

2 Klassifikationen und Terminologien – Eine Übersicht

Josef Ingenerf

Die Diskussionen zu semantischen Standards im Rahmen des DACH-Projektes zeigten eine altbekannte Problematik all derjenigen, die sich mit XYZ (*bitte gewünschten Ausdruck einsetzen*) beschäftigen: Die Beteiligten haben ein unterschiedliches Verständnis der Bedeutung einer solchen Zeichenkette. Gemeint sind Dinge wie Vokabularien, Klassifikationen, Terminologien, Nomenklaturen, Thesauren, Ontologien usw., die für IT-Anwendungen im Gesundheitswesen und speziell in der biomedizinischen Forschung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die genannten Fachtermini sind schwer zu differenzieren und bis heute fehlt ein überzeugender Begriff inkl. Bezeichnung, der alternativ zu XYZ als Oberbegriff für all die genannten Varianten dienen kann. Ein Vorschlag hierzu folgt später im Text.

Nun könnte der Leser sich mit dem Argument abwenden, für eine Verbesserung der Situation etwa durch präzise Definitionen und eine bessere Ausbildung fehlt der Business Case. Er findet die obigen Ausführungen reichlich theoretisch, fragt nach Rentabilitätsberechnungen und findet, dass wichtigere Aufgaben anstehen. Mit analogen Vorbehalten wird man bei Bemühungen zur Verbesserung der semantischen Interoperabilität auf Ebene maschineller Kommunikation konfrontiert.

Jeder, der sich mit diesem Aufgabengebiet länger beschäftigt, kennt die erheblichen Reibungsverluste aufgrund von Missverständnissen. Viele wissenschaftliche Nachwuchskräfte der Medizinischen Informatik wählen bei Be-

trachtung der Unschärfe und Komplexitäten lieber andere Tätigkeitsschwerpunkte als das der semantischen Standardisierung bzw. der semantischen Interoperabilität. Das wiederum liegt allerdings auch daran, dass es gerade im deutschen Gesundheitssystem im internationalen Vergleich erhebliche Defizite und Widerstände gibt, sich offensiver und fundierter mit der Umsetzung der dringend erforderlichen semantischen Standards zu beschäftigen. Die verschiedensten Gründe werden in weiteren Beiträgen des vorliegenden DACH-Abschlussbandes ausführlich erläutert.

Nach diesem etwas ungewöhnlichen, von Defiziten in der menschlichen Kommunikation ausgehenden, Einstieg sollen im Folgenden die Instrumente im Mittelpunkt stehen, die zur Verbesserung der elektronischen Verarbeitung und Kommunikation von medizinischen Daten auf semantischer Ebene existieren. Hier müssen Maschinen in die Lage versetzt werden, Daten auch aus anderen Kontexten zuverlässig zu interpretieren. Anders als Menschen verfügen sie allerdings nicht über sprachliche Fähigkeiten, um etwa unscharfe Zeichenketten im Kontext und situativ ausreichend präzise zu interpretieren.

2.1 Bedeutung von Sprache

Angenommen, in einer maschinellen Anwendung wird die Zeichenkette „UV“ kommuniziert. Was kann damit gemeint sein? Erst ein geeigneter Kontext macht es möglich, sich zwischen verschiedenen Bedeutungen wie „ultraviolett“, „Ulcus ventriculi“ oder gar „Unternehmensverband“ zu entscheiden. Zeichenketten, die Begriffe bezeichnen, werden auch Termini genannt, d. h. „und“ oder „Er ist krank“ sind keine Termini. Die Mehrdeutigkeit auf Ebene eines Terms wird Homonymie genannt, d. h. ein Term kann verschiedene Begriffe bezeichnen, was bei Abkürzungen verständlicherweise besonders häufig vorkommt. Gleichzeitig gibt es zu einem Begriff wie „Ulcus ventriculi“ verschiedene Bezeichnungen wie „Magengeschwür“ und „Gastric ulcer“. Durch Bezug auf diesen gemeinsamen Begriff lassen sich die bezeichnenden Termini als synonym ausweisen. Dieser Zusammenhang wird im semiotischen Dreieck in Abbildung 1 entlang der linken Kante verdeutlicht.

Dieses semiotische Dreieck veranschaulicht, wie wir eher indirekt mittels konkreter Aussagen wie „Der Patient hat ein Magengeschwür.“ kommunizieren. Wir verwenden u. a. den Term *Magengeschwür* und hoffen, dass unser Verständnis bzw. der von uns „gedachte“ Begriff und der des Kommunikationspartners hinreichend übereinstimmen. So gelingt es in der Regel (aber eben nicht immer), dass wir das interessierende Objekt in der Wirklichkeit bzw. die Instanz des Begriffes tatsächlich zuverlässig referenzieren, um die Gesamtaussage zu verstehen.

Woher soll aber nun eine Maschine wissen, ob es sich bei verschiedenen Zeichenketten um synonyme Bezeichnungen ein und desselben Begriffs handelt?

Termrelationen:Synonymie:

mehrere Termini => ein Begriff

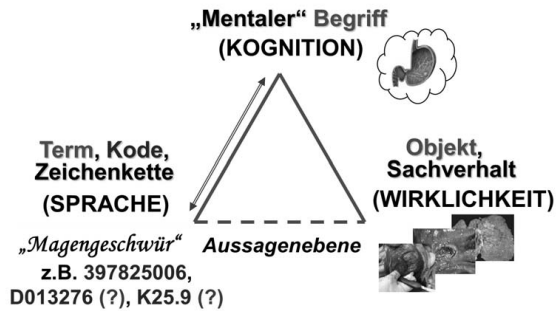
Homonymie:ein Term => mehrere Begriffe
(Auflösung: Term[1], Term[2])Welcher Begriff?Sprachunabhängige
Identifikation über Kodes!

