. Dieser erweitert

den „QTY“-Datentyp um ein „unit“-Attribut sowie ein „translation“-Element für die explizite Spezifikation der Einheit oder für Übersetzungen des Wertes in andere Einheiten, Codesysteme oder Value Sets (vgl. Health Level Seven International, 2017h) (vgl. Health Level Seven International, 2005, 2.31) (vgl. Health Level Seven International, 2020a) (vgl. Health Level Seven International, 2019a) (vgl. Health Level Seven Deutschland, 2019, 3.23).

Die Transformation erfolgt analog zu den anderen „RTO“-Datentypen in einen FHIR Ratio-Datentyp, für eventuelle Übersetzungen kann ein „component“-Element spezifiziert werden. In diesem können weitere „value“-Elemente angeführt werden, das verpflichtende „code“-Element erhält denselben Code wie das primäre „code“-Element der Observation-Ressource (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.9).

Das „referenceRange“-Element mit der Codierung des Referenzbereiches enthält ein „text“-Element mit einer Referenz auf den narrativen (Level 2) Text, ein „value“-Element mit dem eigentlichen Referenzbereich sowie ein „interpretationCode“-Element mit dem Code der Ergebnisinterpretation.

Die Abbildung des „text“-Elementes kann mithilfe des „referenceRange.text“-Elementes der FHIR Observation-Ressource erfolgen, sofern das „interpretationCode“-Element auf die Spezifikation eines „originalText“-Elementes verzichtet. Andernfalls muss eine eigene Extension definiert werden. Die Elemente „value.low“ und „value.high“ werden in die Elemente „referenceRange.low“ und „referenceRange.high“ der Observation-Ressource transformiert, im Falle des Vorkommens eines NullFlavors muss eine Extension definiert werden.

Das „interpretationCode“-Element mit der codierten Ergebnisbewertung muss einen Wert aus dem ELGA_ObservationInterpretation Value Set enthalten, welches Codes für numerische und nicht-numerische Ergebnisse enthält (vgl. ELGA GmbH, 2019c). Die Transformation erfolgt in das „interpretation“-Element der Observation-Ressource, welches einen Code aus dem FHIR „Observation Interpretation Codes“ Value Set enthalten muss. Eine Terminologie-Transformation ist nicht erforderlich, da beide Value Sets auf dem HL7 v3 „ObservationInterpretation“-Codesystem basieren (vgl. ELGA GmbH, 2018b) (vgl. Health Level Seven International, 2019bk, 4.4.1.470). Zwar enthält das ELGA Value Set auch nicht im FHIR Value Set enthaltenen Werte, jedoch hat das FHIR Value Set den Status „extensible“. Nicht im FHIR Value Set enthaltene Werte dürfen demnach unter Verwendung alternativer Codesysteme und entsprechender Kennzeichnung ebenfalls verwendet werden (vgl. Health Level Seven International, 2019ay, 4.1.5.2). Im Zuge der Transformation muss daher überprüft werden, ob der zu transformierende Code aus dem HL7 v3

Value Set stammt oder nicht. Trifft dies zu, kann im „system“-Element das FHIR „Observation Interpretation Codes“ Value Set angegeben werden, andernfalls wird der „Object Identifier“ (OID) des alternativen Value Sets verwendet.

5.2.2.4.6 Eingebettetes Objekt Entry

Das Template dient als Container zur Einbindung von Base64-encodierten Medienobjekten, etwa PDF-Dateien oder Bildern. Neben einem „value“-Element mit dem eingebetteten Objekt und einem Typcode aus dem ELGA_Medientyp Value Set enthält es die vier Personenelemente „performer“, „author“, „informant“ und „participant“ zur Abbildung der am Inhalt oder der Erstellung des Objektes beteiligten Personen oder Organisationen (vgl. ELGA GmbH, 2021v).

Die Transformation erfolgt in die FHIR Media-Ressource, die zur Abbildung von Fotos, Videos und Audiodateien verwendet wird (vgl. Health Level Seven International, 2019ae, 10.2.3):

5.2.2.4.6.1 CDA „observationMedia“-Element - FHIR Media-Ressource

Das CDA „value“-Element entspricht dem „content“-Element der Media-Ressource, welches einen Attachment-Datentyp enthält. Dieser verfügt über ein „data“-Element, welches ebenfalls einen base64Binary-encodierten Bytestream aufnimmt. Das „@mediaType“-Attribut mit dem Typcode als Mime-Type wird in das „contentType“-Element des Attachment-Datentyps übernommen, eine Terminologie-Transformation ist nicht erforderlich - in beiden Fällen kommt das „BCP 13“-Codesystem zum Einsatz (vgl. ELGA GmbH, 2021j) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.3) (vgl. ELGA GmbH, 2015a) (vgl. Health Level Seven International, 2019bg, 4.4.1.652).

Die Media-Ressource bietet die Möglichkeit, über das „operator“-Element eine Referenz auf einen Verantwortlichen für das beinhaltete Medienobjekt zu spezifizieren. Es kann zur Abbildung des „author“-Elementes herangezogen werden, jedoch maximal auf eine Ressource referenzieren. Da in den meisten Fällen der Autor die wichtigste der vier im CDA-Template spezifizierten Personen ist, sollte bei Verwendung von mehreren Personenelementen das „author“-Element priorisiert werden - zur Transformation siehe Punkt 5.2.2.1.1. Die Media-Ressource verfügt zudem über eine offizielle „performerFunction“-Extension zur näheren Spezifikation des „operator“-Elementes. Diese erweitert die Ressource um einen CodeableConcept-Datentyp, welcher einen Wert aus dem FHIR „Perfor-

mer Function Codes“ Value Set besitzt (vgl. Health Level Seven International, 2019m). Im Falle der Spezifikation des Autors sollte der Wert auf „AUT“ gesetzt werden (vgl. Health Level Seven International, 2019bm, 4.4.1.658). Die übrigen Personenelemente „performer“, „informant“ und „participant“ erfordern zur Abbildung in FHIR die Spezifikation einer Extension (vgl. Health Level Seven International, 2019ae, 10.2.3).

5.2.2.4.7 Comment Entry

Das Template dient zur Codierung eines Kommentars zum gesamten Befundbereich. Es verfügt über eine Referenz auf den narrativen (Level 2) Text mit dem eigentlichen Kommentar sowie über die Personenelemente „performer“, „author“, „informant“ und „participant“ zur Codierung der an der Erstellung oder dem Inhalt beteiligten Personen (vgl. ELGA GmbH, 2021g).

Eine Transformationsmöglichkeit wäre die Abbildung der aufgelösten Referenz auf den narrativen Text in das „text“-Element der Observation-Ressource, welches diese von der DomainResource-Ressource erbt. Dieses „text“-Element sollte zwar eine menschenlesbare Zusammenfassung des gesamten Ressourceninhaltes umfassen, wurde bisher allerdings noch nie verwendet und enthält einen Narrative-Datentyp zur Abbildung von Freitext. Eine Abbildung der spezifizierten Personenelemente ist bei dieser Transformationsart nicht vorgesehen, die Definition eigener Extensions ist unverzichtbar (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ad, 2.27.3) (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.4.0).

Zu hinterfragen ist jedoch, ob eine Transformation dieses Elementes grundsätzlich benötigt wird. Der narrative Text befindet sich ohnedies bereits im „text“-Element des „section“-Teils der Composition-Ressource und die Spezifikation einer Referenz auf den narrativen Teil ist aufgrund der abweichenden Struktur in FHIR nicht notwendig. Die Personenelemente sind - sofern vorhanden - fast immer Duplikate anderer, bereits in einem früheren Bereich transformierter Personenelemente und bieten ebenfalls keinen Mehrwert. Eine Transformation würde lediglich zu einer Komplexitätssteigerung ohne zusätzlichen Informationsgewinn beitragen.

5.2.2.5 Transformation des Bereiches „Befundbewertung“

Der Bereich dient als Container zur Spezifikation einer Befundbewertung und setzt sich neben einem Bereichscode, einem Titel- und einem Textelement aus einem „entry“-Element

zur Codierung des eigentlichen Kommentars zusammen (vgl. ELGA GmbH, 2021c).

Die Transformation erfolgt durch die Spezifikation eines neuen „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource, die Elemente Bereichscode, Titel und Text können wie bereits bei den vorangegangenen Abschnitten in ihre gleichnamigen FHIR-Pendants übertragen werden. Das Textelement basiert in diesem Fall anstatt des CDA ED-Datentyps auf dem ST-Datentyp, weshalb eine Transformation problemlos möglich ist (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 9.2.1).

Das „entry“-Element basiert auf dem „Comment Entry“-Template, welches bereits in Punkt 5.2.2.4.7 transformiert wurde. Dieses Element bildet den Kern des gesamten Bereiches, eine Transformation ist jedoch aufgrund des geringen Informationsmehrwertes nicht zielführend.

5.2.2.6 Transformation des Bereiches „Beilagen“

Der Bereich dient als Container zur Angabe von Beilagen und besitzt neben einer ID einen Bereichscode, ein Titel- und ein Textelement, zwei Personenelemente und ein „entry“-Element mit dem Beilageobjekt selbst. Das Ergänzen von „component“-Elementen zur Angabe von Übersetzungen des „text“-Elementes in andere Sprachen ist optional ebenfalls möglich (vgl. ELGA GmbH, 2021d).

Die Transformation erfolgt durch die Spezifikation eines neuen „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource, die Elemente Bereichscode, Titel und Text können in ihre gleichnamigen FHIR-Pendants übertragen werden - das „id“-Element kann mithilfe des „identifier“-Elementes der Composition-Ressource transformiert werden.

Die Personenelemente „author“ und „informant“ werden abhängig von ihrem Inhalt in eine FHIR PractitionerRole-, Practitioner-, Device- oder RelatedPerson-Ressource transformiert (siehe die Punkte 5.2.2.1.1 und 5.2.2.1.2). Während das transformierte CDA „author“-Element im gleichnamigen Element des „section“-Teils der Composition-Ressource referenziert werden kann, ist zur Abbildung des transformierten CDA „informant“-Elementes die Spezifikation einer Extension erforderlich.

Das „entry“-Element folgt dem „Eingebettetes Objekt Entry“-Template und wird in eine FHIR Media-Ressource transformiert, siehe Punkt 5.2.2.4.6. Diese wird im „entry“-Element des „section“-Teils der Composition-Ressource referenziert (vgl. Health Level Seven International, 2019y, 9.2.1).

Das „component“-Element folgt dem „Übersetzung“-Template. Es verfügt neben einer ID über einen Bereichscode, ein Titel-, ein Text- und zwei Personenelemente sowie den

Sprachcode der Übersetzung. Die Abbildung in FHIR kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen:

Zum einen besitzt der „section“-Teil der Composition-Ressource die Möglichkeit, weitere verschachtelte „section“-Teile über das „section“-Unterelement zu referenzieren. Dies ermöglicht, ein weiteres „section“-Element zu spezifizieren und in diesem analog zu obiger Transformation des übergeordneten „section“-Elementes die Elemente ID, Bereichscode, Titel, Text sowie die beiden Personenelemente „author“ und „informant“ abzubilden. Das „languageCode“-Element muss einen Wert aus dem ELGA_HumanLanguage Value Set besitzen und wird mithilfe einer eigenen Extension abgebildet, die das „section“-Element um einen CodeableConcept-Datentyp erweitert. Diese Möglichkeit bildet die Struktur von CDA möglichst originalgetreu nach, dennoch fehlt eine explizite Verbindung zwischen dem originalen „text“-Element und der entsprechenden Übersetzung.

In der zweiten Variante wird eine Extension auf das „text“-Element im „section“-Teil der Composition-Ressource spezifiziert, die dieses um ein weiteres „text“-Element mit der Übersetzung sowie einen CodeableConcept-Datentyp mit dem jeweiligen Sprachcode erweitert. Diese Möglichkeit entspricht eher der FHIR-spezifischen Abbildungsweise von Übersetzungen, eignet sich jedoch weniger für eine eventuelle Rücktransformation.

5.2.2.7 Transformation des Bereiches „Abschließende Bemerkung“

Der Bereich dient als Container zur Angabe von abschließenden Bemerkungen und entspricht bis auf die Verwendung eines anderen Bereichscodes in Aufbau und Inhalt dem vorangegangenen Bereich „Beilagen“. Daher erfolgt die Transformation des Bereiches ebenfalls mithilfe der Spezifikation eines neuen „section“-Elementes der FHIR Composition-Ressource, für weitere Details siehe Punkt 5.2.2.6 (vgl. ELGA GmbH, 2021a).

5.3 Selektives Transformationsmodell

Aufbauend auf die durch Projektpartner ausgewählten Elemente sowie den vom Autor für relevant bestimmten Elemente wurde ein neues Transformationsmodell entwickelt. Es entsteht eine Reihe von FHIR-Ressourcen mit einer DiagnosticReport-Ressource als Ausgangspunkt. In diesem Abschnitt werden anhand des Aufbaus des CDA Dokumentes die zu transformierenden Informationen sowie die genaue Transformation der jeweiligen Elemente erörtert. Die Transformationen zahlreicher Elemente/Templates - insbesondere

jener im CDA Header sowie auf niedrigeren Hierarchieebenen - unterscheiden sich nicht von jener des erschöpfenden Transformationsmodells (siehe Punkt 5.2) sowie des bereits in der Bachelorarbeit des Autors behandelten Transformationsmodells (vgl. Ossana, 2019, Kap. 4). Da die Unterschiede großteils nur die grundsätzliche Ressourcenstruktur betreffen, konzentriert sich die Beschreibung des selektiven Transformationsmodells ausschließlich auf Abweichungen, Änderungen und Unterschiede. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die neu hinzugekommenen, teilweise Mikrobiologie-spezifischen Elemente der Version 3.0.0 gelegt. Der Autor behält sich vor, auf die Transformation wiederkehrender Elemente zu verzichten, sofern dies aus Gründen der Übersichtlichkeit oder der Redundanzvermeidung erforderlich ist. Das betrifft insbesondere die CDA-Elemente „id“, „templateId“ oder „statusCode“. Die CDA „NullFlavor“-Elemente werden in FHIR stets mithilfe derselben Extension abgebildet (vgl. Health Level Seven International, 2019k). Diese kann bei jedem FHIR-Element eingesetzt werden. Auf eine explizite Transformation jedes Vorkommens eines „NullFlavor“-Elementes wird daher ebenfalls verzichtet.

5.3.1 CDA Header

5.3.1.1 Transformation des Elementes „id“

Das „id“-Element enthält die einzigartige Dokumenten-ID des mikrobiologischen Laborbefundes und wird in einen FHIR „Identifier“-Datentyp transformiert. Dieser wird ins „identifier“-Element der DiagnosticReport-Ressource übernommen. Das „identifier“-Element darf mehrere Elemente enthalten, eine Transformation aller CDA „id“-Elemente ist somit möglich (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.1.2 Transformation des Elementes „code“

Das „code“-Element enthält den fixen LOINC-Code „18752-2 - Microbiology studies“ zur Codierung des Dokumententyps. Zusätzlich enthält es ein „translation“-Element mit dem fixen LOINC-Code „11502-2 - Laboratory Report“, um den Mikrobiologiebefund als Spezialform des Laborbefundes zu kennzeichnen (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. ebd.). Die DiagnosticReport-Ressource verfügt über ein „code“-Element zur Spezifikation des Namens und des Codes des Laborbefundes sowie ein „category“-Element zur Kennzeichnung

des Befundtyps. Der im CDA „code“-Element enthaltene LOINC-Code wird in das „code“-Element der DiagnosticReport-Ressource übernommen, eine Terminologie-Transformation ist nicht erforderlich - das in FHIR verwendete „LOINCDiagnosticReportCodes“ Value Set basiert ebenfalls auf LOINC (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4) (vgl. Health Level Seven International, 2019bp, 4.4.1.199).

Im „category“-Element ist die Spezifikation von Codes aus dem HL7 v2 0074 Codesystem verpflichtend, es sei denn, dieses enthält keinen entsprechenden Code. Das in FHIR verwendete „DiagnosticServiceSectionCodes“ Value Set hat den Status „extensible“. Darin werden zwei CodeableConcept-Datentypen angelegt, deren Coding-Elemente manuell mit dem Wert „MB“ für Mikrobiologie sowie „LAB“ für Laborbefund versehen werden. Eine allgemeine Terminologie-Transformation mit einem automatischen Code-Mapping ist aus Sicht des Autors nicht notwendig. Zum einen werden die Codes in CDA fix vorgegeben und zum anderen soll keine andere Befundart abgebildet werden (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4) (vgl. Health Level Seven International, 2019be, 4.4.1.629).

5.3.1.3 Transformation des Elementes „terminologyDate“

Das „terminologyDate“-Element enthält das Datum der letzten Terminologie-Aktualisierung oder den letzten Abgleich der im Laborbefund verwendeten Codesysteme oder Value Sets mit dem österreichischen Terminologieserver. Das Element hat aktuell noch keine Funktion, wurde jedoch bereits in Hinblick auf die bevorstehende Veröffentlichung des österreichischen FHIR-Terminologieservers (vgl. ELGA GmbH, 2021q) in das Template integriert (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). Die Abbildung in FHIR ist ausschließlich mithilfe einer eigenen Extension möglich, die die DiagnosticReport-Ressource um einen FHIR „date“-Datentyp erweitert (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.1.4 Transformation des Elementes „formatCode“

Das „formatCode“-Element enthält einen Code aus dem ELGA_Formatcode Value Set und wird zur Angabe des exakten Formatcodes des Laborbefundes samt EIS (ELGA Interoperabilitätsstufe) und Versionsnummer benötigt (vgl. ELGA GmbH, 2021l). Eine Abbildung in FHIR ist nur über die Definition einer Extension möglich, die die DiagnosticRe-

port-Ressource um einen „CodeableConcept“-Datentyp erweitert (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.1.5 Transformation des Elementes „practiceSettingCode“

Das „practiceSettingCode“-Element spezifiziert die Zuordnung des Laborbefundes zu einem im atcdabbr_PracticeSetting_VS Value Set angeführten medizinischen Fachbereich (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). Im Falle des mikrobiologischen Laborbefundes wird der Code „F016“ für Mikrobiologie verwendet (vgl. ELGA GmbH, 2020b). In der FHIR DiagnosticReport-Ressource werden Fachbereich und Dokumententyp gemeinsam im „category“-Element abgebildet, siehe Punkt 5.3.1.2. Eine explizite Transformation dieses Elementes ist daher nicht erforderlich, kann jedoch durch die Spezifikation einer eigenen Extension erfolgen, die die DiagnosticReport-Ressource um einen „CodeableConcept“-Datentyp erweitert (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.1.6 Transformation des Elementes „setId“

Das „setId“-Element enthält die versionsunabhängige, eindeutige ID des Dokumentensets. Diese wird analog zum „id“-Element in das „identifier“-Element der DiagnosticReport-Ressource übernommen, siehe Punkt 5.3.1.1 (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.1.7 Transformation des Elementes „recordTarget“

Das „recordTarget“-Element enthält den Patienten des Laborbefundes und folgt dem „RecordTarget“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. ELGA GmbH, 2020g). Es wird in eine FHIR Patient-Ressource transformiert und in den „subject“-Elementen aller mit dem Patienten in Verbindung stehenden Ressourcen referenziert - im aktuellen Fall alle Instanzen der Ressourcentypen DiagnosticReport, Specimen, Observation und Condition. Der grundsätzliche Transformationsablauf entspricht im Wesentlichen jenem der Bachelorarbeit des Autors (vgl. Ossana, 2019, 4.1.12). Inzwischen wurde die erste Version des „HL7 Austria FHIR Core Implementation Guide“ ballotiert, welcher eine Profilierung der FHIR Patient-Ressource enthält (vgl. HL7 Austria, 2020a) (vgl. HL7 Austria, 2021d, 2.1.1.1). Daher wurde das initiale Mapping adaptiert.