Abb. 1 Semiotisches Dreieck

Dazu wird ein Kode benötigt, der als sprachunabhängige Repräsentation anstelle von Zeichenketten erlaubt, präzise und eindeutig einen Begriff zu bezeichnen. Kodes wie „397825006“ (SNOMED CT) sind dazu in der Lage. Hier handelt es sich um Terminologen im engeren Sinne (s. Kap. B.2.2), d.h. Termini die gemäß ihrer Bedeutungen (Begriffe) hierarchisch angeordnet sind (Taxonomien). Weiteres auf der Begriffsebene kodierte Wissen macht sie wertvoll für semantische Auswertungen und Herausforderungen im Bereich semantischer Interoperabilität. Andere Kodes wie „K25.9“ (ICD-10) oder „D013276“ (MeSH) bezeichnen Klassen in Klassifikationen oder Deskriptoren in Thesauren, aber keinesfalls Begriffe. Die jeweiligen Klassen- und Deskriptor-Hierarchien sehen scheinbar gleich aus. Sie sind jedoch pragmatisch für die jeweiligen Aufgaben (statistische Auswertungen, Literatur-Retrieval) ausgelegt. Das schließt ein, dass die Klassen und Deskriptoren eher als Cluster oder Schubladen fungieren, denen verschiedene zutreffende Begriffe zugeordnet werden. Fasst man alle Termini zusammen, die all jene Begriffe bezeichnen, spricht man gerne auch von „Quasi-Synonymie“.

Für eine differenziertere Betrachtung des Themas sei auf einen ausführlicheren Überblick [Ingenerf, 2007b] verwiesen und die obige Differenzierung wird sehr gründlich in [Ingenerf und Poppl, 2007, Ingenerf, 2009 #1831] diskutiert. Im Folgenden werden zwei grundsätzliche Varianten von XYZ (s. Kap. B.2.5) gegenübergestellt, nämlich für statistische Auswertungszwecke ausgelegte Klassifikationen und für begriffsorientierte Schlussfolgerungen verwendete Terminologien.

2.2 Klassifikationen und Terminologien: eine Abgrenzung

Klassifikationen sind mono-hierarchische Klassensysteme mit disjunkter und vollständiger Einteilung der Klassen; üblicherweise kodiert mit hierarchischen Kodes. Die jeweilige Domäne (z.B. Diagnosen) wird pragmatisch anhand interessierender Merkmale vom Allgemeinen zum Speziellen sukzessive in immer feinere Klassen unterteilt (z.B. in ICD-10). Es werden jeweils nur

Unterklassen mit relevanten und häufigen Merkmalsausprägungen bereitgestellt, z.B. „E66 Adipositas“ mit Ätiologien wie „E66.1 ... übermäßige Kalorienzufuhr“, „E66.2 ... arzneimittelinduziert“ und „E66.3 ... alveoläre Hypoventilation“. Sollten Ausprägungen von Unterscheidungsmerkmalen (hier „Ätiologie“) **bekannt** sein, die **nicht** den jeweils genannten Unterklassen zugeordnet werden können, stehen bei jeder Klasseneinteilung Restklassen zur Verfügung; hier „E66.8 Sonstige Adipositas“. Der damit einhergehende Informationsverlust wird zugunsten der statistischen Auswertbarkeit bewusst in Kauf genommen. Sollten Unterscheidungsmerkmale bzw. deren Ausprägungen **nicht bekannt** sein, wird auch das explizit vermerkt; hier „E66.9 Nicht näher bezeichnete Adipositas“.

In begründeten Fällen lassen sich weitere interessierende Merkmale ergänzen; z.B. durch Ergänzung einer fünften Stelle zur Angabe des Body Mass Index. Genau das geschieht aktuell bei den jährlichen Versionen der ICD-10-GM und auch der OPS-Klassifikation für Prozeduren durch das DIMDI-Institut, die insbesondere aufgrund der Erfordernisse des G-DRG-Systems in Deutschland Merkmalsangaben von allen Behandlungsfällen in deutschen Krankenhäusern verlangen, um deren Schweregrade besser differenzieren zu können.

Der gewünschte Effekt wird durch eine wirkungsvolle Regel erzielt, nämlich dass alle Diagnosen bzw. Prozeduren mit **endständigen** Kodes zu kodieren sind; und zwar gemäß § 301 SGB V von Kodes aus den im jeweiligen Jahr vom DIMDI herausgegebenen Fassungen der ICD-10-GM bzw. dem OPS. Was bewirkt diese Regel? Sie garantiert für jeden Behandlungsfall in deutschen Krankenhäusern die Erfassung all jener Merkmale, die von der Wurzel bis zum endständigen Kode abgebildet werden. Mit anderen Worten: Eine Klassifikation wie die ICD-10 ist mit ihrer Klassenhierarchie eine Mischung aus einem Auswertungswerkzeug und einem zweckgebundenen Erhebungswerkzeug interessierender Merkmale. Das unterscheidet sie fundamental von Terminologien. Hier gibt es keine endständigen Kodes. Der Nutzer entscheidet, welche Merkmale er in welcher Differenzierung abbilden möchte. Das wiederum führt zu einer weiteren wesentlichen Abgrenzung, die in Abbildung 2 veranschaulicht wird.

In Klassifikationen wird bewusst auf Details zugunsten der statistischen Auswertbarkeit klassierter Daten verzichtet. Für den in Abbildung 2 markierten hellgrauen Bereich mit bereitgestellten Klassen als Zählseinheiten erfüllen sie ihren Zweck seit sehr langer Zeit. Die Ursprünge der ICD gehen auf die 1850er-Jahre zurück. Mangels Alternativen werden Klassifikationen sozusagen „missbraucht“, um auch für Anwendungen in dem in Abbildung 2 markierten dunkelgrauen Bereich verwendet zu werden, z.B. für Austauschbarkeit und Wiederverwendbarkeit (Sharing & Re-Use) medizinischer Daten und damit zur Ermöglichung einer semantischen Interoperabilität heterogener Anwendungssysteme sowie für wissenschaftliche Anwendungen zur Entscheidungsunterstützung (Decision Support). Hierfür werden aber begriffsorientierte

2 Klassifikationen und Terminologien – Eine Übersicht

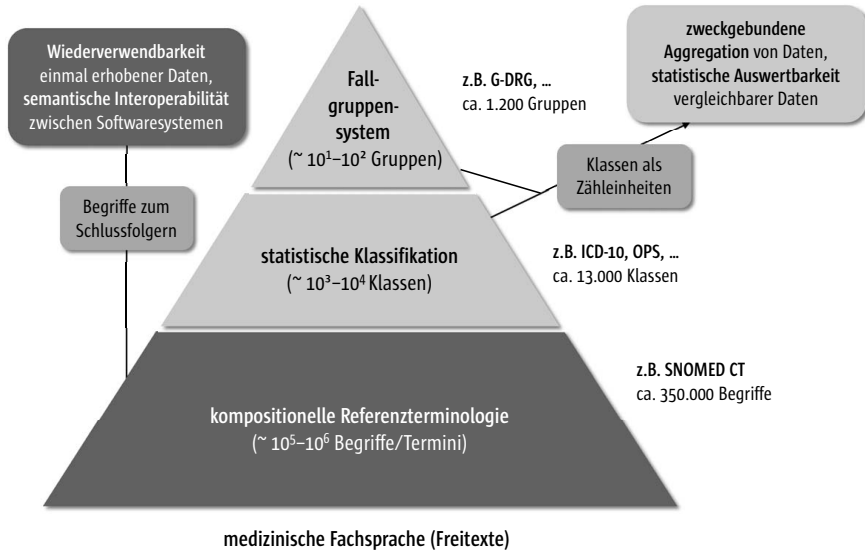


Abb. 2 Ausdrucksmächtigkeit von Klassifikationen und Terminologien

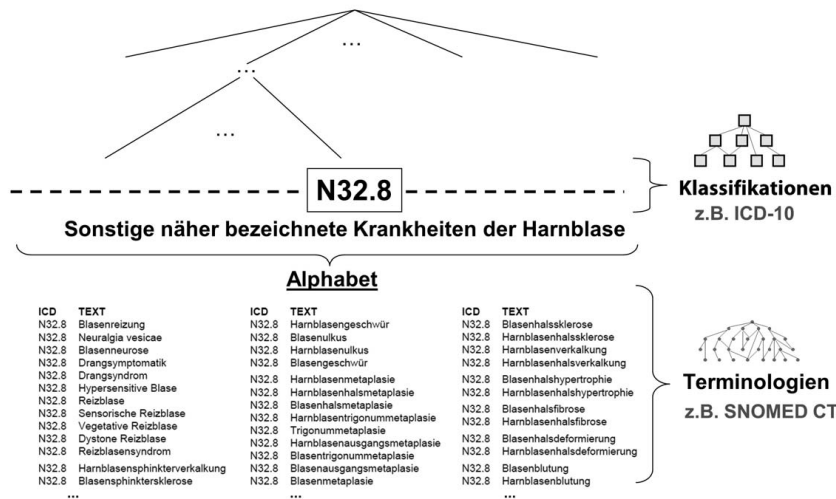


Abb. 3 Ausdrucksschwäche von Klassifikationen

Terminologien benötigt, um Schlussfolgerungen unter Verwendung von reichhaltigem Begriffswissen zu ermöglichen. Betrachtet man Klassifikationen, so werden solche Begriffe bestenfalls indirekt aufgeführt, und zwar als Suchhilfe für Menschen in Form des textuellen Alphabets. Im Fall der ICD-10 umfasst dieses etwa 75.000 praxisrelevante Phrasen, denen ein zutreffender ICD-10-Kode aus der Systematik mit ihren etwa 13.000 Klassen zugeordnet wird. Abbildung 3 visualisiert dieses am Beispiel der Restklasse „N32.8“.