5.3.1.7.1 Neuerungen durch „HL7ATCorePatient“-FHIR-Profil

Die Änderungen umfassen neben dem Zerteilen („slicen“) des „identifier“-Elementes zur genaueren Spezifikation der lokalen ID, des bereichsspezifischen Personenkennzeichens (bPK) und der Sozialversicherungsnummer auch eine Ergänzung um zwei Extensions. Erstere dient der Abbildung von Staatsbürgerschaft und Religionszugehörigkeit eines Patienten, zweitere der Profilierung des FHIR „Address“-Datentyps zur Repräsentation von österreichischen Adressen (vgl. HL7 Austria, 2021d, 2.1.1.1).

Die drei Teile/„Slices“ des „identifier“-Elementes spezifizieren jeweils ein eigenes „coding“-Element, welches einen speziellen Code des HL7 v2 0203 Codesystems enthalten muss. Zusätzlich erhält das „system“-Element des „identifier“-Elementes die entsprechende OID und das im „assigner“-Element enthaltene „display“-Element wird bei der Sozialversicherungsnummer und dem bereichsspezifischen Personenkennzeichen mit der verantwortlichen Stelle befüllt (vgl. ebd., 2.1.1.1). Im „recordTarget“-Template werden die Informationen mithilfe mehrerer „id“-Elemente codiert, die sich durch die vorgegebene Reihenfolge und die OIDs voneinander unterscheiden (vgl. ELGA GmbH, 2020g).

Die Anpassung des Transformationsprozesses umfasst daher die Spezifikation einer bedingten Transformation, die entsprechenden Zusatzinformationen werden abhängig von der jeweiligen OID ergänzt. Bisher wurden die „id“-Elemente unverändert in FHIR transformiert.

Die allgemeine Extension zur Abbildung der Staatsbürgerschaft eines Patienten erweitert die Patient-Ressource um einen „CodeableConcept“-Datentyp zur Spezifikation einer Nationalität aus dem ISO 3166-basierten ELGA_Ländercodes Value Set sowie einen „Period“-Datentyp. Dieser gibt den Zeitraum an, in dem der Patient diese Staatsbürgerschaft besitzt oder besessen hat (vgl. Health Level Seven International, 2019j). Aufgrund der fehlenden Abbildungsmöglichkeit dieser Information im „recordTarget“-Element des ELGA-CDA Laborbefundes wurde auf ein Mapping verzichtet. Da dies derzeit Zeitpunkt (Stand: 05/2021) noch immer der Fall ist, kann keine Transformation dieses Elementes angegeben werden (vgl. ELGA GmbH, 2020g).

Die Österreich-spezifische Extension zur Abbildung der Religionszugehörigkeit eines Patienten erweitert die Patient-Ressource um einen „CodeableConcept“-Datentyp zur Spezifikation eines Religionscodes aus dem ELGA_ReligiousAffiliation Value Set sowie einen „Period“-Datentyp mit dem Zeitraum, in dem der Patient ein Angehöriger dieser Glaubensgemeinschaft war oder ist (vgl. HL7 Austria, 2021c, 2.4.1.1). Das bisherige Map-

ping verwendete zur Abbildung der Religionszugehörigkeit die allgemeine Extension, welche zur Codierung das HL7 v3 Religious Affiliation Value Set verwendet und somit eine Terminologie-Transformation erforderlich machte. Ein Zeitraum der Religionszugehörigkeit konnte nicht spezifiziert werden (vgl. Health Level Seven International, 2019o).

Die Anpassungen des Transformationsprozesses umfassen den Austausch der verwendeten Extension-URL und den Wegfall der vorher benötigten Terminologie-Transformation. Die Spezifikation eines Zeitraumes der Religionszugehörigkeit wird zurzeit (Stand: 05/2021) im „recordTarget“-Element nicht unterstützt, daher kann für dieses Element keine Transformation angegeben werden (vgl. ELGA GmbH, 2020g).

Die Profilierung des „Address“-Datentyps umfasst neben dem Entfernen der in Österreich nicht verwendeten Elemente „district“ und „period“ die Erweiterung des Datentyps um mehrere Extensions zur genaueren Abbildung von Adressbestandteilen. Dazu zählen neben den allgemeinen Extensions zur zusätzlichen expliziten Abbildung des Straßennamens (vgl. Health Level Seven International, 2019i), der Hausnummer (vgl. Health Level Seven International, 2019h) und der Stock-, Stiegen- oder Türnummer (vgl. Health Level Seven International, 2019g) auch eine Österreich-spezifische Extension für weitere unspezifische Zusatzinformationen (vgl. HL7 Austria, 2021b) (vgl. HL7 Austria, 2021a, 2.2.1).

Da die offiziellen Extensions aufgrund der grobkörnigen Definition des „line“-Elementes im FHIR „Address“-Datentyp (Elemente „streetName“ und „houseNumber“ zusammengefasst) ohnehin bereits verwendet wurden, sind keine Anpassungen des Transformationsprozesses erforderlich (vgl. Health Level Seven International, 2019ab, 2.24.0.14).

5.3.1.8 Transformation des Elementes „author“

Das „author“-Element enthält den inhaltlichen Autor des Laborbefundes und folgt dem „Author“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. ELGA GmbH, 2021b). Es wird analog zu Punkt 5.2.2.1.1 inhaltsabhängig in eine FHIR PractitionerRole-, Practitioner-, Organization- oder Device-Ressource transformiert. Die erzeugten PractitionerRole-, Practitioner- oder Organization-Ressourcen können anschließend im „performer“-Element der DiagnosticReport-Ressource referenziert werden, die Device-Ressource jedoch nicht: Die Abbildung eines datenerstellenden Gerätes ist in der FHIR DiagnosticReport-Ressource nicht vorgesehen und ist nur mit einer selbst definierten Extension möglich. Aus Praktikabilitäts- und Vereinfachungsgründen wurde auf die Transformation dieses Spezialfalles eines datenerstellenden Gerätes im selektiven Transformationsmodell gänzlich verzichtet.

5.3.1.9 Transformation des Elementes „participant“

Der Auftraggeber des Laborbefundes wird durch ein „participant“-Element abgebildet, welches dem „Participant Auftraggeber / Ordering Provider“-Template folgt. Andere „participant“-Elemente werden zur Spezifikation des Hausarztes, einer auskunftsberechtigten Person (Notfallkontakt), von Angehörigen, des Versicherten, der Betreuungsorganisation und weiteren Behandlern verwendet (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). Die verwendeten Templates unterscheiden sich ausschließlich durch die Codes/IDs sowie den Spezifikationsmöglichkeiten und -voraussetzungen von Kontakt- und Organisationsdaten der entsprechenden Personen.

Die Transformation erfolgt in allen Fällen analog zum „author“-Element in eine FHIR PractitionerRole-/Practitioner-/RelatedPerson- oder Organization-Ressource, siehe Punkt 5.2.2.1.1. Diese erzeugte(n) Ressource(n) werden im Anschluss über eine selbst erstellte „orderingProvider“-Extension in der DiagnosticReport-Ressource referenziert, eine direkte Abbildung ohne Extension ist nicht vorgesehen (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.2 CDA Body

5.3.2.1 Transformation des Bereiches „Probeninformation“

Der Bereich enthält alle Information zum untersuchten Probenmaterial des Laborbefundes und folgt dem „Probeninformation“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021aa) (vgl. ELGA GmbH, 2021af). Abgesehen von folgenden Ausnahmen erfolgt die Transformation im selektiven Transformationsmodell weitgehend analog zu jener im erschöpfenden Transformationsmodell (siehe Punkt 5.2.2.3) mit folgenden Ausnahmen:

Aufgrund des Fehlens eines „section“-Elementes in der FHIR DiagnosticReport-Ressource können die CDA Level 2 Elemente „code“, „title“ und „text“ nicht in FHIR abgebildet werden. Davon betroffen ist auch die im „text“-Element enthaltene Tabelle mit den Probeninformationen in menschenlesbarer Form. Dies führt jedoch zu keinem Informationsverlust, da laut CDA-Standard sämtliche in Level 2 codierte Inhalte auch in Level 3 enthalten sein müssen (vgl. ELGA GmbH, 2018a, 8.1.2.2.3). Das CDA Level 3 „entry“-Element mit der maschinenlesbaren Form der Probeninformationen wird unverändert zum erschöpfenden Transformationsmodell in eine FHIR Specimen-Ressource transformiert, im Anschluss

allerdings in den „specimen“-Elementen der FHIR DiagnosticReport- und Observation-Ressourcen referenziert (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4) (vgl. Health Level Seven International, 2019ag).

5.3.2.2 Transformation des Bereiches „Überweisungsgrund“

Der Bereich enthält eine narrative Beschreibung des Auftragsgrundes aus der Sicht des Gesundheitsdiensteanbieters sowie in der letzten Version auch optional Daten des Patienten selbst (vgl. ELGA GmbH, 2021u, 13.4.4.2) (vgl. ELGA GmbH, 2021e). Die Transformation erfolgt im selektiven Transformationsmodell weitgehend analog zu jener im erschöpfenden Transformationsmodell (siehe Punkt 5.2.2.1), die im „entry“-Element mit den Patientenparametern enthaltenen „component“-Elemente werden in FHIR Condition-Ressourcen transformiert (vgl. Health Level Seven International, 2019aa). Deren „subject“-Elemente werden jeweils mit einer Referenz auf die zuvor transformierte Patient-Ressource versehen. Die erzeugten Condition-Ressourcen werden im Anschluss über eine selbst erstellte „diagnosticReport-precondition“-Extension mit der DiagnosticReport-Ressource verbunden, eine direkte Referenzierung von Condition-Ressourcen ohne Extension ist nicht vorgesehen (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

5.3.2.3 Transformation der „Laboratory Specialty Sections“

Die Bereiche „Mikroskopie“ und „Kultureller Erregernachweis“ enthalten sämtliche Laborergebnisse des mikrobiologischen Laborbefundes in codierter Form und folgen mit unterschiedlichen Codes dem „Laboratory Specialty Section“-Template, siehe Punkt 5.2.2.4 (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). In diesem Punkt wurde auch die allgemeine Transformation des Bereiches auf Template-Ebene erarbeitet. Diese ist jedoch aufgrund der zahlreichen inhaltlichen Möglichkeiten für das selektive Transformationsmodell nicht ausreichend. Die Auswahl der transformationsrelevanten Elemente erfordert eine detaillierte, individuelle Auseinandersetzung mit der Struktur und dem Inhalt des konkreten Transformationsinputs. Daher wird nachfolgend der Aufbau sowie die Transformation jedes Bereiches im Einzelnen behandelt:

5.3.2.3.1 Transformation des Bereiches „Mikroskopie“

Der Bereich enthält die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung und folgt dem „Laboratory Specialty Section (Mikroskopie)“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021x). Analog zu den vorangegangenen Bereichen können die darin enthaltenen CDA „code“- , „title“- und „text“-Elemente nicht in der FHIR DiagnosticReport-Ressource abgebildet werden. Das „entry“-Element mit dem „Laboratory Report Data Processing Entry“-Template enthält im konkreten Fall ein „entryRelationship“-Element, welches dem „Laboratory Observation Entry“-Template folgt, siehe Punkt 5.2.2.4.5 (vgl. ELGA GmbH, 2021w). Dieses enthält im „code“-Element einen vom ELGA_Laborparameter Value Set abgedeckten LOINC-Code und im „value“-Element einen CDA „CD“-Datentyp mit einem im ELGA_NachweisErgebnis_VS spezifizierten SNOMED-CT-Code (vgl. ELGA GmbH, 2019c).

Die Transformation erfolgt wie in den Punkten 5.2.2.1.3 und 5.2.2.4.5 beschrieben in eine FHIR Observation-Ressource, wobei die Elemente „subject“ und „specimen“ mit Referenzen auf die zuvor transformierten Patient- oder Specimen-Ressourcen versehen werden. Die erzeugte Observation-Ressource wird am Ende im „result“-Element der FHIR DiagnosticReport-Ressource referenziert.

5.3.2.3.2 Transformation des Bereiches „Kultureller Erregernachweis“

Der Bereich enthält die Ergebnisse des kulturellen Erregernachweises und folgt dem „Laboratory Specialty Section (Kultureller Erregernachweis)“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). Wie bereits bei den vorherigen Bereichen können auch hier die CDA-Elemente „code“, „title“ und „text“ nicht in der FHIR DiagnosticReport-Ressource abgebildet werden, sondern nur das dem „Laboratory Report Data Processing Entry“-Template folgende „entry“-Element. Dieses enthält im konkreten Fall ein „entryRelationship“-Element, welches zur Abbildung des kulturellen Erregernachweises dem „Laboratory Isolate Organizer“-Template folgt. In jedem dieser „entryRelationship“-Elemente wird jeweils ein einzelner Erreger codiert (vgl. ELGA GmbH, 2021w). Es enthält ein oder mehrere „component“-Elemente, die zur Abbildung von Einzelbefunden dem „Laboratory Observation Entry“-Template (siehe Punkt 5.2.2.4.5) oder zur Abbildung von Befundgruppen dem „Laboratory Battery Organizer“ folgen (siehe die Punkte 5.2.2.4.4 und 5.3.2.3.2.1) (vgl. ELGA GmbH, 2019b). Im konkreten Fall werden mehrere Einzelbefunde codiert, die jeweils über ein „code“-Element mit einem vom ELGA_Laborparameter Value Set abgedeckten LOINC-Code des ermittelten Erregers sowie ein „value“-Element mit einem CDA „IVL_PQ“-

Datentyp zur Spezifikation eines Intervalls der Keimmenge verfügen (vgl. ELGA GmbH, 2019c).

Bei der Transformation des kulturellen Erregernachweises kann der ermittelte Erreger entweder mithilfe einer FHIR Specimen- oder Observation-Ressource abgebildet werden. Bei der ersten Möglichkeit wird der ermittelte Erreger in eine eigene Specimen-Ressource transformiert, die über das „parent“-Element mit der Specimen-Hauptressource (Gewebeprobe) verbunden wird. Diese Abbildungsart eignet sich insbesondere dann, wenn das Ergebnis der Laboruntersuchung wichtiger als die Untersuchung selbst ist und der Erreger möglichst detailliert abgebildet werden soll. Die Spezifikation einer Observation-Ressource mit der Laboruntersuchung ist in diesem Fall optional, jedoch kann das „value“-Element keine Referenz auf eine Specimen-Ressource enthalten. Mögliche Lösungen wären die ausschließliche Verwendung des Erregercodes in diesem Element oder die Spezifikation einer eigenen Extension mit einer Referenz auf eine Specimen-Ressource. Aufgrund der unerwarteten und unintuitiven Struktur bedarf diese Art der Abbildung einer ausführlichen Dokumentation, zumal die Verbindung zwischen Untersuchung und Ergebnis nicht zufriedenstellend modelliert werden kann (vgl. Health Level Seven International, 2019am).

Bei der zweiten Möglichkeit werden der ermittelte Erreger und die Laboruntersuchung mithilfe einer einzigen Observation-Ressource abgebildet. Dazu wird das „code“-Element der Observation-Ressource mit einem LOINC-Code zur allgemeinen Kennzeichnung des (Nicht-)Vorhandenseins von Bakterien in der Probe befüllt. Im „value“-Element wird anschließend der im CDA „code“-Element enthaltene Erreger codiert. Dies ist jedoch nur möglich, sofern in CDA kein „value“-Element spezifiziert wird, etwa mit einer numerischen Angabe der Keimmenge. Dieses müsste andernfalls in das „value“-Element der FHIR Observation-Ressource transformiert werden, welches jedoch nur einen einzigen Wert enthalten darf. Im konkreten Fall wird dieses Problem durch eine bedingte Transformation umgangen: Ist ein „value“-Element vorhanden, wird der Erregercode stattdessen ins „code“-Element der FHIR Observation-Ressource transformiert - zusätzlich zum allgemeinen Code des Vorhandenseins von Bakterien. Dies mag zu einem inkonsistenten Transformationsergebnis führen, verhindert jedoch den Verlust der elementaren numerischen Keimmengenspezifikation. Das „specimen“-Element wird mit einer Referenz auf die Specimen-Ressource mit dem Probenmaterial versehen und die gesamte Observation-Ressource wird im „result“-Element der DiagnosticReport-Ressource referenziert. Diese Abbildungsmöglichkeit folgt der klassischen Abbildungsart für Laborergebnisse und eignet sich im Besonderen zur weiteren Codierung des Antibiogramms (vgl. Health Level Seven International, 2019ag).

5.3.2.3.2.1 Transformation des Antibiogramms

Das Antibiogramm wird in Version 3.0.0 des mikrobiologischen Laborbefundes nicht mehr als eigener Bereich geführt, sondern in den Bereich „Kultureller Erregernachweis“ integriert. Dazu wird im „Laboratory Isolate Organizer“-Template (siehe Punkt 5.3.2.3.2) ein weiteres „component“-Element spezifiziert, welches dem „Laboratory Battery Organizer“-Template folgt. In diesem werden die Resistenztests der Antibiotika in Form von einzelnen „observation“-Elementen codiert, die dem „Laboratory Observation Entry“-Template folgen. Im konkreten Fall enthalten die „observation“-Elemente teilweise ein „value“-Element mit einem numerischen Wert für die ebenfalls darin beinhaltete minimale Hemmkonzentration, codiert im CDA „PQ“-Datentyp.

Die Transformation des Antibiogramms erfolgt im selektiven Transformationsmodell in die von François Macary (HL7 France) beschriebene Ressourcenstruktur (vgl. Macary, 2018, S. 27). Dabei wird die zur Abbildung des kulturellen Erregernachweises erstellte Struktur (siehe Punkt 5.3.2.3.2, zweite Möglichkeit) um zusätzliche Observation-Unterressourcen erweitert, die jeweils einen Antibiotika-Resistenztest beinhalten und im „hasMember“-Element der Observation-Hauptressource referenziert werden. In diesem wird im „code“-Element der getestete Antibiotikastamm, im „value“-Element der numerische Wert der minimalen Hemmkonzentration sowie im „interpretation“-Element das Ergebnis des Resistenztests codiert (vgl. Health Level Seven International, 2019ag).

Macary weist darauf hin, dass bei kritischen Antibiotikaresistenzen eine Alarmierung des Arztes in Form einer speziellen Abbildungsstruktur angedacht werden sollte. Er schlägt dazu entweder einen sofort ins Auge stechenden Code im „code“-Element der DiagnosticReport-Ressource oder die Erstellung einer zusätzlichen Observation-Ressource mit der expliziten Codierung der kritischen Antibiotikaresistenz vor. In beiden Fällen sollte das „conclusion“-Element der DiagnosticReport-Ressource mit einem entsprechenden Text versehen werden (vgl. Macary, 2018, S. 28). Gegen diese ergebnisbezogenen Transformationseigenschaften spricht, dass dafür eine Interpretation des Ergebnisses erforderlich wäre. Nach Meinung des Autors hätte dies nicht nur erhebliche Auswirkungen auf die Sicherheitsklasse des Systems, sondern läge auch weit außerhalb des Kompetenzbereiches einer Transformation oder eines medizinischen Interoperabilitätsstandards im Allgemeinen. Eine Auswertung der Daten sollte erst nach erfolgter Transformation erfolgen, etwa von einem eigenen Interpretationsservice im Zuge der grafischen Ergebnisaufbereitung.

5.3.2.4 Transformation des Bereiches „Befundbewertung“

Der Bereich wird als Container zur Spezifikation der medizinischen Bewertung der Laborergebnisse verwendet und folgt dem „Befundbewertung“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021aa). Eine Transformation des gesamten Bereiches ist im selektiven Transformationsmodell aufgrund des geringen Informationsgehaltes nicht vorgesehen. Als einzige Elemente können das „text“-Element mit dem menschenlesbaren Bewertungstext in das „conclusion“-Element sowie das im „entry“-Element enthaltene „code“-Element des „Comment Entry“-Templates mit dem Code der Bewertung ins „conclusionCode“-Element der FHIR DiagnosticReport-Ressource übernommen werden (vgl. ELGA GmbH, 2021c) (vgl. ELGA GmbH, 2021g) (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4). Da im CDA „code“-Element ein LOINC-Code vorgeschrieben ist und das FHIR „conclusionCode“-Element SNOMED-CT-Codes mit dem Status „example“ verwendet, ist eine Terminologie-Transformation optional. Es ist jedoch zweifelhaft, inwiefern der in CDA verwendete Code in FHIR überhaupt relevant ist und ob eine Transformation des „code“-Elementes notwendig ist.

Kapitel 6

Praktische Umsetzung der Transformation

Die praktische Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes in FHIR R4 wurde mithilfe des selektiven Transformationsmodells und dem auf dem HAPI-FHIR-Server basierenden Matchbox (vgl. Egger, 2020) umgesetzt. Als Input-Dokument kam ein von ELGA zur Verfügung gestelltes Beispieldokument des mikrobiologischen Laborbefundes in der Version 2.06.03 zum Einsatz, da sich die Version 3.0.0 derzeit (Stand: 05/2021) noch in Entwicklung befindet. Aus diesem Grund existiert derzeit weder ein vollständiges Beispieldokument noch eine Validierungsmöglichkeit für selbst erstellte Laborbefunde. Zur Abbildung aller benötigten Informationen wurde das CDA-Dokument daher unter Verwendung der bereits bestehenden Templates der Version 3.0.0 sowie auf Basis von Vorabinformationen der ELGA GmbH abgeändert. Zum einen wurden die „Patientenparameter“ zur Abbildung von befundungsrelevanten Informationen zum Patienten (siehe Punkt 5.2.2.1.4) ergänzt und der Bereich „Kultureller Erregernachweis“ um das codierte Antibiotogramm erweitert. Sämtliche „streetAddressLine“-Elemente wurden zur besseren Transformation in „streetAddress“- und „houseNumber“-Elemente aufgeteilt sowie der ohnehin nicht verwendete Bereich „Makroskopie“ komplett entfernt.

Im Zuge der Transformationserstellung wurde darauf geachtet, die erarbeiteten Transformationsregeln für eine eventuelle Wiederverwendung so flexibel wie möglich zu halten. Daher wurden zwei Mapping-Dateien erstellt. Eine Datei enthält allgemeine Regeln zur Transformation sämtlicher CDA-Basisdatentypen und kann für alle CDA-Dokumente verwendet werden. Die andere Datei enthält die konkret benötigten Regeln zur Transformation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes und bezieht sich dabei auf die Regeln der ersten Mapping-Datei.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Transformation derzeit ausschließlich prototypischen Charakter hat, da die verwendete Version der Spezifikation des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes seitens ELGA noch nicht finalisiert ist und der verwendete Matchbox-Transformationsserver den Status „experimentell“ besitzt.

Die Beschreibung des Transformationsablaufes des gesamten ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes sowie der resultierenden FHIR-Ressourcenstruktur würden den Umfang dieser Arbeit sprengen. Daher konzentriert sich der Autor auf eine allgemeine Funktionsdemonstration anhand der beiden Transformationsserver Matchbox und Firely Server. Die Demonstration zeigt den praktischen Ablauf einer CDA-FHIR Transformation mithilfe der FHIR Mapping Language mit besonderem Fokus auf den Bereich „Kultureller Erregernachweis“. Dieser Bereich verfügt bereits über eine offizielle Spezifikation der Version 3.0.0, weshalb die neue Version des Bereichstemplates zu Demonstrationszwecken in die ältere Grundversion des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes eingebunden wurde. Damit ist sichergestellt, dass das Beispiel auf dem letzten Stand der Technik basiert, die Versionierung im theoretischen und praktischen Teil konsistent und die Transformation auch mit neueren Templateversionen kompatibel ist. Dies schafft zudem die Möglichkeit, die Transformation des neu hinzugekommenen Antibigramms zu demonstrieren.

Als Editor wurde Microsoft Visual Studio Code ⁴ mit zwei Erweiterungen verwendet. Eine Erweiterung zur farblichen Kennzeichnung der Syntax ⁵ sowie ein einfacher REST-Client zur Ausführung der Requests an den Server ⁶.

6.1 Vorbereitung der Transformation

Vor Transformationsbeginn muss der Server mit Informationen zur Struktur und den verwendeten Terminologien versorgt werden, siehe dazu auch Punkt 3.3.

⁴ siehe <https://code.visualstudio.com>

⁵ siehe <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=HealexSystems.fhir-mapping-language-support>

⁶ siehe <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=humao.rest-client>

6.1.1 Logisches Modell von CDA für FHIR

Der Transformationsserver muss mit den zu verarbeitenden CDA R2.0- sowie FHIR R4-Strukturen und Datentypen vertraut sein, siehe Punkt 3.3.1. Diese müssen am Server verfügbar sowie in den Konfigurationsdateien des Servers spezifiziert werden. Abhängig vom verwendeten Server kommen unterschiedliche Schemen zum Einsatz:

6.1.1.1 Matchbox-FHIR-Server

Der Matchbox-FHIR-Server verwendet das im HL7 „cda-core-2.0“-Projekt (vgl. McIlvenna u. a., 2020) spezifizierte Schema von CDA für FHIR.

6.1.1.2 Firely Server

Der Firely Server verwendet auf Simplifier veröffentlichte eigene Schemen von CDA für FHIR. Diese basieren zwar auf demselben HL7 „cda-core-2.0“-Projekt, enthalten zur Verwendung mit der .NET API jedoch geringfügige FHIR-versionsspezifische Änderungen (vgl. Firely B.V., 2020b) (vgl. Firely B.V., 2020a).

6.1.2 Terminologien

Zur Ausführung von Terminologie-Transformationen muss der Server mit den Code-Mappings unterschiedlicher Terminologien vertraut sein, siehe Punkt 3.3.2. Diese werden in FHIR mithilfe von FHIR ConceptMap-Ressourcen dargestellt, die abhängig vom verwendeten Server in unterschiedlicher Form vorliegen müssen:

6.1.2.1 Matchbox-FHIR-Server

Der Matchbox-FHIR-Server kann ausschließlich im Mapping-Skript definierte, eingebettete ConceptMaps verarbeiten - siehe Punkt 3.3.4.2. Daher müssen alle in Punkt 5.1.2.2.2 definierten Terminologie-Transformationen mithilfe eingebetteter ConceptMaps realisiert werden, die zusammen mit dem Mapping-Skript selbst auf den Server geladen werden - siehe Punkt 6.1.3. Es folgt eine beispielhafte Darstellung der eingebetteten ConceptMap zur Transformation des Geschlechts des Patienten:

```
1 conceptmap "ELGA2FHIRGender" {
2   prefix s = "https://www.hl7.org/fhir/cda/ELGA_AdministrativeGender"
3   prefix t = "https://www.hl7.org/fhir/valueset-gender-identity"
4
5   s:"M" == t:"male" // gender M -> male
6   s:"F" == t: "female" // gender F -> female
7   s:"UN" == t: "non-binary" // gender UN (undifferentiated) -> non-binary (patient
      identifies with neither/both female and male)
8 }
```

6.1.2.2 Firely Server

Der Firely Server (vgl. Firely B.V., 2021c) unterstützt ausschließlich externe FHIR ConceptMap-Ressourcen, die sich entweder auf dem Server selbst oder auf einem externen Terminologieserver befinden müssen, siehe Punkt 3.3.2. Aus diesem Grund muss für alle in Punkt 5.1.2.2.2 definierten Terminologie-Transformationen eine eigene FHIR ConceptMap-Ressource erstellt und auf den Server geladen werden. Es folgt eine beispielhafte Darstellung der FHIR ConceptMap-Ressource zur Transformation des Geschlechts des Patienten:

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <ConceptMap xmlns="http://hl7.org/fhir">
3   <id value="104"/>
4   <url value="http://hl7.org/fhir/ConceptMap/104"/>
5   <identifizier>
6     <system value="urn:ietf:rfc:3986"/>
7     <value value="urn:uuid:53cd62ee-033e-414c-9f58-3ca97b5ffc3b"/>
8   </identifizier>
9   <version value="4.0.1"/>
10  <name value="ELGA_AdministrativeGender-FHIR-valueset-gender-identity"/>
11  <title value="ELGA-CDA/FHIR Gender Mapping"/>
12  <status value="draft"/>
13  <experimental value="true"/>
14  <date value="2012-06-13"/>
15  <publisher value="BlackTusk GmbH"/>
16  <contact>
17    <name value="Maximilian Ossana"/>
18    <telecom>
19      <system value="url"/>
20      <value value="http://blacktusk.eu"/>
```

```
21   </telecom>
22 </contact>
23 <description value="A mapping between the ELGA-CDA and FHIR Gender Code systems"/>
24 <useContext>
25   <code>
26     <system value="http://terminology.hl7.org/CodeSystem/usage-context-type"/>
27     <code value="venue"/>
28   </code>
29   <valueCodeableConcept>
30     <text value="for ELGA-CDA Usage"/>
31   </valueCodeableConcept>
32 </useContext>
33 <jurisdiction>
34   <coding>
35     <system value="urn:iso:std:iso:3166"/>
36     <code value="de-AT"/>
37   </coding>
38 </jurisdiction>
39 <purpose value="To help implementers map from ELGA-CDA to FHIR"/>
40 <copyright value="Creative Commons 0"/>
41 <sourceUri value="https://www.hl7.org/fhir/cda/ELGA_AdministrativeGender"/>
42 <targetUri value="https://www.hl7.org/fhir/valueset-gender-identity"/>
43 <group>
44   <source value="https://www.hl7.org/fhir/cda/ELGA_AdministrativeGender"/>
45   <target value="https://www.hl7.org/fhir/valueset-gender-identity"/>
46   <element>
47     <code value="M"/>
48     <display value="male"/>
49     <target>
50       <code value="male"/>
51       <display value="male"/>
52       <equivalence value="equivalent"/>
53     </target>
54   </element>
55   <element>
56     <code value="F"/>
57     <display value="female"/>
58     <target>
59       <code value="female"/>
60       <display value="female"/>
61       <equivalence value="equivalent"/>
62     </target>
63 </element>
```

```
64 <element>
65   <code value="UN"/>
66   <display value="undifferentiated"/>
67   <target>
68     <code value="non-binary"/>
69     <display value="non-binary (patient identifies with neither/both female and
70       male)"/>
70     <equivalence value="equivalent"/>
71   </target>
72 </element>
73 <unmapped>
74   <mode value="provided"/>
75 </unmapped>
76 </group>
77 </ConceptMap>
```

Die ausführlichere Darstellung der Terminologie-Transformation bei Verwendung einer eigenen ConceptMap-Ressource ist deutlich zu erkennen. Man beachte die „equivalence“-Elemente in den Zeilen 52, 61 und 70, mit denen das Verhältnis der Codes zueinander angegeben werden kann, sowie das „unmapped“-Element in den Zeilen 73 bis 75, mit dem die Verfahrensweise bei einem nicht im Mapping enthaltenen Code festgelegt werden kann - im konkreten Fall soll der originale Code unverändert übernommen werden (vgl. Health Level Seven International, 2019z, 4.10.4, 4.10.8).

Die FHIR ConceptMap-Ressourcen werden mit dem in Grafik 6.1 abgebildeten REST POST-Request an den Server übermittelt:

```
### 1d. POST ELGA_Gender ConceptMap-Ressource
Send Request
POST {{host}}/ConceptMap HTTP/1.1
Accept: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0
Content-Type: application/xml;fhirVersion=4.0

< ./conceptMaps/ELGAGender_ConceptMap.xml
```

Abbildung 6.1: REST POST-Request zur Übermittlung einer ConceptMap-Ressource an Firely Server. Quelle: Selbst erstellt

Von wesentlicher Bedeutung dabei ist der „fhirVersion“-Parameter mit einer expliziten Spezifikation der verwendeten FHIR-Version, da der Server die Anfrage ohne diesem nicht verarbeiten kann.

6.1.3 Mapping-Skripte

Zuletzt werden die erstellten Mapping-Skripte an den Server gesendet, welcher diese in FHIR StructureMap-Ressourcen konvertiert und abspeichert, siehe die Punkte 3.3.3 und 3.3.4. Im konkreten Fall werden zwei Skripten an den Server übermittelt: das „CDA2FHIR-Types“-Skript mit den Transformationen der Basisdatentypen sowie das „CDA2FHIRDiagnosticReport“-Skript mit der eigentlichen Transformation des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes. Die Syntax der Skripte sowie die REST POST-Requests variieren abhängig vom verwendeten Transformationsserver, siehe Punkt 5.1.1.2 für Matchbox und Punkt 5.1.1.3 für Firely Server. In Hinblick auf das limitierte Platzangebot im Dokument sowie zur Redundanzvermeidung werden ausschließlich die Mapping-Skripten für Matchbox behandelt.

6.1.3.1 Matchbox-FHIR-Server

In folgendem Code ist eine Gruppe des „CDA2FHIRDiagnosticReport“-Skripts zur Transformation des CDA-Bereiches „Kultureller Erregernachweis“ in eine FHIR Observation-Ressource unter Verwendung des selektiven Transformationsmodells sowie des Matchbox-FHIR-Servers abgebildet:

```
1 // Kultureller Erregernachweis - Speciality Section
2 secCode.code where (secCode.code = '446394004')
3 then SectionMicrobialCultureFinding(sec,diagnosticReport,patientResource,specimen,
   bundle) "microbialCultureFinding";
```

In der Hauptgruppe der Transformation wird jeder Bereich des CDA Dokumentes anhand des spezifizierten Bereichscodes identifiziert und die jeweilige Spezialgruppe zur Transformation aufgerufen. Die im folgenden Code-Listing abgebildete Mapping-Gruppe erhält

als Übergabeparameter den entsprechenden Bereich des CDA-Dokumentes sowie zu Referenzzwecken die zu einem früheren Zeitpunkt erzeugten DiagnosticReport-, Patient-, Specimen- und Bundle-Ressourcen:

```
1 group SectionMicrobialCultureFinding(source sec:Section, target diagnosticReport:
    DiagnosticReport, target patientResource:Patient, target specimen:Specimen, target
    bundle:Bundle){
2
3 // Kultureller Erregernachweis
4
5 sec.entry as secEntry then {
6     secEntry.act as secEntrAct then {
7
8         // Kultureller Keimnachweis
9         secEntrAct.entryRelationship as secEntrActEntrRel then {
10
11             // "Laboratory Isolate Organizer": pro Keim eigene FHIR Observation-Ressource
12             secEntrActEntrRel.organizer as entrRelOrg -> bundle.entry as entry11, entry11.
13                 resource = create('Observation') as cultGermObservation,
14                 cultGermObservation.id = uuid() as uuid11, entry11.fullUrl = append('urn:uuid
15                 :',uuid11),
16                 cultGermObservation.subject = create('Reference') as reference, reference.
17                 reference = reference(patientResource), reference.type = 'Patient',
18                 cultGermObservation.specimen = create('Reference') as reference2, reference2.
19                 reference = reference(specimen), reference2.type = 'Specimen',
20                 diagnosticReport.result = create('Reference') as reference3, reference3.
21                 reference = reference(cultGermObservation), reference3.type = 'Observation'
22                 then {
23
24                 entrRelOrg -> cultGermObservation.category = create('CodeableConcept') as
25                 obsType then {
26                     entrRelOrg -> obsType.coding as obsTypeCoding then {
27                         entrRelOrg -> obsTypeCoding.system = 'http://hl7.org/fhir/ValueSet/
28                         observation-category' "microbialCultureFindingTypeCodeSystem";
29                         entrRelOrg -> obsTypeCoding.version = '4.0.1' "
30                         microbialCultureFindingCodeSystemVersion";
31                         entrRelOrg -> obsTypeCoding.code = 'laboratory' "
32                         microbialCultureFindingTypeCode";
33                         entrRelOrg -> obsTypeCoding.display = 'Laboratory' "
34                         microbialCultureFindingTypeCodeDisplay";
35                     } "microbialCultureFindingTypeCoding";
36                 } "microbialCultureFindingType";
```