Alle Differenzierungen unterhalb der endständigen ICD-10-Klassenebene sind textuell ausdrückbar; aber für den Rechner „unsichtbar“. Will man das ändern, dann ist das nötig, was im vorherigen Kapitel (s. Kap. B.2.1) im Zusammenhang mit dem semiotischen Dreieck ausgeführt wurde. Man muss die Bedeutung etwa der Texte des obigen Alphabets auf der Begriffsebene explizit repräsentieren. Dazu verwendet man Terminologien wie die SNOMED CT mit zwei Anteilen:

- Begriffe und ihnen (i. Allg. multilingual) zugeordnete (synonyme) Termini und Kodes
- Begriffswissen, d.h. Begriffsdefinitionen auf Basis vorhandener Begriffe und Relationen

Es ist nicht möglich und beabsichtigt, in diesem Übersichtsartikel präziser auf SNOMED CT einzugehen, siehe [IHTSDO, 2014], [Ingenerf und Schopen, 2006], [Ingenerf, 2007a] und [Benson, 2012]. Wichtig an dieser Stelle ist vor allem, dass nicht wie in der ICD-10 alle interessierenden Begriffe bereits vor der Verwendung komponiert bereitgestellt und hierarchisiert werden (Präkoordination). Stattdessen wird nach dem Motto „Definieren statt Hierarchisieren“ nur ein notwendiger Teil an Begriffen hierarchisiert bzw. möglichst formal definiert, siehe Basis- und definitiorische Axiome in Abbildung 4. Geschieht dieses, so kann ein Classifying-Algorithmus (Reasoner) alle weiteren implizit geltenden isa- bzw. Subsumptions-Beziehungen berechnen. Neben der Transitivität ($A \text{ isa } B, B \text{ isa } C, \text{ dann } A \text{ isa } C$) werden vor allem die über Relationen verknüpften Teil-Begriffe betrachtet (Harnblase *isa* Organ, dann Harnblasenerkrankung *isa* Organerkrankung). Als Ergebnis erhält man ein polyhierarchisches Begriffssystem, da sämtliche gültigen Oberbegriffe unmissverständlich berechnet werden. Eine besondere Problematik ergibt sich mit partitiven „part-of“-Beziehungen, die insbesondere anatomische Entitäten verknüpfen. Dass die letzte Schlussfolgerung in Abbildung 4 funktioniert und eine analoge aber falsche Folgerung (Harnblasensphinkterentfernung *isa* Harnblasenentfernung [Zystektomie]) unterbleibt, stellt hohe Anforderungen

Basisaxiome, z.B.

- *Geschwür* (429040005) *isa* *Krankheit* (64572001)
- *Harnblase* (89837001) *isa* *Organ* (113343008)
- *Harnblasensphinkter* (37483007) *part_of* *Harnblase* (89837001)

Definitiorische Axiome, z.B.

- *Organerkrankung* *isa* *Krankheit* (64572001) \wedge *hasLoc* *Organ* (113343008)
- *Harnblasenerkrankung* (42643001) *isa* *Krankheit* (64572001) \wedge *hasLoc* *Harnblase* (89837001)
- *Harnblasengeschwür* (111409009) *isa* *Geschwür* (429040005) \wedge *hasLoc* *Harnblase* (89837001)
- *Harnblasensphinktergeschwür* *isa* *Geschwür* (429040005) \wedge *hasLoc* *Harnblasensphinkter* (37483007)

Auf der Basis solcher formallogischen Definitionen werden weitere gültige "isa-Relationen" (Taxonomie) rechnergestützt durch Reasoner berechnet, z.B. (ohne Begriffskodes)

- *Harnblasengeschwür* *isa* *Harnblasenerkrankung* *isa* *Organerkrankung*
- *Harnblasensphinktergeschwür* *isa* *Harnblasengeschwür*

Abb. 4 Begriffsdefinitionen basierend auf SNOMED CT

an die Methodik eines solchen Begriffsmodells und an die Güte der Begriffsdefinitionen [Schulz et al., 2009].

Im Gegensatz zum trivialen Beispiel in Abbildung 4 wird erst bei umfangreichen Terminologien wie SNOMED CT (ca. 350.000 Begriffe) deutlich, dass es zur algorithmischen Bestimmung der logisch gültigen Subsumptionsbeziehungen keine Alternative gibt. Dabei ist zu beachten, dass viele definierte Begriffe, denen in Abbildung 4 ein Kode zugeordnet ist, bereits präkoordiniert bereitgestellt werden, da dieses vom Nutzer erwartet wird. Erst wenn der Nutzer fehlende bzw. differenziertere Begriffe verwenden will, kann er diese unter Verwendung von Relationen wie *hasLoc* (bei SNOMED CT „finding site“); aber auch „causative agent“, „clinical course“ usw. neu erstellen (Postkoordination). Auch für alle neu komponierten Begriffe (ohne Kode in Abb. 4) können Subsumptionsbeziehungen zu vorhandenen Begriffen berechnet werden. Genau das macht die Verwendung von Terminologien für Aufgaben der semantischen Interoperabilität bzw. für Decision Support Anwendungen so attraktiv.

Die Kernidee ist im Prinzip immer die Gleiche: Das Wissen wird eher generisch formuliert (z.B. „Alle Halter von HUNDEN müssen Hundesteuer bezahlen“). Die Fakten liegen häufig konkreter vor (z.B. „Herr Meier hat einen DACKEL“). Damit die Regeln anwendbar sind, ist Begriffswissen in Form „DACKEL *isa* HUND“) erforderlich. Terminologien stellen sozusagen den „Reißverschluss“ zwischen heterogen verwendeten Begriffen (häufig auf verschiedenen Abstraktionsniveaus) bereit. Liegen Fakten dagegen sprachlich nicht standardisiert vor (z.B. „Herr Meier hat einen Köter“), braucht man auch das Wissen bzgl. synonymen Termini. Übertragen auf medizinische Anwendungen heißt das:

System A,	z.B. Suche alle bakteriellen Infektionen am Verdauungstrakt (312129004) oder Leitlinie mit „IF Penicillin-Allergie (373270004) THEN ...“
System B,	z.B. Patient hat eine Gastritis verursacht durch <i>Helicobacter pylori</i> (89538001) oder Patient bekommt das Medikament Amoxicillin (Substance) (294505008)
Terminologie,	z.B. 89538001 <i>isa</i> 312129004 oder: 294505008 <i>isa</i> 373270004 (= Penicillin [Substance]) in der Causative agent-Relation von 373270004)

In Tabelle 1 werden die wichtigsten Abgrenzungsmerkmale gegenübergestellt.