```
26
27     entrRelOrg.statusCode as statCode -> observation.status = translate(statCode,
28         '#ELGAFHIRObservationCode','code') "microbialCultureFindingStatusCode";
29
30 // Microbial culture as result of observation
31 entrRelOrg.specimen as spec then {
32     spec.specimenRole as specRole then {
33         specRole.specimenPlayingEntity as specPlayEnt then {
34             specPlayEnt.code as specPlayEntCode where (entrRelOrg.component.
35                 observation.value.empty()) -> cultGermObservation.value = create('
36                 CodeableConcept') as value then CDCCodeableConcept(specPlayEntCode,
37                 value) "microbCultResultCode";
38             specPlayEnt.code as specPlayEntCode where (entrRelOrg.component.
39                 observation.value.exists()) -> cultGermObservation.code = create('
40                 CodeableConcept') as value then CDCCodeableConcept(specPlayEntCode,
41                 value) "microbCultResultCode2";
42         } "entrRelOrgSpecRolePlayingEntity";
43     } "entrRelOrgSpecRole";
44 } "entrRelOrgSpec";
45
46 entrRelOrg.component as comp then {
47
48     // "Laboratory Observation Entry": Microbial culture finding as code of
49     // observation - Methode und Keimzahl
50     comp.observation as compObs then CDAObservationFHIRObservation(compObs,
51         cultGermObservation,bundle) "entrRelOrgCompObs";
52
53     // "Laboratory Battery Organizer": Antibigram of microbial culture
54     // Specialty Section - Antibigramm, optional
55     comp.organizer as compOrg then AntibigramOrganizer(compOrg,
56         cultGermObservation, patientResource, specimen, bundle) "
57         antibiogramMinimalInhibitorConcentration";
58
59     } "entrRelOrgComp";
60     } "microbCultEntrRelOrg";
61     } "microbCultEntrRel";
62 } "microbCultEntrRelAct";
63 } "microbCultEntrSecEntr";
64 }
```

In dieser Mapping-Gruppe werden die zur Transformation benötigten FHIR-Ressourcen angelegt - eine Observation-Ressource pro abgebildetem Keim, siehe Zeilen 11 bis 16.

Für jede angelegte Ressource wird ein neues „entry“-Element in der später zurückgegebenen Bundle-Ressource angelegt und eine individuelle UUID vergeben. Zusätzlich werden Referenzen auf die übergebenen Patient- und Specimen-Ressourcen erzeugt und in die entsprechenden Elemente der neuen Ressource geschrieben. Zuletzt wird die Ressource selbst über eine Referenz mit der DiagnosticReport-Hauptressource verbunden. Die neu angelegte Observation-Ressource wird in den Zeilen 18 bis 25 mit dem hartcodierten „category“-Code ausgestattet und erhält in Zeile 27 über eine Terminologie-Transformation ihren Statuscode. Anschließend erfolgt die Transformation des codierten Erregers, wobei in den Zeilen 33 und 34 die in Punkt 5.3.2.3.2 beschriebene bedingte Transformation des Erregercodes durchgeführt wird. Abschließend wird in Zeile 42 die Mapping-Gruppe zur Transformation der Keimzahl sowie in Zeile 45 die Mapping-Gruppe zur Transformation des zugehörigen Antibigramms aufgerufen. Die Mapping-Gruppe des Antibigramms ist in folgendem Codebeispiel dargestellt:

```
1 group AntibigramOrganizer(source org:Organizer, target observation:FHIRObservation,
   target patientResource:Patient, target specimen:Specimen, target bundle:Bundle){
2
3 // Antibigramm
4 org.code as compOrgCode -> observation.code = create('CodeableConcept') as value
   then CECodeableConcept(compOrgCode,value) "antibiogramCodeValue";
5
6 org.component as comp -> bundle.entry as entry12, entry12.resource = create('
   Observation') as antibioObservation,
7 antibioObservation.id = uuid() as uuid12, entry12.fullUrl = append('urn:uuid:',
   uuid12),
8 antibioObservation.subject = create('Reference') as reference, reference.reference =
   reference(patientResource), reference.type = 'Patient',
9 antibioObservation.specimen = create('Reference') as reference2, reference2.
   reference = reference(specimen), reference2.type = 'Specimen',
10 observation.hasMember = create('Reference') as reference3, reference3.reference =
   reference(antibioObservation), reference3.type = 'Observation' then {
11
12 comp -> antibioObservation.category = create('CodeableConcept') as obsType then {
13 comp -> obsType.coding as obsTypeCoding then {
14 comp -> obsTypeCoding.system = 'http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-
   category' "antibiogramTypeCodeSystem";
15 comp -> obsTypeCoding.version = '4.0.1' "antibiogramTypeCodeSystemVersion";
16 comp -> obsTypeCoding.code = 'laboratory' "antibiogramTypeCode";
17 comp -> obsTypeCoding.display = 'Laboratory' "antibiogramTypeCodeDisplay";
18 } "microbialCultureFindingTypeCoding";
```

```
19 } "microbialCultureFindingType";
20
21 comp -> antibioObservation.status = 'final' "observationStatus";
22
23 // Antibiotika als observation-Elemente
24 comp.observation as compObs then CDAobservationFHIRObservation(compObs,
    antibioObservation,bundle) "antibioticObservation";
25
26 } "antibioOrgComp";
27 }
```

Diese legt für jedes „component“-Element mit einem Resistenztest eine weitere Observation-Ressource an und verbindet diese mithilfe des „hasMember“-Elementes mit der Observation-Hauptressource. Die neue Observation-Ressource wird am Ende der letzten Mapping-Gruppe übergeben, welche diese mit den Daten des jeweiligen Resistenztests befüllt:

```
1 group CDAobservationFHIRObservation(source cdaObs:CDAobservation, target observation:
    FHIRObservation, target bundle:Bundle) {
2
3   cdaObs -> observation.meta as observationMeta then {
4     cdaObs -> observationMeta.profile = 'http://hl7.org/fhir/MicrobiologyLaboratory/
        StructureDefinition/MicrobiologyLaboratoryObservation' "
        microbiologyLaboratoryObservationProfile";
5   } "observationProfile";
6
7   cdaObs.code as obsCode -> observation.code = create('CodeableConcept') as value then
        CECodeableConcept(obsCode,value) "observationResultCode"; // ELGA_Laborparameter
        Value Set (LOINC)
8
9   cdaObs.statusCode as statCode -> observation.status = translate(statCode, '#
        ELGAFHIRObservationCode','code') "observationStatusCode";
10
11  cdaObs.effectiveTime as obsTime -> observation.effective = create('dateTime') as
        value then TSDatetime(obsTime,value) "observationEffTime";
12
13  // Concept Descriptor
14  cdaObs.value: CD as obsValueCDA -> observation.value = create('CodeableConcept') as
        value then CDCodeableConcept(obsValueCDA,value) "observationValueCD";
15
```

```
16 // Interval of Physical Quantities
17 cdaObs.value: IVL_PQ as obsValueCDA -> observation.value = create('Range') as value
    then IVLPQRange(obsValueCDA, value) "observationValueIVLPQ";
18
19 // Physical Quantity - not standard conformant, but required for example report
20 cdaObs.value: PQ as obsValueCDA -> observation.value = create('Quantity') as value
    then PQQuantity(obsValueCDA,value) "observationValuePQ";
21
22 // Integer
23 cdaObs.value: INT as obsValueCDA -> observation.value = create('integer') as value
    then INT(obsValueCDA,value) "observationValueINT";
24
25 // Interval of Integers
26 cdaObs.value: IVL_INT as obsValueCDA -> observation.value = create('Range') as value
    then IVLINTRange(obsValueCDA,value) "observationValueIVLINT";
27
28 // Boolean
29 cdaObs.value: BL as obsValueCDA -> observation.value = create('boolean') as value
    then Boolean(obsValueCDA,value) "observationValueBool";
30
31 // String
32 cdaObs.value: ST as obsValueCDA -> observation.value = create('string') as value
    then STstring(obsValueCDA,value) "observationValueString";
33
34 // Coded Value
35 cdaObs.value: CV as obsValueCDA -> observation.value = create('CodeableConcept') as
    value then CVCodeableConcept(obsValueCDA,value) "observationValueCV";
36
37 // Time Stamp
38 cdaObs.value: TS as obsValueCDA -> observation.value = create('dateTime') as value
    then TSDateTime(obsValueCDA,value) "observationValueTS";
39
40 // Ratio
41 cdaObs.value: RTO as obsValueCDA -> observation.value = create('Ratio') as value
    then RTORatio(obsValueCDA,value) "observationValueRTO";
42
43 // Ratio of quantities
44 cdaObs.value: RTO_QTY_QTY as obsValueCDA -> observation.value = create('Ratio') as
    value then RTOQTYQTYRatio(obsValueCDA,value) "observationValueRTOQTYQTY";
45
46 // Ratio of physical quantities
47 cdaObs.value: RTO_PQ_PQ as obsValueCDA -> observation.value = create('Ratio') as
    value then RTOPQPQRatio(obsValueCDA,value) "observationValueRTOQPQP";
```

```
48
49 cdaObs.interpretationCode as obsInterpretCode -> observation.interpretation = create
    ('CodeableConcept') as value then CECodeableConcept(obsInterpretCode,value) "
    obsInterpretationCode"; // Value Set; can either be specified here or inside
    referenceRange-Element
50
51 // Participant/validierende Person
52 cdaObs.participant as partObs then {
53     partObs.participantRole as partRole -> bundle.entry as entry11, entry11.resource =
        create('Practitioner') as prac,
54     pracRole.id = uuid() as uuid11, entry11.fullUrl = append('urn:uuid:',uuid11),
        observation.performer = create('Reference') as reference1,
55     reference1.reference = reference(prac), reference1.type = 'Practitioner' then
        ParticipantRolePractitioner(partRole, prac) "PartRolePractitioner";
56 } "observationParticipant";
57
58 // Referenzbereich
59 cdaObs.referenceRange as refRangeObs then {
60     refRangeObs.observationRange as refRangeObsRange -> observation.referenceRange as
        observationRefRange then {
61         refRangeObsRange.text as obsRangeText -> observationRefRange.text = create('
            string') as value then EDstring(obsRangeText,value) "
            referenceRangeObservationRangeTextValue"; // contains ED-Datatype with
            reference to narrative text (Level 2)
62         refRangeObsRange.value as obsRangeValue -> observationRefRange = create('Range')
            as value then IVLPQRange(obsRangeValue,value) "
            referenceRangeObservationRangeValue";
63         refRangeObsRange.interpretationCode as obsRangeInterpretCode -> observation.
            interpretation = create('CodeableConcept') as value then CECodeableConcept(
            obsRangeInterpretCode,value) "obsInterpretationCode"; //
            ELGA_ObservationInterpretation Value Set; can either be specified here or in
            top-level interpretationCode-Element
64     } "observationReferenceRangeObservationRange";
65 } "observationReferenceRange";
66
67 // Performer/externes Labor
68 cdaObs.performer as perfObs then {
69     perfObs.assignedEntity as assEnt -> bundle.entry as entry12, entry12.resource =
        create('Practitioner') as practitioner,
70     practitioner.id = uuid() as uuid12, entry12.fullUrl = append('urn:uuid:',uuid12),
        bundle.entry as entry13, entry13.resource = create('PractitionerRole') as
        pracRole,
```

```
71   pracRole.id = uuid() as uuid13, entry13.fullUrl = append('urn:uuid:',uuid13),
      pracRole.practitioner = create('Reference') as reference, reference.reference =
        reference(practitioner), reference.type = 'Practitioner',
72   observation.performer = create('Reference') as reference2, reference2.reference =
      reference(pracRole), reference2.type = 'PractitionerRole' then
      AssignedEntityPractitioner(assignEnt,pracRole,practitioner,bundle) "
      observationPerformerAssignedEntity";
73 } "observationPerformer";
74 }
```

In dieser letzten Mapping-Gruppe erfolgt die Transformation des Ergebniscodes, des Statuscodes, des Durchführungszeitpunktes sowie des Wertes des Laborergebnisses. Andere, in diesem Beispiel nicht verwendete Regeln spezifizieren die Transformation des Interpretationscodes sowie weiterer beteiligter Personen. Zu beachten sind die manuelle Spezifikation des erstellten Profiles der Observation-Ressource in den Zeilen 3 bis 5, die Transformation des „code“-Elementes in Zeile 7, die Terminologie-Transformation des Statuscodes in Zeile 9, die Transformation der unterschiedlichen CDA-Datentypen in deren FHIR-Pendants in den Zeilen 14 bis 47 sowie die Transformation des CDA „interpretationCode“-Elementes, welches an zwei Stellen vorkommen darf, siehe Zeile 49 oder 63.

Beide Skripten werden jeweils im Body eines REST POST-Requests an den Transformationsserver übermittelt - in Abbildung 6.2 wird der Request für das „CDA2FHIRDiagnosticReport“-Skript dargestellt:

```
### 1b. POST CDA2FHIRDiagnosticReport.map (selective approach) - using embedded ConceptMaps
Send Request
POST {{host}}/StructureMap HTTP/1.1
Accept: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0.1
Content-Type: text/fhir-mapping

< ./maps/selective/CDA2FHIRDiagnosticReport.map
```

Abbildung 6.2: REST POST-Request zur Übermittlung des „CDA2FHIRDiagnosticReport“-Skriptes an Matchbox. Quelle: Selbst erstellt

Anzumerken ist, dass der Request die „\$convert“-Operation des Servers anstößt, welche das Mapping-Skript in eine FHIR StructureMap-Ressource konvertiert und am Server ablegt, siehe Punkt 3.3.3 (vgl. Health Level Seven International, 2019as, 2.26.6.5).

Dies ist bei Verwendung von Matchbox nicht sofort ersichtlich, da der Request hier nicht standardkonform direkt auf das „StructureMap“-Basisverzeichnis des Servers ausgeführt wird. Lediglich der verwendete „Content-Type“-Header gibt einen Hinweis auf diesen Umstand.

6.1.3.2 Firely Server

Bei Verwendung des Firely Servers ist der Zusammenhang zwischen Request und Server-Operation deutlicher zu erkennen, da der Request hier die „\$convert“-Operation explizit anstößt - siehe Abbildung 6.3:

```
### 2a. POST CDA2FHIRDiagnosticReport.map (selective approach)
Send Request
POST {{host}}/administration/$convert HTTP/1.1
Accept: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0
Content-Type: text/fhir-mapping;charset=utf-8

< ./maps/Vonk/CDA2FHIRDiagnosticReport_Vonk.map
```

Abbildung 6.3: REST POST-Request zur Übermittlung des „CDAFHIRDiagnosticReport“-Skriptes an Firely Server. Quelle: Selbst erstellt

Zusätzlich muss im „Content-Type“-Header der „charset“-Parameter spezifiziert werden, damit der Server den Request verarbeiten kann.

6.2 Durchführung der Transformation

Der letzte Transformationsschritt ist der Aufruf der „\$transform“-Operation des Servers, siehe Punkt 3.3.3. Als Transformationsinput wird das ELGA-CDA Beispieldokument des mikrobiologischen Laborbefundes verwendet. Es folgt eine beispielhafte Darstellung des darin enthaltenen Bereiches „Kultureller Erregernachweis“ mit der Codierung des Keims „Staphylococcus aureus“ sowie dessen Antibiotogramm:

```
1 <component typeCode="COMP">
2   <section classCode="DOCSECT">
3     <templateId root="1.2.40.0.34.11.4.2.8"/>
4     <code code="446394004" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96" codeSystemName="SNOMED-
      CT" displayName="Microbial culture finding (finding)"/>
5     <title>Kultureller Erregernachweis</title>
6     <text>
7       <paragraph styleCode="xELGA_h3">Keime</paragraph>
8       <table>
9         <thead>
10          <tr>
11            <th>Erreger</th>
12            <th>Methode</th>
13            <th>Keimzahl</th>
14          </tr>
15        </thead>
16        <tbody>
17          <tr ID="OBS-MIBI-1">
18            <td ID="OBS-MIBI-1-1">Staphylococcus aureus</td>
19            <td ID="OBS-MIBI-1-2">Kultur</td>
20            <td ID="OBS-MIBI-1-3">&gt;500CFU</td>
21          </tr>
22        </tbody>
23      </table>
24    </text>
25    <entry typeCode="DRIV">
26      <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1" extension="Lab.Report.Data.Processing.
      Entry"/>
27      <act classCode="ACT" moodCode="EVN">
28        <code code="400" codeSystem="1.2.40.0.34.5.11" codeSystemName="
      ELGA_LaborparameterErgaenzung" displayName="Hämostaseologie"/>
29        <statusCode code="completed"/>
30        <entryRelationship typeCode="COMP">
31          <!-- "Laboratory Isolate Organizer" für Keim "Staphylococcus aureus" -->
32          <organizer classCode="CLUSTER" moodCode="EVN">
33            <templateId root="1.2.40.0.34.6.0.11.3.167"/>
34            <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1.5"/>
35            <statusCode code="completed"/>
36            <effectiveTime nullFlavor="UNK"/>
37            <specimen typeCode="SPC">
38              <specimenRole classCode="SPEC">
39                <specimenPlayingEntity classCode="MIC">
```

```
40         <code code="3092008" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96"  
41             codeSystemName="SNOMED-CT" displayName="Staphylococcus aureus"/>  
42     </specimenPlayingEntity>  
43 </specimenRole>  
44 </specimen>  
45 <!-- "Laboratory Observation Entry" Methode und Keimzahl für Keim "  
46     Staphylococcus aureus" -->  
47 <component typeCode="COMP">  
48     <observation classCode="OBS" moodCode="EVN">  
49         <templateId root="1.2.40.0.34.6.0.11.3.27"/>  
50         <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1.6"/>  
51         <code code="11475-1" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1" codeSystemName="  
52             LOINC" displayName="Microorganism identified in Specimen by Culture  
53             "/>  
54         <statusCode code="completed"/>  
55         <effectiveTime nullFlavor="UNK"/>  
56         <value xsi:type="IVL_PQ">  
57             <low value="500" unit="[CFU]"/>  
58             <high nullFlavor="PINF"/>  
59         </value>  
60     </observation>  
61 </component>  
62 <!-- "Laboratory Battery Organizer" Antibiotogramm für Keim "Staphylococcus  
63     aureus" -->  
64 <component typeCode="COMP">  
65     <organizer classCode="BATTERY" moodCode="EVN">  
66         <templateId root="1.2.40.0.34.6.0.11.3.26"/>  
67         <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1.4"/>  
68         <code code="365705006" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96"  
69             codeSystemName="SNOMED-CT" displayName="Finding of antimicrobial  
70             susceptibility (finding)"/>  
71         <statusCode code="completed"/>  
72         <component typeCode="COMP">  
73             <observation classCode="OBS" moodCode="EVN">  
74                 <templateId root="1.2.40.0.34.6.0.11.3.27"/>  
75                 <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1.6"/>  
76                 <code code="18861-5" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1"  
77                     codeSystemName="LOINC" displayName="Amoxicillin [Susceptibility  
78                     ]"/>  
79                 <statusCode code="completed"/>  
80                 <effectiveTime nullFlavor="UNK"/>
```

```

72         <interpretationCode code="R" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.83"
           codeSystemName="HL7 ObservationInterpretation" displayName="
             Resistant"/>
73     </observation>
74 </component>
75 <component typeCode="COMP">
76     <observation classCode="OBS" moodCode="EVN">
77         <templateId root="1.2.40.0.34.6.0.11.3.27"/>
78         <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1.6"/>
79         <code code="18928-2" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1"
           codeSystemName="LOINC" displayName="Gentamicin [Susceptibility
             ]"/>
80         <statusCode code="completed"/>
81         <effectiveTime nullFlavor="UNK"/>
82         <interpretationCode code="R" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.83"
           codeSystemName="HL7 ObservationInterpretation" displayName="
             Resistant"/>
83     </observation>
84 </component>
85 <component typeCode="COMP">
86     <observation classCode="OBS" moodCode="EVN">
87         <templateId root="1.2.40.0.34.6.0.11.3.27"/>
88         <templateId root="1.3.6.1.4.1.19376.1.3.1.6"/>
89         <code code="42357-4" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1"
           codeSystemName="LOINC" displayName="Tigecycline [Susceptibility
             ]"/>
90         <statusCode code="completed"/>
91         <effectiveTime nullFlavor="UNK"/>
92         <value xsi:type="PQ" value="0.25" unit="mg/L"/>
93         <interpretationCode code="S" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.83"
           codeSystemName="HL7 ObservationInterpretation" displayName="
             Susceptible"/>
94     </observation>
95 </component>
96 </organizer>
97 </component>
98 </organizer>
99 </entryRelationship>
100 </act>
101 </entry>
102 </section>
103 </component>

```

In den Zeilen 6 bis 24 ist die freitextliche Darstellung des kulturellen Erregernachweises dargestellt. Der maschinenlesbare Inhalt beginnt mit dem „entry“-Element in Zeile 25, in Zeile 31 folgt das „Laboratory Isolate Organizer“-Element zur Abbildung des Keims. Die Keimmenge ist im „Laboratory Observation Entry“-Template in den Zeilen 45 bis 57 codiert und das Antibiogramm für drei Antibiotika in den Zeilen 59 bis 95. Das gesamte CDA-Beispieldokument wird dem Transformationsserver im Body des Transformationsrequests übergeben. Der Request unterscheidet sich abhängig vom verwendeten Server ebenfalls, laut FHIR-Spezifikation sind jedoch beide Umsetzungen erlaubt (vgl. Health Level Seven International, 2019at, 7.8.10.1):

6.2.1 Matchbox-FHIR-Server

Bei Verwendung von Matchbox wird der „\$transform“-Request auf das „StructureMap“-Basisverzeichnis ausgeführt, die ID der konkreten StructureMap-Ressource wird dem Server über den zusätzlichen „source“-Parameter mitgeteilt. Der „Content-Type“-Header wird auf „application/fhir+xml“ gesetzt, über den „Accept“-Header kann dem Server das bevorzugte Rückgabeformat mitgeteilt werden - siehe Abbildung 6.4:

```
### 2b. POST Mikrobiologischer_Befund_2.06.04.xml (selective approach)
Send Request
POST {{host}}/StructureMap/$transform?source=http://hl7.org/fhir/cda2fhir/StructureMap/CDA2FHIRDiagnosticReport
Accept: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0.1
Content-Type: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0.1

< ./input/Mikrobiologischer_Befund_2.06.04.xml
```

Abbildung 6.4: REST POST-Request zur Transformationsausführung an Matchbox.

Quelle: Selbst erstellt

6.2.2 Firely Server

Bei Verwendung des Firely Servers wird der „\$transform“-Request direkt auf die konkrete StructureMap-Ressource ausgeführt, ein zusätzlicher Parameter ist nicht erforderlich. Der „Content-Type“-Header wird auf „application/hl7-sda+xml“ gesetzt, das bevorzugte Rückgabeformat kann ebenfalls über den „Accept“-Header spezifiziert werden - siehe Abbildung 6.5:

```
### 3. POST Mikrobiologischer_Befund_2.06.04.xml (selective approach)
Send Request
POST {{host}}/administration/StructureMap/CDA2FHIRDiagnosticReport/$transform
Accept: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0
Content-Type: application/hl7-sda+xml

< ./input/Mikrobiologischer_Befund_2.06.04.xml
```

Abbildung 6.5: REST POST-Request zur Transformationsausführung an Firely Server.
Quelle: Selbst erstellt

6.3 Ergebnis der Transformation

Der Transformationsserver liefert als Antwort auf den Transformationsrequest eine FHIR Bundle-Ressource mit der FHIR-Ressourcenstruktur zurück. Die darin befindlichen Ressourcen sind über Referenzen miteinander verbunden und bilden alle wesentlichen Informationen des ELGA-CDA mikrobiologischen Laborbefundes ab. Die Abbildung 6.6 gibt eine Übersicht über die verwendeten Ressourcen(-typen), deren gesetzte Elemente sowie ihrer Verbindungen zueinander:

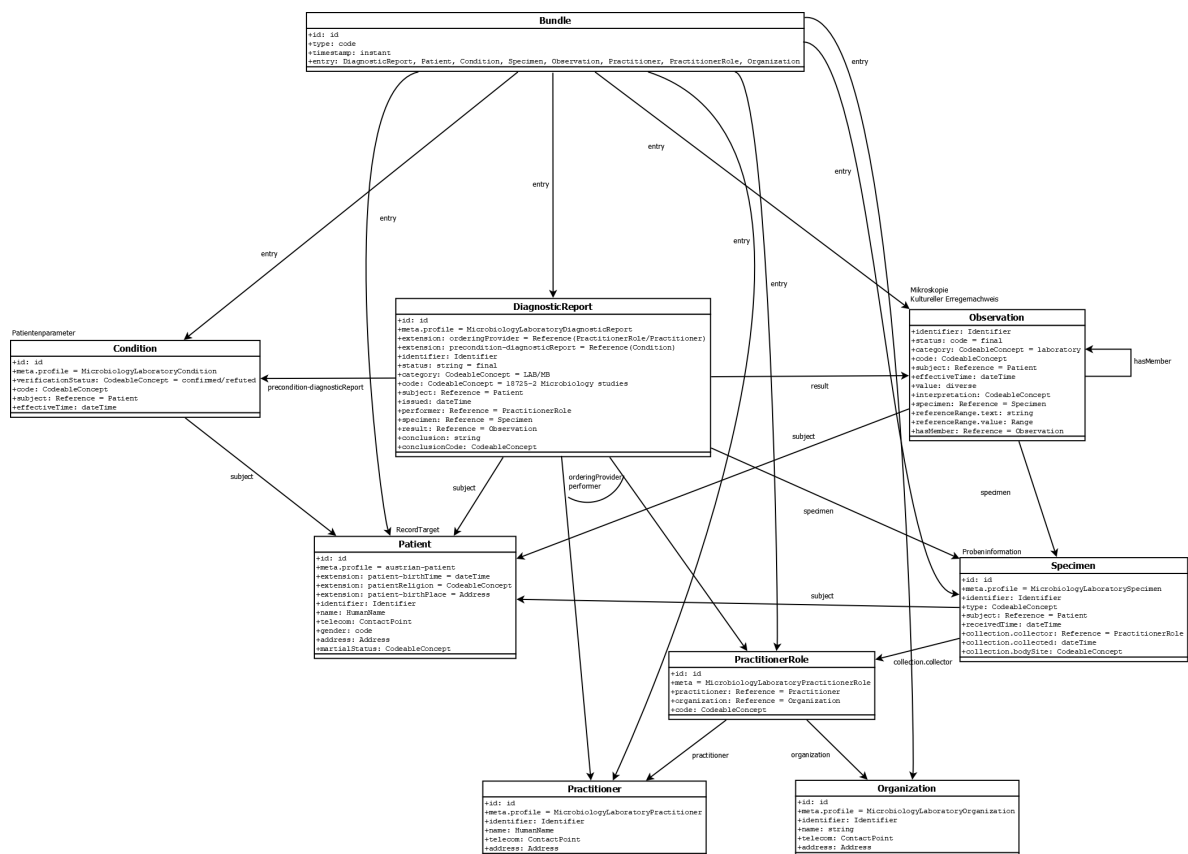


Abbildung 6.6: Übersicht über erstellte FHIR-Ressourcenstruktur (selektives Transformationsmodell). Quelle: Selbst erstellt

Nach Anwendung der in Punkt 6.1.3 abgebildeten Mapping-Skripten auf den in Punkt 6.2 dargestellten Bereich „Kultureller Erregernachweis“ des CDA-Beispielbefundes enthält das FHIR Bundle die folgenden FHIR Observation-Ressourcen:

```

1 <entry>
2   <fullUrl value="urn:uuid:c4f5bcd9-931f-4ed9-8eae-69e727ab1b81"/>
3   <resource>
4     <Observation>
5       <id value="c4f5bcd9-931f-4ed9-8eae-69e727ab1b81"/>
6       <meta>
7         <profile value="http://hl7.org/fhir/MicrobiologyLaboratory/StructureDefinition/
          MicrobiologyLaboratoryObservation"/>
8       </meta>
9       <status value="final"/>
10      <category>

```

```
11     <coding>
12       <system value="http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category"/>
13       <version value="4.0.1"/>
14       <code value="laboratory"/>
15       <display value="Laboratory"/>
16     </coding>
17 </category>
18 <code>
19   <coding>
20     <system value="http://snomed.info/sct"/>
21     <code value="3092008"/>
22     <display value="Staphylococcus aureus"/>
23   </coding>
24   <coding>
25     <system value="http://loinc.org"/>
26     <code value="11475-1"/>
27     <display value="Microorganism identified in Specimen by Culture"/>
28   </coding>
29   <coding>
30     <system value="http://snomed.info/sct"/>
31     <code value="365705006"/>
32     <display value="Finding of antimicrobial susceptibility (finding)"/>
33   </coding>
34 </code>
35 <subject>
36   <reference value="Patient/8c64a469-0f3c-422c-abca-16c418731501"/>
37   <type value="Patient"/>
38 </subject>
39 <effectiveDateTime>
40   <extension url="http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-nullFlavor">
41     <valueCode value="UNK"/>
42   </extension>
43 </effectiveDateTime>
44 <valueRange>
45   <low>
46     <value value="500"/>
47     <unit value="[CFU]"/>
48   </low>
49   <high>
50     <extension url="http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-nullFlavor">
51       <valueCode value="PINF"/>
52     </extension>
53   </high>
```

```
54     </valueRange>
55     <specimen>
56       <reference value="Specimen/eebea7a4-7fe5-447a-b74a-ebb5369aa78f"/>
57       <type value="Specimen"/>
58     </specimen>
59     <hasMember>
60       <reference value="Observation/e71d9b3f-379b-43dd-adaa-a74c89b45407"/>
61       <type value="Observation"/>
62     </hasMember>
63     <hasMember>
64       <reference value="Observation/d3aa86f3-05a0-492b-b9ff-ed69e875d677"/>
65       <type value="Observation"/>
66     </hasMember>
67     <hasMember>
68       <reference value="Observation/e866eeb5-7d97-4d50-b624-f9b3b6d4fdbba"/>
69       <type value="Observation"/>
70     </hasMember>
71   </Observation>
72 </resource>
73 </entry>
74 <entry>
75   <fullUrl value="urn:uuid:e71d9b3f-379b-43dd-adaa-a74c89b45407"/>
76   <resource>
77     <Observation>
78       <id value="e71d9b3f-379b-43dd-adaa-a74c89b45407"/>
79       <meta>
80         <profile value="http://hl7.org/fhir/MicrobiologyLaboratory/StructureDefinition/
81           MicrobiologyLaboratoryObservation"/>
82       </meta>
83       <status value="final"/>
84       <category>
85         <coding>
86           <system value="http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category"/>
87           <version value="4.0.1"/>
88           <code value="laboratory"/>
89           <display value="Laboratory"/>
90         </coding>
91       </category>
92       <code>
93         <coding>
94           <system value="http://loinc.org"/>
95           <code value="18861-5"/>
96           <display value="Amoxicillin [Susceptibility]"/>
```

```
96     </coding>
97 </code>
98 <subject>
99     <reference value="Patient/8c64a469-0f3c-422c-abca-16c418731501"/>
100     <type value="Patient"/>
101 </subject>
102 <effectiveDateTime>
103     <extension url="http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-nullFlavor">
104         <valueCode value="UNK"/>
105     </extension>
106 </effectiveDateTime>
107 <interpretation>
108     <coding>
109         <system value="http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-
110             ObservationInterpretation"/>
111         <code value="R"/>
112         <display value="Resistant"/>
113     </coding>
114 </interpretation>
115 <specimen>
116     <reference value="Specimen/eebea7a4-7fe5-447a-b74a-ebb5369aa78f"/>
117     <type value="Specimen"/>
118 </specimen>
119 </Observation>
120 </resource>
121 </entry>
122 <entry>
123 <fullUrl value="urn:uuid:d3aa86f3-05a0-492b-b9ff-ed69e875d677"/>
124 <resource>
125 <Observation>
126 <id value="d3aa86f3-05a0-492b-b9ff-ed69e875d677"/>
127 <meta>
128     <profile value="http://hl7.org/fhir/MicrobiologyLaboratory/StructureDefinition/
129         MicrobiologyLaboratoryObservation"/>
130 </meta>
131 <status value="final"/>
132 <category>
133     <coding>
134         <system value="http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category"/>
135         <version value="4.0.1"/>
136         <code value="laboratory"/>
137         <display value="Laboratory"/>
138     </coding>
```

```
137     </category>
138     <code>
139       <coding>
140         <system value="http://loinc.org"/>
141         <code value="18928-2"/>
142         <display value="Gentamicin [Susceptibility]"/>
143       </coding>
144     </code>
145     <subject>
146       <reference value="Patient/8c64a469-0f3c-422c-abca-16c418731501"/>
147       <type value="Patient"/>
148     </subject>
149     <effectiveDateTime>
150       <extension url="http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-nullFlavor">
151         <valueCode value="UNK"/>
152       </extension>
153     </effectiveDateTime>
154     <interpretation>
155       <coding>
156         <system value="http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-
           ObservationInterpretation"/>
157         <code value="R"/>
158         <display value="Resistant"/>
159       </coding>
160     </interpretation>
161     <specimen>
162       <reference value="Specimen/eebea7a4-7fe5-447a-b74a-ebb5369aa78f"/>
163       <type value="Specimen"/>
164     </specimen>
165   </Observation>
166 </resource>
167 </entry>
168 <entry>
169   <fullUrl value="urn:uuid:e866eeb5-7d97-4d50-b624-f9b3b6d4fdbf"/>
170   <resource>
171     <Observation>
172       <id value="e866eeb5-7d97-4d50-b624-f9b3b6d4fdbf"/>
173       <meta>
174         <profile value="http://hl7.org/fhir/MicrobiologyLaboratory/StructureDefinition/
           MicrobiologyLaboratoryObservation"/>
175       </meta>
176       <status value="final"/>
177       <category>
```

```
178     <coding>
179       <system value="http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category"/>
180       <version value="4.0.1"/>
181       <code value="laboratory"/>
182       <display value="Laboratory"/>
183     </coding>
184 </category>
185 <code>
186   <coding>
187     <system value="http://loinc.org"/>
188     <code value="42357-4"/>
189     <display value="Tigecycline [Susceptibility]"/>
190   </coding>
191 </code>
192 <subject>
193   <reference value="Patient/8c64a469-0f3c-422c-abca-16c418731501"/>
194   <type value="Patient"/>
195 </subject>
196 <effectiveDateTime>
197   <extension url="http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-nullFlavor">
198     <valueCode value="UNK"/>
199   </extension>
200 </effectiveDateTime>
201 <valueQuantity>
202   <value value="0.25"/>
203   <unit value="mg/L"/>
204 </valueQuantity>
205 <interpretation>
206   <coding>
207     <system value="http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-
      ObservationInterpretation"/>
208     <code value="S"/>
209     <display value="Susceptible"/>
210   </coding>
211 </interpretation>
212 <specimen>
213   <reference value="Specimen/eebea7a4-7fe5-447a-b74a-ebb5369aa78f"/>
214   <type value="Specimen"/>
215 </specimen>
216 </Observation>
217 </resource>
218 </entry>
```

In den Zeilen 4 bis 71 ist die Observation-Hauptressource dargestellt, welche den LOINC-Code „11475-1“ zur Kennzeichnung des Kulturellen Erregernachweises (Zeilen 24 bis 28), den SNOMED-CT Code „365705006“ zur Kennzeichnung des Antibiotogramms (Zeilen 29 bis 33) sowie in diesem Fall den Erregercode (Zeilen 19 bis 23) enthält, da eine numerische Keimzahl spezifiziert wird. Diese befindet sich im „value“-Element in den Zeilen 44 bis 54 und enthält in den Zeilen 50 bis 52 eine „nullFlavor“-Extension, welche die obere Grenze des Intervalls mit „positive infinity“ kennzeichnet (vgl. Health Level Seven International, 2019k) (vgl. Health Level Seven International, 2019f, 8.3367.1). In den „hasMember“-Elementen sind die Observation-Unterressourcen mit den Resistenztests referenziert. Jeder der drei angeführten Resistenztests enthält im „code“-Element den SNOMED-CT Code des getesteten Antibiotikastammes (Zeilen 92 bis 96, 139 bis 143 und 186 bis 190) und im „interpretation“-Element das ermittelte Ergebnis (Zeilen 107 bis 113, 154 bis 160 und 205 bis 211). Zusätzlich kann auch ein numerischer Wert vorhanden sein, wie zum Beispiel in den Zeilen 201 bis 204.

Um die Korrektheit und Standardkonformität der erzeugten Ressourcen zu überprüfen, wurde das erhaltene Bundle mithilfe der Validierungsfunktion des Firely Servers auf Gültigkeit überprüft. Dazu wurde auf Basis des in Punkt 5.3 beschriebenen selektiven Transformationsmodells und der österreichischen FHIR-Profile zur Abbildung eines Patienten (vgl. HL7 Austria, 2021d) ein neues Simplifier-Projekt mit Profilen aller verwendeten Ressourcentypen (DiagnosticReport, Condition, Patient, Observation, Organization, Practitioner, PractitionerRole und Specimen) sowie zwei selbst definierter Extensions („diagnosticReport-orderingProvider“ und „diagnosticReport-precondition“) erstellt (vgl. Ossana, 2021).

Bei der Erstellung der Profile wurde ein offener, konservativer Modellierungsansatz verwendet. Dieser verfügt über weniger Einschränkungen und ist dadurch ungenauer, gewährleistet jedoch die höchstmögliche Einsatzflexibilität. Dies ist insbesondere in Hinblick auf die zukünftigen FHIR-bezogenen Entwicklungen von ELGA als auch auf die Rolle der Profile als potenzielle Basis zur Erstellung nationaler FHIR-Profile des (mikrobiologischen) Laborbefundes relevant (vgl. Firely B.V., 2021b).

Im Anschluss wurde das Transformationsergebnis mithilfe der „\$validate“-Operation des Firely Servers validiert. Dazu wurde der in Abbildung 6.7 dargestellte REST POST-Request erstellt, welcher die entsprechende FHIR-Operation anstößt und im Body das zu validierende Bundle mit dem Transformationsergebnis enthält:

```
### 3a. POST Transformation Result
Send Request
POST https://server.fire.ly/$validate
Accept: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0
Content-Type: application/fhir+xml;fhirVersion=4.0