Tab. 1 Gegenüberstellung von Klassifikationen und Terminologien

Klassifikationen	Terminologien
<i>Fragestellungsabhängige</i> Einteilung von Sachverhalten in ein vordefiniertes, <i>monohierarchisches</i> , disjunktes und vollständiges Klassensystem (<i>Präkoordination</i>).	<i>Neutrale polyhierarchische</i> Begriffshierarchie basierend auf (formal repräsentierten) Begriffsbedeutungen; erweiterbar durch Komposition neuer Begriffe (<i>Postkoordination</i>).
<i>Klassen</i> als Zählseinheiten → valide statistische Auswertungen	<i>Begriffe</i> zum Schlussfolgern → Auswertung von Subsumptionsrelationen
<i>Präskriptiv</i> , d.h. auf jeder Klassenebene werden relevante Merkmalsausprägungen „erfragt“	<i>Deskriptiv</i> , d.h. der Nutzer entscheidet, welche Merkmale er wie detailliert abbildet
Bewusster Verzicht auf Details	Erhalt möglichst vieler Details
Einzelfallübergreifender Fokus → Vergleichbarkeit aufgrund eindeutiger Zuordnung zu Klassen	Einzelfallorientierter Fokus → Vergleichbarkeit aufgrund präziser Rekonstruktion von Sprachbedeutung

2.3 Klassifikationen und Terminologien: ihre Kombination

Mit den bisherigen Erläuterungen ist klar geworden, dass Klassifikationen und Terminologien zwei unterschiedliche Paradigmen medizinischer Dokumentation repräsentieren. In diesem Kapitel soll skizziert werden, wie eine Klassifikation „unterhalb der Klassenebene“ durch eine Terminologie ergänzt werden kann. Ausgangspunkt sind die Texte in Abbildung 3, die laut alphabetischem Verzeichnis der ICD-10 der Restklasse „N32.8“ zugeordnet werden. Einige dieser Texte werden in der zweiten Spalte in Abbildung 5 gelistet. Bei alleiniger Verwendung der Klassen-IDs (ICD-10-Kodes) gehen die Bedeutungs-

Klassen-ID (ICD-10-Systematik)	Texte, ICD-10-Alphabet	Term-ID (Alpha-ID)	Begriff-ID (SNOMED CT)
N32.8	Vesikale Blutung	107932	197887003
N32.8	Harnblasenblutung	13304	197887003
N32.8	Blasenhernie (beim Mann)	11974	410070006
N32.8	Blasengeschwür	13483	429040005 hasLoc 89837001
N32.8	Harnblasengeschwür	13481	429040005 hasLoc 89837001
N32.8	Harnblasenulkus	13484	429040005 hasLoc 89837001
N32.8	Ulkus des Blasensphinkters	178474	429040005 hasLoc 37483007
N32.8	Ulkus des Harnblasensphinkters	178475	429040005 hasLoc 37483007
...

(429040005 Ulcer (disorder), 89837001 Urinary bladder structure, 37483007 Structure of urinary bladder muscular sphincter)

Terminologien (Wissen auf Term- und Begriffsebene), z.B. Synonymie und Subsumption (Begriffshierarchie)

Abb. 5 Alphabetische Verzeichniseinträge der ICD-10 mit zugeordneten Term-IDs (gemäß Alpha-ID [DIMDI, 2014]) und Begriff-IDs (gemäß SNOMED CT [IHSTDO, 2014])

unterschiede dieser Texte verloren. Solche differenzierten Diagnosen-Texte sollten zusätzlich gespeichert werden, da sie zumindest durch Menschen interpretiert werden können. Da sie aber für Maschinen kaum verarbeitbar sind, stellt das DIMDI seit einigen Jahren die Alpha-ID [DIMDI, 2014] zur Verfügung. Im Wesentlichen wurden die ca. 75.000 alphabetischen Einträge durchnummeriert. Die vergebene Alpha-ID (Term-ID) erlaubt über den ICD-10-Kode (Klassen-ID) hinaus eine präzisere maschinen-verwertbare Kommunikation von Diagnosen unterhalb der Klassenebene. Sie ist zwar nur national verwendbar, kann aber z.B. für Arzneimittelsicherheits-Prüfalgorithmen durchaus hilfreich sein. Zum Beispiel enthält das Alphabet den Eintrag „Amoxicillin-Allergie“ (Alpha-ID I112547), der hilfreicher ist als der grobe ICD-10-Kode „T88.7 N. n. bez. unerwünschte Nebenwirkung eines Arzneimittels oder einer Droge“.