< ./output/FHIR_Bundle.xml
```

Abbildung 6.7: REST POST-Request an Firely Server zur Validierung des Transformationsresultates. Quelle: Selbst erstellt

Als Ergebnis liefert der Server eine „Operation-Outcome“-Ressource mit dem Validierungsergebnis zurück (vgl. Health Level Seven International, 2019aw, 2.26.6.1). Im konkreten Fall enthielt diese 18 Warnings und zwei Fehler, wodurch das Validierungsergebnis als Gesamtes negativ war. Die zahlreichen Warnings betrafen die relativen Referenzen zwischen den Ressourcen untereinander, die der Server nicht auflösen vermochte. Dabei dürfte es sich jedoch um ein Problem des Servers handeln, da sämtliche Referenzen manuell auf ihre Gültigkeit hin überprüft wurden.

Die beiden Fehler betrafen die im „category“-Element der DiagnosticReport-Ressource gesetzten Codes aus dem FHIR „diagnostic-service-sections“ Value Set, welche laut Server ungültig sein würden - siehe Punkt 5.3.1.2. Nach manueller Überprüfung konnte diese Behauptung ebenfalls entkräftet werden. Sowohl die definierende URL als auch die Codes selbst entsprechen exakt den jeweiligen Werten in der FHIR-Dokumentation (vgl. Health Level Seven International, 2019be, 4.4.1.629).

Die Konformität des Transformationsresultates mit dem Standard, den österreichischen FHIR-Profilen sowie den selbst erstellten Profilen kann somit trotz fehlgeschlagener Validierung bestätigt werden - die Transformation wurde erfolgreich durchgeführt.

Kapitel 7

Diskussion

7.1 Zusammenfassung

Die derzeit vorhandenen Arbeiten auf dem Gebiet der CDA-FHIR-Transformation sind in Bezug auf ihre Praxistauglichkeit nicht zufriedenstellend. Die verfügbaren Transformationslösungen (siehe Punkt 2) besitzen ausschließlich prototypischen Status (siehe Punkte 2.1.1 und 2.1.3), sind proprietär (siehe Punkt 2.1.2) oder zu unflexibel (siehe Punkte 2.1.4 und 2.2). Mit der Einführung der FHIR Mapping Language eröffnet sich eine Erfolg versprechende Transformationsmethode, die im Vergleich zu den bisherigen Transformationsmethoden ein hohes Durchsetzungspotenzial mit sich bringt. Das Transformationsprojekt von Herrn Egger (siehe Punkt 2.1.5) demonstriert überblicksmäßig, wie die Transformation diverser CDA-Dokumente mithilfe der FHIR Mapping Language konkret aussehen könnte.

Dennoch sind weitere theoretische Arbeiten notwendig, um den Mapping-Prozess selbst zu standardisieren. Bisher gibt es keine offiziellen Vorgaben bezüglich Mapping-Schemen oder FHIR-Profilen zur Ergebnisvalidierung. Dadurch entsteht eine Vielzahl unterschiedlicher Transformationsmodelle, deren Interoperabilität nicht sichergestellt werden kann. Aus Sicht des Autors ist vor allem auf offizieller internationaler Ebene eine akkordierte Vorgangsweise bei der Weiterentwicklung der FHIR Mapping Language von entscheidender Bedeutung. Es sind sowohl einheitliche Regelungen für umfassende und detaillierte Mapping-Schemen zur Transformation aller CDA-Elemente zu schaffen, als auch FHIR-Profile zur Abbildung von transformierten CDA-Daten zu entwickeln. Im Anschluss daran werden die erstellten Mapping-Schemen und FHIR-Profile durch die jeweiligen Vertretungen der Standardisierungsorganisationen auf nationaler Ebene an die länderspezifischen Gegebenheiten angepasst.

Die von der ELGA GmbH zur Verfügung gestellte Vorabversion des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes der Version 3.0.0 stellte sich als gut geeignet für die Verwendung im Transformationsprojekt dar. Es konnten keine Interoperabilitätsprobleme identifiziert werden, als einzige Schwachstelle ergab sich die ursprünglich nicht vorhandene Abbildungsmöglichkeit von befundungsrelevanten Patientenparametern. Dieses Problem konnte dank aktiver Mitarbeit der ELGA GmbH rasch und unbürokratisch behoben werden, siehe Punkt 5.2.2.1.4. Die erforderlichen SNOMED-CT Codes werden nach der Finalisierung ebenfalls an die ELGA GmbH übermittelt, welche diese in ein entsprechendes Value Set übernehmen wird. Sämtliche Änderungen werden in der kommenden Version 3.0.0 des mikrobiologischen ELGA-CDA Laborbefundes enthalten sein.

Die FHIR Mapping Language erfordert eine konstante Weiterentwicklung, um ihren Status als führende Transformationsmethode von und zu FHIR nachhaltig abzusichern und weiter auszubauen. Insbesondere die durch geringe Maturität der Sprache vorhandenen „Kinderkrankheiten“ müssen schnellstmöglich behoben werden, damit diese Methode über ihren prototypischen Status hinauswächst und sich zu einer ernsthaften Alternative entwickeln kann. Zu diesen „Kinderkrankheiten“ zählen derzeit neben der implementierungsabhängigen Syntax die fehlenden Versionierungsfunktionen, die fehlende Parametrisierung bei Terminologie-Transformationen, die mangelnde Definitionsmöglichkeit von Variablen sowie Unklarheiten bei der Definition zahlreicher Elemente, siehe auch Punkt 3.4.

7.1.1 Besonderheiten der FHIR Mapping Language

Die FHIR Mapping Language weist einige Besonderheiten auf, die sie deutlich von anderen Datentransformations- und Programmiersprachen unterscheidet. Diese Besonderheiten haben wesentlichen Einfluss auf das Transformationsergebnis, können unter Umständen aber auch verwirren. Die Transformationsregeln werden komplett unabhängig voneinander definiert und ausgeführt. Dies hat den Vorteil, dass ungültige Regeln nicht zwingend zum Transformationsabbruch führen und Regeln ohne weitere Änderungsmaßnahmen hinzugefügt/entfernt werden können. Die Ausführungsreihenfolge kann jedoch nicht garantiert werden. Sofern eine Regel daher von der Ausführung oder dem Ergebnis einer anderen Regel abhängig ist, muss ein „then“-Teil spezifiziert werden und die darin spezifizierte Regel wird als Teil der übergeordneten Regel interpretiert - siehe dazu auch Punkt 3.3.4.6.

Die minimale sowie maximale Anzahl der Regelausführungen kann nur relativ grob definiert werden. Eine Regel kann nur „einmal“, „das erste Mal“, „das letzte Mal“, „nicht das erste Mal“ oder „nicht das letzte Mal“ ausgeführt werden. Eine konkrete Spezifikation der minimalen und maximalen Ausführungsanzahl ist nicht vorgesehen.

Die erstellten FHIR-Ressourcen werden nicht automatisch validiert. Der Aufbau und Inhalt der Output-Struktur wird ausschließlich über die definierten Transformationsregeln sowie die FHIR-Strukturdefinitionen im Hintergrund bestimmt. Diese verhindern zwar die Definition nicht vorhandener oder ungültiger Elemente, spezifizieren jedoch keine Kardinalität. Es kann daher trotzdem zu einem nicht-standardkonformen Transformationsergebnis kommen, bei einer invaliden Anzahl eines Elementes wird der Transformationsprozess weder gestoppt noch eine Warnung ausgegeben. Eine manuelle Validierung des Transformationsergebnisses gegen den FHIR-Standard sowie die verwendeten FHIR-Profile ist daher nach Abschluss des Transformationsprozesses unerlässlich.

Eine Transformation mithilfe der FHIR Mapping Language umfasst das permanente Abwägen zwischen der Definition von generischen allgemeingültigen Transformationsregeln sowie der Definition von spezifischen Transformationsregeln, die ausschließlich der bestmöglichen Transformation des vorliegenden CDA-Dokumentes dienen. Die vom Autor vorgeschlagene Kompromisslösung besteht in der Erstellung einer Vielzahl von möglichst kurzen Transformationsregeln und -gruppen, wodurch sich der Wiederverwendungsgrad erhöht. Somit können notwendige Änderungen am Mapping-Skript für andere Transformationsprojekte auf ein Minimum beschränkt werden. Bei Terminologie-Transformationen ist die Verwendung von spezifischen Transformationsregeln jedoch unumgänglich. Aufgrund der fehlenden Parametrisierungsmöglichkeit der FHIR Mapping Language muss bei „\$translate“-Aufrufen die anzuwendende FHIR ConceptMap-Ressourceninstanz explizit angegeben werden.

Der grundsätzliche Paradigmenunterschied der beiden Transformationsansätze (allgemeine Transformationsregeln vs. spezifische Transformationsregeln) wird durch die Erarbeitung zweier Transformationsmodelle abgebildet - dem erschöpfenden und dem selektiven Transformationsmodell. Während das erschöpfende Transformationsmodell den Fokus auf geringstmöglichen Informationsverlust legt und daher bei angedachter Rücktransformation optimal ist, ermöglicht das selektive Transformationsmodell die individuelle, feingranulare Anpassung der Transformation an das konkrete Transformationsvorhaben. Eine detaillierte Beschreibung der beiden Transformationsmodelle sowie ihrer Eigenschaften findet sich in Kapitel 4.

7.1.2 Unterschiede zwischen CDA und FHIR

Bei der Erstellung eines Transformationsmodells müssen die standardspezifischen Besonderheiten von CDA und FHIR berücksichtigt werden. Eine Zusammenfassung der wesentlichen Unterschiede der beiden Standards erfolgte bereits in der Bachelorarbeit des Autors (vgl. Ossana, 2019, Kap. 3, 6.1). Im folgenden Abschnitt werden daher nur mehr jene Unterschiede erläutert, die in dieser Arbeit im Zuge der praktischen Transformationsumsetzung identifiziert wurden:

- **Abbildung wiederkehrender Elemente**

Die Abbildung wiederkehrender Elemente erfolgt in CDA durch die wiederholte Codierung desselben Elementes an unterschiedlichen Stellen im Dokument. In FHIR widerspricht diese Abbildungsart jedoch dem fundamentalen Referenzprinzip. Dadurch können mehrere Ressourcen ohne redundante Definitionen zu einem Netzwerk verbunden werden (vgl. Health Level Seven International, 2019ax). Vor der Transformation jedes CDA-Elementes muss daher geprüft werden, ob dieses bereits an anderer Stelle transformiert wurde und ob eine entsprechende Ressource vorhanden ist, auf die referenziert werden kann - siehe dazu auch Punkt 5.1.2.1.

- **Gliederung von Elementen**

Das CDA „associatedEntity“-Element setzt sich aus einem generellen Teil mit allgemeinen Kontaktinformationen der entsprechenden Entität sowie einem spezifischen Teil mit der Entität selbst (Person, Organisation oder Gerät) zusammen. In FHIR gibt es keine derartige Unterscheidung, alle Informationen werden in die Ressourcen Practitioner, Organization oder Device transformiert. Da zum Transformationszeitpunkt der allgemeinen Kontaktinformationen noch nicht bekannt ist, welche Entität in weiterer Folge codiert wird, muss diese zuerst überprüft werden, bevor die entsprechende Ressource angelegt und die allgemeinen Kontaktinformationen darin abgebildet werden können.

- **Abbildung von Angaben zu Namensbestandteilen**

Die vollständige Transformation von Namensbestandteilen des Patienten stellte sich in der Praxis als unerwartet aufwändig heraus. Die ELGA-CDA Name Part Qualifier Codes aus dem ELGA_EntityNamePartQualifiers Value Set (vgl. ELGA GmbH, 2011c), welches auf dem HL7 v3 EntityNamePartQualifier Codesystem basiert (vgl. Health Level Seven International, 2019d, 8.3419.1), stimmen nicht mit den offiziellen Extensions des FHIR „HumanName“-Datentyps überein (vgl. Health Level Seven

International, 2019ab, 2.24.0.13). Dies hat zur Folge, dass nicht alle in CDA verwendeten Name Part Qualifier Codes ein entsprechendes Pendant in FHIR besitzen und es zu einem Informationsverlust kommt. Als Lösung könnte pro CDA Name Part Qualifier Typ (Präfix, Vorname, Nachname, Suffix) eine eigene Extension in FHIR erstellt werden, jedoch beziehen sich die Codes in CDA ausschließlich auf einen bestimmten Namensbestandteil und nicht auf den gesamten Namen, wie es in FHIR der Fall ist. Dadurch können mehrere Name Part Qualifier-Elemente desselben Typs vorhanden sein und eine Zuordnung der einzelnen Name Part Qualifiers zu den entsprechenden Namensteilen ist nicht mehr möglich. Ein Ausweg wäre die Spezifikation einer eigenen Extension pro CDA Name Part Qualifier-Element selbst, nicht nur des Typs. In diesem Fall würden sich die Extensions nicht mehr auf den gesamten FHIR „HumanName“-Datentyp, sondern direkt auf die darin enthaltenen „prefix“, „given“, „family“ und „suffix“-Elemente mit den einzelnen Namensbestandteilen beziehen. Aus Interoperabilitätsgründen ist darauf zu achten, dass das „value“-Attribut vorhanden ist und die Extensions somit ausschließlich redundante Informationen enthalten. Da die hohe Zahl an möglichen Extensions zu einer erheblichen Komplexitätssteigerung des Transformationsergebnisses führen würde, wurde in der Praxis auf die Transformation dieser Angaben verzichtet - einzig die CDA Name Part Qualifier Codes „BR“ und „SP“ wurden mithilfe der FHIR „humanname-ownname“- und „humanname-partner-name“-Extensions abgebildet (vgl. ELGA GmbH, 2011c) (vgl. Health Level Seven International, 2019l) (vgl. Health Level Seven International, 2019n).

- **Abbildung der für die Dateneingabe verantwortlichen Person**

Das CDA „dataEnterer“-Element codiert die Person der Dateneingabe und folgt dem ELGA-CDA „Data Enterer“-Template (vgl. ELGA GmbH, 2021i). Diese Person kann nicht nur ein Arzt/eine Ärztin sein - auch anderes, sogar nicht-medizinisches Personal ist möglich, etwa eine Schreibkraft oder ein/e medizinische/r Dokumentationsassistent/in. Die Transformation des Elementes erfolgt in eine FHIR Practitioner-Ressource, welche ebenfalls nicht-medizinisches Personal und sonstige an der Gesundheitsdienstleistung beteiligte Personen enthalten darf (vgl. Health Level Seven International, 2019aj, 8.4.4).

- **Abbildung von Informationen zu Personen und Organisationen**

Die Abbildung von Personen- und Organisationsinformationen erfolgt in CDA sehr heterogen. Es existieren zahlreiche Elemente unterschiedlicher Bezeichnung, die sich in ihrem Informationsumfang nicht oder nur geringfügig voneinander unterschei-

den. So enthalten etwa die „assignedEntity“- und „associatedEntity“-Elemente dieselben Informationen, das Gleiche gilt für die darin inkludierten „assignedPerson“-, „associatedPerson“- und „representedOrganization“- sowie „scopingOrganization“-Elemente (vgl. Health Level Seven International, 2021c, 3.8.1) (vgl. Health Level Seven International, 2021f, 3.9.1). Die „assignedAuthor“ bzw. „assignedCustodian“-Elemente entsprechen im Wesentlichen ebenfalls dem „assignedEntity“-Element (vgl. Health Level Seven International, 2021a, 3.6.1) (vgl. Health Level Seven International, 2021b, 3.7.1). In FHIR stehen zur Abbildung aller Personen- und Organisationsdaten ausschließlich die Ressourcentypen Patient, Practitioner, PractitionerRole, RelatedPerson, Person und Organization zur Verfügung. Zur Vermeidung redundanter Regeldefinitionen muss die Transformation daher sehr feingranular gestaltet werden.

- **Abbildung von Ergebnisinterpretationen**

Das CDA „interpretationCode“-Element kann sowohl direkt im „observation“-Element, als auch innerhalb des „referenceRange“-Unterelementes des „observation“-Elements codiert werden (vgl. ELGA GmbH, 2019c). In FHIR existiert zur Abbildung von Interpretationen ausschließlich das „interpretation“-Element der Observation-Ressource, welches auch mehrmals vorkommen darf (vgl. Health Level Seven International, 2019ag). Sofern mehrere „interpretationCode“-Elemente codiert werden, kommt es zu einer Informationsverzerrung, da eine Unterscheidung der beiden ins FHIR „interpretation“-Element transformierten Ergebnisinterpretationen in diesem Fall nicht mehr möglich ist und diese sich im schlimmsten Fall sogar widersprechen könnten. In der Praxis sollte dies kein Problem darstellen, da in CDA meist nur ein entsprechendes Element vorhanden ist.

- **Abbildung der Patientenparameter**

Die Patientenparameter werden in CDA unabhängig von deren Inhalt mithilfe einzelner „component“-Elemente abgebildet. In FHIR können die Patientenparameter abhängig vom Inhalt und Fokus entweder in eine Procedure- oder Condition-Ressource transformiert werden (vgl. Health Level Seven International, 2019al, 9.3.1) (vgl. Health Level Seven International, 2019aa, 9.2.1). Während die Procedure-Ressource an sich zur Abbildung von medizinischen Eingriffen bzw. Operationen verwendet wird, bezieht sich die Condition-Ressource auf medizinische (Krankheits-)Zustände des Patienten. Mangels derartiger Unterscheidung in CDA müsste diese im Zuge der Transformation erfolgen - etwa anhand der spezifizierten Codes.

Die Patientenparameter wurden aus folgenden Gründen ausschließlich in FHIR

Condition-Ressourcen transformiert - siehe Punkt 5.2.2.1.4: Die codebezogene Unterscheidung ist aufwändig umzusetzen, das Ergebnis/der Zustand nach der Behandlung ist für den konkreten Anwendungsfall ohnedies weitaus wichtiger als die Behandlung selbst und die höhere Zahl an möglichen Ressourcen erschwert die Weiterverarbeitung des Transformationsergebnisses.

Das Nichtzutreffen eines bestimmten Patientenparameters kann auf zwei verschiedene Arten codiert werden: Zum einen können nicht zutreffende Patientenparameter nicht codiert und bei der Interpretation des Laborbefundes automatisch als negativ angenommen werden. Diese Methode hat den Nachteil, dass es keine explizite Bestätigung des Nichtzutreffens gibt und menschliches/technisches Versagen nicht ausgeschlossen werden kann. Zum anderen können nicht zutreffende Patientenparameter zwar codiert, aber mit einer negativen booleschen Variable gekennzeichnet werden. Mit dieser Abbildungsmethode wird sichergestellt, dass es sich nicht um einen Fehler handelt. In der FHIR Condition-Ressource ist die Codierung eines nicht vorhandenen Patientenzustandes jedoch nicht vorgesehen. Diese Einschränkung kann über den Umweg des „verificationStatus“-Elementes der Condition-Ressource behoben werden, indem mithilfe der Codes „confirmed“ bzw. „refuted“ das (Nicht-)Zutreffen des jeweiligen Parameters signalisiert wird - siehe Punkt 5.2.2.1.4.1 (vgl. Health Level Seven International, 2019aa, 9.2.1).

- **Abbildung eines datenerstellenden Gerätes**

In CDA erfolgt die Abbildung eines datenerstellenden Gerätes durch die Codierung eines „device“-Elementes innerhalb des „author“-Elementes. In der FHIR DiagnosticReport-Ressource ist die Abbildung eines Gerätes im „performer“-Element nicht vorgesehen, einzig im „subject“-Element kann ein Gerät angegeben werden. Daher muss eine eigene Extension definiert werden, die die DiagnosticReport-Ressource um eine Referenz auf eine FHIR Device-Ressource erweitert (vgl. Health Level Seven International, 2019ac, 10.3.4).

- **Abbildung des Titels einer Laboruntersuchung**

Jedes CDA „section“-Element verfügt über ein „title“-Element mit dem menschenlesbaren Titel der jeweiligen Laboruntersuchung. Die FHIR Observation-Ressource, die zur Abbildung von Laboruntersuchungen verwendet wird, verfügt über kein entsprechendes Pendant. Auf den Inhalt einer Observation-Ressource kann daher ausschließlich indirekt durch die Betrachtung des „code“- bzw. „value“-Elementes geschlossen werden (vgl. Health Level Seven International, 2019ag, 10.1.3).

7.2 Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit erstellten FHIR-Profile zur Abbildung von mikrobiologischen Labordaten in FHIR wurden auf der „Simplifier“-Plattform veröffentlicht ⁷. Eine aktive Weiterbetreuung des „MicrobiologyLaboratoryReport“-Projektes ist angedacht, um eventuelle projektbezogene oder profilbezogene Neuerungen abbilden zu können. Derzeit (Stand: 05/2021) ist geplant, neben den österreichischen FHIR-Profilen auch die deutschen FHIR-Profile in das Projekt zu integrieren. Damit wird auch den deutschen „Mission“-Projektpartnern die Verwendung der Profile und der spezifizierten FHIR-Ressourcenstruktur ermöglicht. Um die Arbeit mit den Profilen zu erleichtern und deren weitere Verbreitung zu fördern, ist die Erstellung eines eigenen FHIR Implementation Guides angedacht.

Mit der Arbeit wird ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der FHIR-Kompatibilität von ELGA gelegt. Eine vollständige Integration von FHIR in ELGA steht zwar noch in weiter Ferne, zusammen mit der Ballotierung einer ersten Version der österreichischen „HL7ATCorePatient“ FHIR-Profile ist jedoch ein langsamer, aber stetiger Fortschritt erkennbar. Diese positive Entwicklung ist zu begrüßen, besonders da die immensen Vorteile einer möglichst breiten Integration von FHIR in ELGA nicht oft genug betont werden können. Um dem Leser bzw. der Leserin die Tragweite eines derartigen technologischen Durchbruchs zu verdeutlichen, folgt abschließend eine Übersicht ausgewählter Aspekte, die durch diese Umstellung beeinflusst werden:

- **Ethische Aspekte**

Da FHIR ein wesentlich schlankerer und benutzerfreundlicher Standard als CDA ist und sich daher besonders für den Einsatz auf mobilen Geräten eignet (siehe Punkt 1.1), ermöglicht FHIR einen wesentlich niederschwelligeren Gesundheitsdatenzugang als bisher. Somit können auch technisch weniger gut ausgestattete oder technisch weniger versierte Personen(-gruppen) mittels Smartphones oder Tablets auf einfache Art und Weise auf ihre in ELGA gespeicherten Gesundheitsdaten zugreifen. Damit werden Vorteile der elektronischen Gesundheitsakte einer breiteren Bevölkerungsgruppe zugänglich gemacht.

- **Gesellschaftliche Aspekte**

Der niederschwelligere Gesundheitsdatenzugang wirkt sich auch äußerst positiv auf das Thema „Patient Empowerment“ aus. Eine vollständige, detaillierte und jederzeit

⁷ siehe <https://fhir.simplifier.net/MicrobiologyLaboratoryReport>

verfügbare Übersicht über sämtliche Befunde, Diagnosen, Eingriffe, Medikamente und andere medizinische Informationen eröffnet dem Patienten bzw. der Patientin die Möglichkeit, sich ausführlich mit dem eigenen Gesundheitszustand auseinanderzusetzen. Im Austausch mit anderen Personen kann zudem auf eine evidenzbasierte Datenbasis zurückgegriffen und somit Fehl- oder Falschinformationen durch Unwissen oder Vergesslichkeit vorgebeugt werden. Zukünftig ist auch eine laienverständliche Aufbereitung dieser Informationen denkbar, um die Gesundheitskompetenz der Bevölkerung weiter zu fördern.

Insgesamt führen sämtliche Bemühungen zur Senkung von Einstiegshürden zu einer Annäherung von ELGA an den Menschen. Laut eines im Jahr 2019 veröffentlichten Artikels im Magazin der Ärztekammer Steiermark wird ELGA im Jahr 2017⁸ von der Allgemeinbevölkerung immer noch als abstraktes Konstrukt ohne direkten Nutzen wahrgenommen. 35 % der Österreicher sind nicht über die Existenz von ELGA informiert und knapp 60 % meinen, die Nachteile von ELGA überwiegen oder sind unentschlossen (vgl. Novak, 2019). Auch wenn sich derzeit durch den „Grünen Impfpass“ und der elektronischen Impfnachweise die bisher weitverbreitete, skeptische Einstellung gegenüber ELGA signifikant reduzieren wird, könnte die Etablierung zusätzlicher praktischer Anwendungsfälle zu einer breiteren Akzeptanz und einer intensiveren Nutzung von elektronischen Gesundheitsdaten durch die Bevölkerung führen.

Dieser Vertrauensgewinn könnte Anreize für die Umsetzung weiterer Anwendungsmöglichkeiten geben und so für künftige Entwicklungsschübe sorgen. Dadurch würde sich nicht nur die Quantität der in ELGA gespeicherten Gesundheitsdaten, sondern vor allem deren Diversität entscheidend erhöhen, was letztlich eine Qualitätsverbesserung von medizinischen Behandlungen oder der medizinischen Forschung zur Folge hätte.

- **Ökonomische Aspekte**

Der reduzierte Overhead von FHIR im Vergleich zu CDA wirkt sich positiv auf Transport, Verarbeitung und Speicherung der Gesundheitsdaten aus: Die Effizienz wird erhöht, der Kostenaufwand verringert, Rechenkapazität und Speicherplatz werden besser (aus-)genutzt und die Übertragungsgeschwindigkeit der Daten erhöht sich.

Nicht zu unterschätzen sind zusätzliche Synergieeffekte, die sich in Abhängigkeit

⁸ Anmerkung: Zum Erstellungszeitpunkt der Arbeit liegt kein aktuelleres Datenmaterial vor.

vom Verbreitungsgrad eines einzigen Interoperabilitätsstandards in Österreich ergeben. Aus Sicht des Autors ist der wirtschaftliche Vorteil von FHIR gegenüber CDA einer der Schlüsselfaktoren für dessen erfolgreiche Verbreitung im gesamten Gesundheitswesen.

Eine intensive Nutzung von ELGA führt zu einer Qualitätsverbesserung und Diversifizierung der in ELGA enthaltenen Daten. Damit sollten Erhöhungen der Behandlungseffektivität sowie -effizienz einhergehen, die die Behandlungsdauer und -kosten positiv beeinflussen.

- **Rechtliche Aspekte**

Durch die standardspezifischen Besonderheiten von CDA und FHIR kommt es im Zuge der Transformation unweigerlich zu einer Bedeutungsabweichung der transformierten Informationen. Diese ist meist unwesentlich, der Verlust elementarer Informationen kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Transformationsbedingte Informationsveränderungen oder -verluste können medizinische Fehlentscheidungen verursachen. Daher stellt sich die Frage nach der Haftung im Falle von medizinischen Fehldiagnosen und -behandlungen.

Datenschutzrechtliche Probleme können sich aus der Entscheidung über den physischen Standort des Transformationsservers, den Zugriffsberechtigungen auf diesen sowie aus dem Servicevertrag mit einem Fremdanbieter ergeben. Günstigstenfalls befindet sich der Transformationsserver oder ein Klon von diesem im Einflussbereich des Gesundheitsdiensteanbieters. Dabei muss sichergestellt sein, dass die im Zuge der Transformation erforderlichen Gesundheitsdaten keinesfalls dauerhaft am Server persistiert werden, sondern ausschließlich eine temporäre Zwischenspeicherung für die Dauer der Transformation erfolgt.

Zur Vermeidung von Versionskonflikten und zur Sicherstellung der Aktualität jeder lokalen Serverinstanz könnte eine Spiegelung einer zentralen Instanz auf sämtliche lokale Instanzen vorgenommen werden. In diesem Fall läge die Verantwortlichkeit für den Transformationsserver bei den Gesundheitsdiensteanbietern. Somit wird gewährleistet, dass die Gesundheitsdaten zu keinem Zeitpunkt den gesicherten Bereich des Gesundheitsdiensteanbieters verlassen und ihre Integrität gewahrt bleibt. Genau dieses Argument spricht aber gegen die aus organisatorischer Sicht optimale Architektur mit einer einzigen zentralen nationalen Instanz des Transformationsservers in der Verantwortlichkeit eines externen Anbieters. Eine rechtliche Klärung dieser Fragen ist von entscheidender Bedeutung, bevor Transformationen in größerem Umfang umgesetzt werden.

Literaturquellen

- Benson, Tim und Grieve, Grahame (2016). *Principles of Health Interoperability: SNOMED CT, HL7 and FHIR*. 3rd. Health Information Technology Standards. London, UK: Springer, S. 344–345.
- Bosca, Diego, Moner, David, Maldonado, Jose Alberto und Robles, Montserrat (Mai 2015). „Combining Archetypes with Fast Healthcare Interoperability Resources in Future-proof Health Information Systems“. In: *Digital Healthcare Empowering Europeans. Proceedings of MIE2015* (Madrid). Hrsg. von Ronald Cornet, Lacramioara Stoicu-Tivadar, Alexander Hörbst, Carlos Luis Parra Calderón, Stig Kjaer Andersen und Mira Hercigonja-Szekeres. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, S. 180–185.
- Fielding, Roy (2000). „Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures“. Dissertation. Irvine, CA: University of California.
- Maldonado, José A., Moner, David, Boscá, Diego, Fernández-Breis, Jesualdo T., Angulo, Carlos und Robles, Montserrat (Aug. 2009). „LinKEHR-Ed: A multi-reference model archetype editor based on formal semantics“. In: *International Journal of Medical Informatics* 78.8, S. 559–570.
- Mercorella, Maria, Ciampi, Mario, Esposito, Massimo, Esposito, Angelo und De Pietro, Giuseppe (Dez. 2016). „An Architectural Model for Extracting FHIR Resources From CDA Documents“. In: *12th International Conference on Signal Image Technology & Internet-Based Systems* (Neapel). Hrsg. von Kokou Yetongnon, Albert Dipanda, Richard Chbeir, Giuseppe De Pietro und Luigi Gallo. New York, NY: IEEE Computer Society, S. 597–603.
- Moner, David, Moreno, Alberto, Maldonado, José A., Robles, Montserrat und Parra, Carlos (Aug. 2012). „Using Archetypes for Defining CDA Templates“. In: *Quality of Life through Quality of Information. Proceedings of MIE2012* (Pisa). Hrsg. von John Mantas, Stig Kjaer Andersen, Maria Cristina Mazzoleni, Bernd Blobel, Silvana Quaglini und Anne Moen. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, S. 53–58.
- Novak, Martin (2019). „10 Jahre ELGA: Zwischen Euphorie und Ignoranz“. In: *AERZTE Steiermark* 283.01, S. 8–11.

- Ossana, Maximilian (2019). „Transformation des allgemeinen ELGA-CDA Laborbefundes in FHIR“. Bachelorarb. Hagenberg, Austria: FH OÖ.
- Rinner, Christoph und Duftschmid, Georg (Mai 2016). „Bridging the Gap between HL7 CDA and HL7 FHIR: A JSON Based Mapping“. In: *Health Informatics Meets eHealth. Proceedings of the 10th eHealth2016 Conference* (Wien). Hrsg. von Günter Schreier, Elske Ammenwerth, Alexander Hörbst und Dieter Hayn. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, S. 100–107.

Onlinequellen

- Agnew, James (1. Okt. 2020). *HAPI FHIR*. Link: <<https://hapifhir.io>> [12. Juni 2021].
- Amida Technology Solutions und CarthageKing (2. Juli 2020). *cda2fhir*. Link: <<https://github.com/amida-tech/cda2r4>> [12. Juni 2021].
- CarthageKing (27. Aug. 2017). *cda2fhir*. Link: <<https://github.com/CarthageKing/cda2fhir>> [12. Juni 2021].
- Eclipse Foundation (4. Okt. 2020). *Eclipse Model Driven Health Tools*. Link: <<https://projects.eclipse.org/projects/modeling.mdht>> [12. Juni 2021].
- Egger, Oliver (17. Aug. 2019). *Implementation Guide CDA FHIR Maps*. Link: <<https://github.com/h17ch/cda-fhir-maps>> [12. Juni 2021].
- (27. Sep. 2020). *Matchbox - playground with the hapi fhir spring boot server*. Link: <<https://github.com/ahdis/matchbox>> [12. Juni 2021].
- Egger, Oliver, Zautke, Alexander, Peretokin, Vadim und Ziegler, Manuela (11. Sep. 2020). *FHIR tutorial mapping example*. Link: <<https://github.com/ahdis/fhir-mapping-tutorial#comparison-java-reference-implementation--net-reference-implementation>> [12. Juni 2021].
- ELGA GmbH (19. Dez. 2011a). *ELGA_AddressUse Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.16&effectivedate=2011-12-19T00:00:00&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (19. Dez. 2011b). *ELGA_EntityNameUse Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.27&effectivedate=2011-12-19T00:00:00&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (19. Dez. 2011c). *ELGA_NamePartQualifier Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.8&effectivedate=2011-12-19T00:00:00&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (10. Jan. 2013a). *ELGA_HumanActSite Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-lab-?id=1.2.40.0.34.10.52&effectivedate=2013-01-10>> [12. Juni 2021].

- ELGA GmbH (12. Sep. 2013b). *ELGA_TelecomAddressUse Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.36&effectivedate=2013-09-12T00:00:00&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (1. Okt. 2015a). *ELGA_Medientyp Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgabbr-?id=1.2.40.0.34.10.42&effectivedate=2015-10-01T00%3A00%3A00>> [12. Juni 2021].
 - (29. Apr. 2015b). *Value Set: ELGA_AuthorSpeciality*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-lab-?id=1.2.40.0.34.10.6&effectiveDate=2020-09-18T09:23:04&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (6. Sep. 2017a). *ELGA_ProcedureApproachSite Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgaambbef-?id=1.2.40.0.34.10.197&effectivedate=2017-09-06>> [12. Juni 2021].
 - (6. Sep. 2017b). *ELGA_Procedures Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgaambbef-?id=1.2.40.0.34.10.194&effectivedate=2017-09-06>> [12. Juni 2021].
 - (17. Mai 2018a). *Allgemeiner Implementierungsleitfaden*. Link: <https://wiki.hl7.at/index.php?title=ILF:Allgemeiner_Implementierungsleitfaden> [12. Juni 2021].
 - (21. Juni 2018b). *ELGA_ObservationInterpretation Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgabbr-?id=1.2.40.0.34.10.13&effectivedate=2018-06-21T00%3A00%3A00>> [12. Juni 2021].
 - (18. Jan. 2018c). *ELGA_PersonalRelationship Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.17&effectivedate=2018-01-18T00:00:00&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (8. Juli 2019a). *ELGA_AdministrativeGender Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.4&effectivedate=2019-07-08T00:00:00&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (29. Mai 2019b). *Laboratory Battery Organizer Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.26&effectivedate=2019-05-29T10:51:34&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (7. Mai 2019c). *Laboratory Observation Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.27&effectivedate=2019-05-07T13:44:02&language=de-DE>> [12. Juni 2021].

- ELGA GmbH (12. Mai 2020a). *atcdabbr_LateralityQualifierCode_VS Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-cda-bbr-?id=1.2.40.0.34.10.211&effectivedate=2020-05-12T14:14:41&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (25. Mai 2020b). *atcdabbr_PracticeSetting_VS Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-lab-?id=1.2.40.0.34.10.75&effectivedate=2020-05-25T09:52:47&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (5. Nov. 2020c). *atcdabbr_Problemarten_2018 Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgagab-?id=1.2.40.0.34.10.205&effectivedate=2020-11-05T13:53:49&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (12. Mai 2020d). *atcdabbr_TopographicalModifierQualifier_VS Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-cda-bbr-?id=1.2.40.0.34.10.212&effectivedate=2020-05-12T14:31:13&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (27. Juli 2020e). *ELGA_AbsentOrUnknownProcedures Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgaambbef-?id=1.2.40.0.34.10.193&effectivedate=2020-07-27> [12. Juni 2021].
- (3. Jan. 2020f). *Publikationsumgebung Terminology-Browser*. Link: <https://termpub.gesundheit.gv.at> [12. Juni 2021].
- (24. Nov. 2020g). *Record Target Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.1.3&effectivedate=2020-11-24T10:03:02&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021a). *Abschließende Bemerkung Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.70&effectivedate=2021-02-19T11:27:16&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (18. Feb. 2021b). *Author Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.1.2&effectivedate=2021-02-18T12:40:27&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (3. Feb. 2021c). *Befundbewertung Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.103&effectivedate=2021-02-03T09:56:36&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021d). *Übersetzung Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.8&effectivedate=2021-02-19T11:58:13&language=de-DE> [12. Juni 2021].

- ELGA GmbH (14. Jan. 2021e). *Überweisungsgrund - optional codiert Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.6&effectivedate=2021-01-14T09:58:40&language=de-DE> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021f). *Certainty Observation Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-cda-bbr-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.36&effectivedate=2021-02-19T12:42:49&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021g). *Comment Entry Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.11&effectivedate=2021-02-19T12:42:56&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021h). *Criticality Observation Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-cda-bbr-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.35&effectivedate=2021-02-19T12:43:03&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021i). *Data Enterer Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.1.22&effectivedate=2021-02-19T10:33:56&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021j). *Eingebettetes Objekt Entry Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-cda-bbr-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.19&effectivedate=2021-02-19T12:43:14&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021k). *ELGA Person Name Compilation G2 Template*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--elgagab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.9.6&effectivedate=2021-02-19T13:36:49&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (8. März 2021l). *ELGA_Formatcode Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elga-?id=1.2.40.0.34.10.61&effectivedate=2021-03-08T00:00:00&language=de-DE> [12. Juni 2021].
 - (25. März 2021m). *ELGA_Laborparameter Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--elgabbr-?id=1.2.40.0.34.10.44&effectivedate=2021-03-25T00%3A00%3A00> [12. Juni 2021].
 - (5. Feb. 2021n). *ELGA_NachweisErgebnis_VS Value Set*. Link: <https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-lab-?id=1.2.40.0.34.10.186&effectivedate=2021-02-05T11:30:52&language=de-DE> [12. Juni 2021].

- ELGA GmbH (12. März 2021o). *ELGA_Probenmaterial_VS Value Set*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-valuesets--at-lab-?id=1.2.40.0.34.10.187&effectivedate=2021-03-12>> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021p). *External Document Entry Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--elgaambbef-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.14&effectivedate=2021-02-19T12:43:40&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (25. März 2021q). *FHIR Terminology Exchange Austria*. Link: <https://www.hl7.ch/default/assets/File/MB_Publikationen/2021-03-25_ELGA_TerminoloGit.pdf> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021r). *Informant Body Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.9.3&effectivedate=2021-02-19T13:12:43&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021s). *Konsultationsgrund Problem Concern Entry Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.30&effectivedate=2021-02-19T10:46:36&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021t). *Konsultationsgrund Problem Entry Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.31&effectivedate=2021-02-19T10:46:53&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (19. März 2021u). *Labor- und Mikrobiologiebefund Version3.0.0*. Link: <[https://wiki.hl7.at/index.php?title=ILF:Labor-_und_Mikrobiologiebefund_\(Version_3\)](https://wiki.hl7.at/index.php?title=ILF:Labor-_und_Mikrobiologiebefund_(Version_3))> [12. Juni 2021].
- (2. Feb. 2021v). *Laboratory Isolate Organizer Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.167&effectivedate=2021-02-02T11:18:12&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (7. Mai 2021w). *Laboratory Report Data Processing Entry Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.25&effectivedate=2019-05-07T12:59:27&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (6. Apr. 2021x). *Laboratory Speciality Section (Mikroskopie) Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.105&effectivedate=2021-04-06T08:10:32&language=de-DE>> [12. Juni 2021].

- ELGA GmbH (21. Jan. 2021y). *Laboratory Speciality Section Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.102&effectivedate=2021-01-21T11:16:21&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021z). *Laterality Qualifier Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-cda-bbr-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.9.42&effectivedate=2021-02-19T12:51:12&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (26. März 2021aa). *Mikrobiologiebefund Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.0.14&effectivedate=2021-03-29T15:24:59&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (2. Feb. 2021ab). *Notifiable Condition Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.166&effectivedate=2021-02-02T10:46:26&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021ac). *Participant Auftraggeber/Ordering Provider Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.1.42&effectivedate=2021-02-19T11:12:16&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (8. Apr. 2021ad). *Performer Header - Laboratory Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.1.41&effectivedate=2021-04-08T11:49:48&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (18. Jan. 2021ae). *Probeninformation (Specimen Entry) Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.160&effectivedate=2021-01-18T12:58:24&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (14. Jan. 2021af). *Probeninformation (Specimen Section) Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.2.93&effectivedate=2021-01-14T14:01:18&language=de-DE>> [12. Juni 2021].
 - (19. Feb. 2021ag). *Problem Status Observation Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-cda-bbr-?section=templates&id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.49&effectivedate=2021-02-19T12:55:53&language=de-DE>> [12. Juni 2021].

- ELGA GmbH (19. Feb. 2021ah). *Procedure Entry Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--elgaambbef-?id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.51&effectivedate=2021-02-19T13%3A12%3A43>> [12. Juni 2021].