Allerdings wird schnell deutlich, dass diese Alpha-ID nur eine pragmatische Notlösung sein kann. Die künstliche ID verfügt über keinerlei Semantik, z.B. gibt es mit ihr keinen Hinweis auf die Synonymie zwischen den Termini „I107932“ und „I13304“. Aufgrund der Ausführungen zu Beginn dieses Artikels (s. Abb. 1) kann dieses auch gar nicht gelingen. Erst der explizite Bezug zu Begriffen als Bedeutung der alphabetischen Texte ermöglicht eine adäquate Differenzierung der alphabetischen und anderer Texte, z.B. mit Verwendung von Begriffs-Kodes aus SNOMED CT. Die Kodierung in der rechten Spalte in Abbildung 5 verwendet entweder vorhandene (präkoordinierte) Begriffskodes oder zusammengesetzte (postkoordinierte) Begriffsausdrücke. Damit lassen sich jene in Abbildung 5 als dunkelgrau-gestrichelt markierten Termini als synonym ausweisen, denen ein identischer Begriffsausdruck zugeordnet wurde. Noch viel wichtiger ist, dass sich erst auf Begriffsebene das reichhaltige Begriffswissen nutzen lässt, z.B. die als hellgrau-gepunktet markierte Subsumptionsrelation zwischen Geschwüren des Harnblasensphinkters und solche der Harnblase. Und damit folgen all die anderen im vorherigen Kapitel genannten Nutzungspotentiale.

Eine ähnliche Konstruktion wird aktuell bei der Entwicklung der ICD-11 umgesetzt [WHO, 2014]. Auf Basis eines Content Models [Tu et al., 2010] wird jedes klassenbildende Merkmal einer ICD-Klasse explizit beschrieben, z.B. hinsichtlich bereitgestellter Kategorien wie „Body Site“ oder „Causal Agents“. Hierzu wird nicht die gesamte SNOMED CT, sondern eine extra für diese ICD-11-Erweiterung extrahierte „Common Ontology“ [Rodrigues et al., 2014] verwendet. Hat man alle Klassen entsprechend strukturiert und explizit beschrieben, lassen sich für verschiedene Zwecke verschiedene monohierarchische Klassifikationen (Linearisierungen) generieren, z.B. ICD für Mortalitäts- und Morbiditätsstatistiken oder ICD für Primary Care. Der Vorteil wird sichtbar, wenn man unter „Advanced Search“ die Beta-Version der ICD-11 recherchiert [WHO, 2014]. Anders als bisher lassen sich nun erheblich flexibler ICD-Klassen recherchieren, z.B. jene zur Body Site „Stomach“. In der aktuellen ICD-10 muss man

dazu „händisch“ alle Kategorien, z.B. „I Infektionen“, „II Neubildungen“ oder „XI Krkh. des Verdauungssystems“, durchsuchen.

Weitere Vorteile der Generierung von Klassifikationen basierend auf einer begriffsorientierten Beschreibungsebene sind: Ausgehend von den reichhaltigen Beschreibungen gemäß Content Model lassen sich gewünschte Klassifikationen (Linearisierungen im Sinne von Sichten), d.h. Systematik und Alphabet (semi-)automatisch generieren. Diese wiederum können auf logische Konsistenz und Vollständigkeit überprüft werden. Schließlich ergeben sich erhebliche Unterstützungsmöglichkeiten für Übersetzungen der ICD-11. Interessant ist an dieser Stelle, dass die hier geschilderte Grundidee schon seit langer Zeit im Rahmen der Weiterentwicklung des MeSH-Thesaurus umgesetzt wurde. Dort wurde unterhalb der Deskriptor-Ebene (hierarchisierte Schlagworte zur Literaturrecherche) eine eigenständige Begriffsebene eingezogen. Damit lassen sich analog zu Abbildung 5 Quasi-Synonyme (Entry Terms) organisieren, um dann auf Begriffsebene von den soeben genannten Vorteilen zu profitieren, z.B. verbesserte Pflege, Konsistenzprüfung, Übersetzung, usw. [Ingenerf und Poppl, 2007], [Ingenerf und Linder, 2009].

2.4 Standardisierte Vokabularien reichen nicht aus

Das Ziel der Gewährleistung von semantischer Interoperabilität, d.h. der zuverlässigen maschinellen Interpretierbarkeit medizinischer Daten, lässt sich nicht allein mit der Nutzung standardisierter Vokabularien erreichen; d.h. sie sind dafür notwendig aber nicht hinreichend. Ein ICD-10- oder SNOMED CT-Kode für Infektion wird im Allgemeinen nicht isoliert verarbeitet, sondern er ist in einen Kontext (z.B. postoperative Komplikationen) eingebettet, der ebenfalls „Bedeutung“ beisteuert und zur Interpretation mit berücksichtigt werden muss.

Ein Extrem dieser Betrachtung sind Freitexte, die für die menschliche Kommunikation ihren Zweck erfüllen. Zur Verbesserung der elektronischen Verarbeitbarkeit der interessierenden Inhalte wird eine strukturierte Dokumentation angestrebt, d.h. Kontexte von erfassten Daten wie „Anamnese“ oder „postoperative Komplikationen“ werden explizit gemacht, interessierende Merkmale werden möglichst mit interessierenden Wertemengen zur Erfassung verwendet, usw. Damit verbessert sich die Vergleichbarkeit und Auswertbarkeit der erfassten Daten. Will man allerdings die erfassten Daten (einrichtungsextern) austauschen und wiederverwenden, ist eine Verwendung von Standards sowohl der verwendeten Dokumentationsstrukturen als auch von Vokabularien erforderlich. In Abbildung 6 wird dieser Unterschied mit Beispielen skizziert.