- (19. Feb. 2021ai). *Severity Observation Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-cda-bbr-?id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.38&effectivedate=2021-02-19T13%3A00%3A38>> [12. Juni 2021].
 - (18. Jan. 2021aj). *Specimen Collection Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.161&effectivedate=2021-01-18>> [12. Juni 2021].
 - (18. Jan. 2021ak). *Specimen Received Template*. Link: <<https://art-decor.org/art-decor/decor-templates--at-lab-?id=1.2.40.0.34.6.0.11.3.162&effectivedate=2021-01-18>> [12. Juni 2021].
- Firely B.V. (25. Sep. 2020a). *FHIR Mapper - CDA (R4)*. Link: <<https://simplifier.net/FHIRMapper-CDA-R4>> [12. Juni 2021].
- (26. Sep. 2020b). *FHIR Mapper - CDA (STU3)*. Link: <<https://simplifier.net/FHIRMapper-CDA-STU3>> [12. Juni 2021].
 - (29. Dez. 2020c). *Special considerations*. Link: <<https://docs.fire.ly/mappingengine/specialconsiderations/considerations>> [12. Juni 2021].
 - (4. Jan. 2021a). *FHIR Mapper documentation*. Link: <<http://docs.simplifier.net/mappingengine/>> [12. Juni 2021].
 - (5. Mai 2021b). *FHIR Profiling - Best-practices*. Link: <<https://simplifier.net/guide/ProfilingAcademy/Best-practices>> [12. Juni 2021].
 - (10. März 2021c). *Firely Server*. Link: <<https://simplifier.net/firely-server>> [12. Juni 2021].
 - (12. Jan. 2021d). *Supported Mapping Language features*. Link: <<https://docs.simplifier.net/projects/FHIR-Mapper/featureslist/supportedfeatures.html>> [12. Juni 2021].
 - (9. März 2021e). *Supported source data formats*. Link: <<https://docs.fire.ly/projects/FHIR-Mapper/featureslist/supportedformats.html>> [12. Juni 2021].
- Grieve, Grahame (18. Apr. 2016e). *Mapping between CCDA and FHIR*. Link: <<http://www.healthintersections.com.au/?p=2506>> [12. Juni 2021].
- (20. Juni 2018e). *FHIR Mapping Language*. Link: <<https://www.devdays.com/wp-content/uploads/2018/06/DD18-US-R4-Mapping-Language-Grahame-Grieve-2018-06-21.pdf>> [12. Juni 2021].
- Grieve, Grahame, McKenzie, Lloyd, Prociuous, Joshua, Gaunt, Sarah, Werner, Patrick, Adamson, Reece und Iantorno, Mark (24. Nov. 2020e). *Using the FHIR Validator*.

- Link: <<https://confluence.hl7.org/display/FHIR/Using+the+FHIR+Validator>> [12. Juni 2021].
- Health and Social Care Information Centre (1. Jan. 2017e). *CDA On FHIR England - Document Header*. Link: <<https://data.developer.nhs.uk/fhir/cda-on-fhir-document-header-v1-draft-b/Profile.DocumentHeader/cofe-composition-1-dict.html>> [12. Juni 2021].
- Health Level Seven Deutschland (21. Juni 2019e). *HL7 CDA Core Principles*. Link: <https://wiki.hl7.de/index.php?title=HL7_CDA_Core_Principles> [12. Juni 2021].
- Health Level Seven International (13. Juli 2005e). *XML Implementation Specification - Data Types*. Link: <<https://www.hl7.org/documentcenter/public/wg/inm/datatypes-its-xml20050714.htm>> [12. Juni 2021].
- (5. Dez. 2017a). *CDA R2 DTr1 BL Boolean Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_BL> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017b). *CDA R2 DTr1 CD Concept Descriptor Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_CD> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017c). *CDA R2 DTr1 CV Coded Value Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_CV> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017d). *CDA R2 DTr1 INT Integer Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_INT> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017e). *CDA R2 DTr1 IVL_INT Interval of Integer Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_IVL_INT> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017f). *CDA R2 DTr1 IVL_PQ Interval of Physical Quantity Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_IVL_PQ> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017g). *CDA R2 DTr1 RTO Quantity/Quantity Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_RTO> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017h). *CDA R2 DTr1 RTO_PQ_PQ Ratio Physical Quantity/Physical Quantity Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_RTO_PQ_PQ> [12. Juni 2021].
 - (5. Dez. 2017i). *CDA R2 DTr1 RTO_QTY_QTY Ratio Quantity/Quantity Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_RTO_QTY_QTY> [12. Juni 2021].
 - (7. Feb. 2017j). *CDA R2 DTr1 ST String Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_ST> [12. Juni 2021].

- Health Level Seven International (17. Juli 2019a). *CDA R2 DTr1 PQ Physical Quantity Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_PQ> [12. Juni 2021].
- (20. März 2019b). *CodeSystem: AddressUse*. Link: <<http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-AddressUse>> [12. Juni 2021].
 - (20. März 2019c). *CodeSystem: AdministrativeGender*. Link: <<http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-AdministrativeGender>> [12. Juni 2021].
 - (20. März 2019d). *CodeSystem: EntityNamePartQualifier*. Link: <<http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-EntityNamePartQualifier>> [12. Juni 2021].
 - (20. März 2019e). *CodeSystem: EntityNameUse*. Link: <<http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-EntityNameUse>> [12. Juni 2021].
 - (20. März 2019f). *CodeSystem: NullFlavor*. Link: <<http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-NullFlavor>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019g). *Extension: ADXP-additionalLocator*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-ADXP-additionalLocator>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019h). *Extension: ADXP-houseNumber*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-ADXP-houseNumber>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019i). *Extension: ADXP-streetName*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-ADXP-streetName>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019j). *Extension: citizenship*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/patient-citizenship>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019k). *Extension: nullFlavor*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/iso21090-nullFlavor>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019l). *Extension: own-namen*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/humanname-own-name>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019m). *Extension: performerFunction*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/event-performerFunction>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019n). *Extension: performerFunction*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/humanname-partner-name>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019o). *Extension: religion*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/patient-religion>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019p). *Extension: Translation*. Link: <<http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/translation>> [12. Juni 2021].
 - (11. Jan. 2019q). *FHIR - Defined RESTful Operations*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/operationslist.html>> [12. Juni 2021].

- Health Level Seven International (1. Nov. 2019r). *FHIR Documents*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/documents.html>> [12. Juni 2021].
- (1. Nov. 2019s). *FHIR Mapping Language*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/mapping-language.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019t). *FHIR Mapping Language - Tutorial*. Link: <<http://hl7.org/fhir/mapping-tutorial.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019u). *FHIR Publication (Version) History*. Link: <<http://hl7.org/fhir/directory.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019v). *FHIR R4*. Link: <<http://hl7.org/fhir/R4>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019w). *Guide to Resources*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/resourceguide.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019x). *HL7 FHIR Bundle Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/bundle>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019y). *HL7 FHIR Composition Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/composition>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019z). *HL7 FHIR ConceptMap Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/conceptmap>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019aa). *HL7 FHIR Condition Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/condition>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ab). *HL7 FHIR Data Types*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/datatypes.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ac). *HL7 FHIR DiagnosticReport Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/diagnosticreport>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ad). *HL7 FHIR DomainResource Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/domainresource.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ae). *HL7 FHIR Media Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/media>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019af). *HL7 FHIR Narrative*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/narrative.html>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ag). *HL7 FHIR Observation Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/observation>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ah). *HL7 FHIR Organization Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/organization>> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ai). *HL7 FHIR Patient Resource*. Link: <<https://www.hl7.org/fhir/patient>> [12. Juni 2021].

- Health Level Seven International (1. Nov. 2019aj). *HL7 FHIR Practitioner Resource*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/practitioner> [12. Juni 2021].
- (1. Nov. 2019ak). *HL7 FHIR PractitionerRole Resource*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/practitionerrole> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019al). *HL7 FHIR Procedure Resource*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/procedure> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019am). *HL7 FHIR Specimen Resource*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/specimen> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019an). *HL7 FHIR StructureDefinition Resource*. Link: <http://hl7.org/fhir/structuredefinition> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ao). *HL7 FHIR StructureMap Resource*. Link: <http://hl7.org/fhir/structuremap> [12. Juni 2021].
 - (12. Aug. 2019ap). *HL7 v3 Code System RoleCode*. Link: <http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v3-RoleCode> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019aq). *HL7 Version 2 Table 0487*. Link: <http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v2-0487> [12. Juni 2021].
 - (13. März 2019ar). *HL7 Version 3: Reference Information Model (RIM)*. Link: https://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=77 [12. Juni 2021].
 - (11. Jan. 2019as). *Operation \$convert on Resource*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/resource-operation-convert.html> [12. Juni 2021].
 - (11. Jan. 2019at). *Operation \$transform on StructureMap*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/structuremap-operation-transform.html> [12. Juni 2021].
 - (11. Jan. 2019au). *Operation \$translate on ConceptMap*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/conceptmap-operation-translate.html> [12. Juni 2021].
 - (11. Jan. 2019av). *Operation \$validate-code on ValueSet*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/valueset-operation-validate-code.html> [12. Juni 2021].
 - (11. Jan. 2019aw). *Operation \$validate on Resource*. Link: <http://www.hl7.org/implement/standards/fhir/resource-operation-validate.html> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ax). *Resource References*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/references.html> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019ay). *Using Codes in Resources*. Link: <https://www.hl7.org/fhir/terminologies.html> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019az). *Value Set http://hl7.org/fhir/ValueSet/ address-use*. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/address-use> [12. Juni 2021].

- Health Level Seven International (1. Nov. 2019ba). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/administrative-gender>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/administrative-gender> [12. Juni 2021].
- (1. Nov. 2019bb). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/body-site>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/body-site> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bc). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/condition-code>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/condition-code> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bd). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/contact-point-use>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/contact-point-use> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019be). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/diagnostic-service-sections>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/diagnostic-service-sections> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bf). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/event-status>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/event-status> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bg). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/mimetypes>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/mimetypes> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bh). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/name-use>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/name-use> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bi). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bj). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-codes>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-codes> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bk). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-interpretation>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-interpretation> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bl). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-status>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-status> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bm). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/performer-function>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/performer-function> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bn). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/performer-role>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/performer-role> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bo). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/relatedperson-relationshiptype>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/relatedperson-relationshiptype> [12. Juni 2021].
 - (1. Nov. 2019bp). *Value Set* <http://hl7.org/fhir/ValueSet/report-codes>. Link: <http://hl7.org/fhir/ValueSet/report-codes> [12. Juni 2021].

- Health Level Seven International (2. Juli 2020a). *CDA R2 DTr1 QTY Quantity Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_QTY> [12. Juni 2021].
- (20. Juli 2020b). *CDA R2 DTr1 TS Time Stamp Datatype*. Link: <https://art-decor.org/mediawiki/index.php?title=DTr1_TS> [12. Juni 2021].
 - (30. Jan. 2020c). *FHIRPath (Normative Release)*. Link: <<http://hl7.org/fhirpath>> [12. Juni 2021].
 - (7. Nov. 2020d). *HL7 Terminology*. Link: <<https://terminology.hl7.org/>> [12. Juni 2021].
 - (15. Apr. 2021a). *CDA Logical Model: AssignedAuthor (CDA Class)*. Link: <<https://build.fhir.org/ig/HL7/cda-core-2.0/StructureDefinition-AssignedAuthor>> [12. Juni 2021].
 - (15. Apr. 2021b). *CDA Logical Model: AssignedCustodian (CDA Class)*. Link: <<https://build.fhir.org/ig/HL7/cda-core-2.0/branches/master/StructureDefinition-AssignedCustodian>> [12. Juni 2021].
 - (15. Apr. 2021c). *CDA Logical Model: AssignedEntity (CDA Class)*. Link: <<https://build.fhir.org/ig/HL7/cda-core-2.0/branches/master/StructureDefinition-AssignedEntity>> [12. Juni 2021].
 - (11. März 2021d). *CDA Logical Model: ED - Detailed Descriptions*. Link: <<https://build.fhir.org/ig/HL7/cda-core-2.0/branches/master/StructureDefinition-ED-definitions>> [12. Juni 2021].
 - (10. März 2021e). *CDA Release 2*. Link: <http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=7> [12. Juni 2021].
 - (15. Apr. 2021f). *Logical Model: AssociatedEntity (CDA Class)*. Link: <<https://build.fhir.org/ig/HL7/cda-core-2.0/branches/master/StructureDefinition-AssociatedEntity>> [12. Juni 2021].
- HL7 Austria (28. Sep. 2020a). *HL7 Austria FHIR Core Implementation Guide*. Link: <<https://hl7austria.github.io/r4-core-master/index>> [12. Juni 2021].
- (28. Jan. 2020b). *SNOMED CT*. Link: <https://wiki.hl7.at/index.php?title=SCT:SNOMED_CT> [12. Juni 2021].
 - (29. Mai 2021a). *Data Type Profile: HL7ATCoreAddress*. Link: <<https://hl7austria.github.io/r4-core-master/StructureDefinition-at-core-address>> [12. Juni 2021].
 - (29. Mai 2021b). *Extension: AddressAdditionalInformation*. Link: <<https://hl7austria.github.io/r4-core-master/StructureDefinition-at-core-ext-address-additionalInformation>> [12. Juni 2021].

- HL7 Austria (29. Mai 2021c). *Extension: PatientReligion*. Link: <https://hl7austria.github.io/r4-core-master/StructureDefinition-at-core-ext-patient-religion> [12. Juni 2021].
- (29. Mai 2021d). *Resource Profile: HL7ATCorePatient*. Link: <https://hl7austria.github.io/r4-core-master/StructureDefinition-at-core-patient> [12. Juni 2021].
- Macary, François (13. März 2018d). *SNOMED CT, FHIR, and more*. Link: https://hl7.at/wp-content/uploads/2018/03/20180313_WS-snomedctfhir_macary_VF.pdf [12. Juni 2021].
- McIlvenna, Sean, Henket, Alexander, Egger, Oliver und Grieve, Grahame (22. Sep. 2020d). *FHIR Logical model for CDA*. Link: <https://github.com/HL7/cda-core-2.0> [12. Juni 2021].
- Meredith, John (27. Sep. 2017d). *Why Did HL7 Version 3 Fail?* Link: <https://www.archetextur.es/why-did-hl7-version-3-fail> [12. Juni 2021].
- Object Management Group (3. Juni 2016d). *Meta Object Facility (MOF) 2.0 Query/View/Transformation Specification*. Link: <https://www.omg.org/spec/QVT/1.3/PDF> [12. Juni 2021].
- Ossana, Maximilian (2. Mai 2021d). *ELGA-CDA Microbiology Laboratory Report on FHIR*. Link: <https://simplifier.net/MicrobiologyLaboratoryReport> [12. Juni 2021].
- Prociuous, Joshua, Peretokin, Vadim, Zautke, Alexander, Egger, Oliver, Connelly, Sheila und McAlister, Ben (31. Aug. 2020d). *Using the FHIR Mapping Language*. Link: <https://confluence.hl7.org/display/FHIR/Using+the+FHIR+Mapping+Language> [12. Juni 2021].
- Regenstrief Institute Inc. (3. Jan. 2021d). *LOINC - The international standard for identifying health measurements, observations, and documents*. Link: <https://loinc.org> [12. Juni 2021].
- SNOMED International (13. März 2021a). *Clinical situation*. Link: <https://confluence.ihtsdotools.org/display/DOCGLOSS/clinical+situation> [12. Juni 2021].
- (31. Jan. 2021b). *No known procedures (situation)*. Link: <https://browser.ihtsdotools.org/?perspective=full&conceptId1=787480003&edition=MAIN/2021-01-31&release=&languages=en> [12. Juni 2021].
- (31. März 2021c). *Procedure not indicated (situation)*. Link: <https://browser.ihtsdotools.org/?perspective=full&conceptId1=428119001&edition=MAIN/2021-01-31&release=&languages=en> [12. Juni 2021].

- SNOMED International (3. Jan. 2021d). *SNOMED CT: A 5-Step briefing*. Link: <<https://www.snomed.org/snomed-ct/five-step-briefing>> [12. Juni 2021].
- Spears, Corey (12. Okt. 2017d). *Interoperability standards: Fit for Purpose*. Link: <<https://www.infor.com/blog/interoperability-standards-fit-for-purpose>> [12. Juni 2021].
- Transparent Health und Amida Technology Solutions (1. Mai 2019d). *CDA2FHIR-Command Line Interface*. Link: <<https://github.com/TransparentHealth/cda2fhir-cli>> [12. Juni 2021].
- Transparent Health und UPMC Enterprises (23. Nov. 2019d). *cda2fhir-service*. Link: <<https://github.com/TransparentHealth/cda2fhir-service>> [12. Juni 2021].
- Young, Ian (21. Juli 2013d). *XHTML to Markdown converter*. Link: <<https://gist.github.com/ijy/6048724>> [12. Juni 2021].