Abbildung 7 zeigt einen Ausschnitt eines HL7 CDA-Dokumentes für Gerätedaten. Es wurde aus proprietären Intensivmedizin-Daten generiert, um Ent-

2 Klassifikationen und Terminologien – Eine Übersicht

Diktat / Freitext
(i.Allg. signiertes Dokument
im Kontext vom Mensch interpretierbar)

Radiologischer Befundbericht

Klinische Angaben
Hb. Pt. Gliedmaßen re. parietal

Verfälschung
Met Koyf / Hals Gelen (NRAD) Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD)

Observation Content 'Study Instance UID der Untersuchung = 1.2.840.11111.1948.2.2010728.21749.201004010489' Observation Content: Procedure Code = MET Koyf / Hals Gelen (NRAD) Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD) (NR.MX.CEN.NR.000000)

MET Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD) am 02.05.2012 um 08:51 Im Vergleich zur Voraussetzung vom 02.05.2012 wesentliche Veränderung der rechtsseitigen Kontrastmitteldarstellung des rechten parietalen Resektionsdefektes sowie der rechts abgrenzbaren verschleimten meningealen Kontrastmitteldarstellung nach OP eines Gliedmaßen über eine osteoplastische Tumorresektion. Unvollständig ausgeprägte postoperative Leukeninghaltigkeit rechts Biotoparietal. Keine intrakranielle Blutung. Keine Diffusionsstörung. Bekannter postoperativer Erweiterung des rechten Hirsnrinns.

Bei Berücksichtigung der im Vergleich zur Voraussetzung vom 02.05.2012 leicht veränderten Lageform des Patienten stellt sich der Befund rechts parietal nach Resektion eines Gliedmaßens im Verlauf konstant dar. Kein Nachweis eines rezidivierenden Tumorwachstums. Keine intrakranielle Blutung. Unvollständig ausgeprägte postoperative Leukeninghaltigkeit rechts Biotoparietal.

Prof. Dr. med. Pirmen Dirk
befindet durch: Dr. Hiltner Markus



Strukt. Dokumentation
(XML erlaubt, sinnvolle Strukturen
für den Rechner auszuzeichnen)

Radiologischer Befundbericht

Klinische Angaben
Hb. Pt. Gliedmaßen re. parietal

Verfälschung
Met Koyf / Hals Gelen (NRAD) Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD)

Observation Content 'Study Instance UID der Untersuchung = 1.2.840.11111.1948.2.2010728.21749.201004010489' Observation Content: Procedure Code = MET Koyf / Hals Gelen (NRAD) Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD) (NR.MX.CEN.NR.000000)

MET Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD) am 02.05.2012 um 08:51 Im Vergleich zur Voraussetzung vom 02.05.2012 wesentliche Veränderung der rechtsseitigen Kontrastmitteldarstellung des rechten parietalen Resektionsdefektes sowie der rechts abgrenzbaren verschleimten meningealen Kontrastmitteldarstellung nach OP eines Gliedmaßens über eine osteoplastische Tumorresektion. Unvollständig ausgeprägte postoperative Leukeninghaltigkeit rechts Biotoparietal. Keine intrakranielle Blutung. Keine Diffusionsstörung. Bekannter postoperativer Erweiterung des rechten Hirsnrinns.

Bei Berücksichtigung der im Vergleich zur Voraussetzung vom 02.05.2012 leicht veränderten Lageform des Patienten stellt sich der Befund rechts parietal nach Resektion eines Gliedmaßens im Verlauf konstant dar. Kein Nachweis eines rezidivierenden Tumorwachstums. Keine intrakranielle Blutung. Unvollständig ausgeprägte postoperative Leukeninghaltigkeit rechts Biotoparietal.

Prof. Dr. med. Pirmen Dirk
befindet durch: Dr. Hiltner Markus



Stand. Dokumentation
(Struktur- & Terminologiestandards
erlauben TAGs zu interpretieren)

Radiologischer Befundbericht

Klinische Angaben
Hb. Pt. Gliedmaßen re. parietal


Verfälschung
Met Koyf / Hals Gelen (NRAD) Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD)

Observation Content 'Study Instance UID der Untersuchung = 1.2.840.11111.1948.2.2010728.21749.201004010489' Observation Content: Procedure Code = MET Koyf / Hals Gelen (NRAD) Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD) (NR.MX.CEN.NR.000000)

MET Gelen aktiv + mit i.v. KM (NRAD) am 02.05.2012 um 08:51 Im Vergleich zur Voraussetzung vom 02.05.2012 wesentliche Veränderung der rechtsseitigen Kontrastmitteldarstellung des rechten parietalen Resektionsdefektes sowie der rechts abgrenzbaren verschleimten meningealen Kontrastmitteldarstellung nach OP eines Gliedmaßens über eine osteoplastische Tumorresektion. Unvollständig ausgeprägte postoperative Leukeninghaltigkeit rechts Biotoparietal. Keine intrakranielle Blutung. Keine Diffusionsstörung. Bekannter postoperativer Erweiterung des rechten Hirsnrinns.

Bei Berücksichtigung der im Vergleich zur Voraussetzung vom 02.05.2012 leicht veränderten Lageform des Patienten stellt sich der Befund rechts parietal nach Resektion eines Gliedmaßens im Verlauf konstant dar. Kein Nachweis eines rezidivierenden Tumorwachstums. Keine intrakranielle Blutung. Unvollständig ausgeprägte postoperative Leukeninghaltigkeit rechts Biotoparietal.

Prof. Dr. med. Pirmen Dirk
befindet durch: Dr. Hiltner Markus



Annotations on the right side of the image:

- LOINC (pointing to 'Radiologischer Befundbericht')
- RadLex, SNOMED CT, UCUM, ICD-10, OPS, ... (pointing to 'Klinische Angaben')
- DICOM SR, HL7 CDA, ... (pointing to 'Verfälschung')

- **strukturiert:** Definition von Dokumentabschnitten, Eingabefeldern und – werten, ...
- **standardisiert:** Nutzung von Standards für Strukturen (Schemata) und Inhalten (Kodes)

Abb. 6 Strukturierte versus standardisierte Dokumentation

PHMR Extract

```
<component>
  <observation classCode="OBS" moodCode="EVN">
    <code code="MDC_AWAY_RESP_RATE" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.24"
      codeSystemName="MDC"
      displayName="Respiratory Rate Spontaneous"/>
    <statusCode code="completed"/>
    <effectiveTime value="20110516122000"/>
    <value xsi:type="PQ" value="17" unit="l/min"/>
    [...]
  </observation>
</component>
```

XPath Command

```
[...] /component/observation[code
  [@code='MDC_AWAY_RESP_RATE']
  /value/@value
```

SmartCare Condition

```
IF ( f_spon < low_f_spon )
  THEN decrease pressure
IF ( f_spon > high_f_spon )
  THEN increase pressure
ELSE do nothing
```

Abb. 7 Nutzung des Standards HL7 CDA (PHMR) für Strukturen und Vokabularen

scheidungsregeln des SmartCare-Systems der Fa. Dräger zur Entöhnung beatmeter Patienten anwenden zu können [Ingernerf et al., 2012].

Mit dem Dokumentenstandard HL7 CDA (PHMR: Personal Healthcare Monitoring Report) werden auf mehreren Ebenen wesentliche Festlegungen getroffen. Zunächst liegt ein auf XML-Schemata basierendes Inhaltsmodell vor, welches die allgemeine Struktur festlegt. Für einzelne Abschnitte etwa zu spezifischen Gerätedaten werden Constraint-Modelle (Templates) ergänzt, die in

diesem Fall auf den ISO 11073 – Standard für Gerätedaten Bezug nehmen. Relevante Merkmale laut ISO 11073-10201 (Domain Information Model) werden zur Beschreibung etwa von Beatmungsgeräten bzw. deren Messwerten strukturell normiert eingefordert. Und schließlich wird auf mehreren Ebenen eine präzise Angabe von Werten; insbesondere von Codes verlangt. Dabei kann es sich um HL7 V3 – eigene Vokabularien (z.B. Administrative Gender); aber auch um externe Vokabularien handeln, wie sie etwa durch ISO 11073-10101 (Nomenclature) bereitgestellt werden.

In diesem Sinne werden über standardisierte Vokabularien hinaus weitere Standards im Sinne von Strukturmodellen verwendet, die in mehr oder weniger komplexen Wechselwirkungen zueinander stehen. Ohne diese in diesem Papier mit der notwendigen Präzision darstellen zu können, werden im Folgenden einige dieser Standards aufgezählt.

- **Informationsmodelle,**
 - Datenbank-Schemata; i. Allg. proprietär; bzw. standardisiert gemäß HL7 V3, ISO 13606, ...
→ verweisen auf *Stammdatentabellen* bzw. *Wertemengen*
 - Kommunikationsstandards; z.B. national xDT, § 301 SGBV, international stand. mit HL7 V2/3, ...
→ verweisen auf sogenannte *Schlüsselverzeichnisse* bzw. *Coding Tables*
 - Dokumentenstandards; z.B. HL7 CDA, DICOM SR ...
→ verweisen auf *Spezialvokabularien*
 - Spezialmodelle; z.B. CDISC ODM, IEEE 11073 ...
→ verweisen auf *Spezialvokabularien*
- **Constraint-Modelle,**
d.h. strukturelle und semantische Constraints für Inhalte im Kontext (2-Level-Ansatz),
z.B. Archetypes (ISO 13606), HL7 Templates, Detailed Clinical Models (ISO 13972), ...
→ verweisen auf *Spezialvokabularien*
- **Metadaten-Repositories,**
d.h. anwendungsspezifische Metadaten zu Datenelementen, d.h. Merkmalen, Wertemengen, Kodierungen, Verwendungskontexte (z.B. ihre Komposition in eCRFs), usw.
gemäß Metadata Registry (ISO 11179)

Zunächst werden in proprietären wie auch standardisierten Datenbank-Schemata für viele qualitative Datentypen (kontrollierte) Wertemengen hinterlegt; häufig als Stammdatentabellen bezeichnet. In strukturierten Nachrichten- oder Kommunikationsstandards spricht man häufig von Schlüsselverzeichnissen. Auch Dokumentenstandards oder diverse Spezialmodelle adressieren Spezialvokabularien für verschiedenste Merkmalsausprägungen. Gleiches gilt für Constraint-Modelle, mit denen Informationsmodelle gezielt erweitert werden können.

Warum ist eine Diskussion dieser Landschaft von standardisierten Strukturmodellen von Interesse? Weil standardisierte Vokabularien wie LOINC oder SNOMED CT, deren nationale Einführung u.a. im DACH-Projekt diskutiert wurde, in vielen Anwendungen nicht direkt nutzbar sind, sondern indirekt über ein Mapping auf die in der Praxis verwendeten Stammtabellen, Schlüsselverzeichnisse oder Spezialvokabulare. Desweiteren werden zunehmend Metadaten-Repositories basierend auf dem ISO 11179 Standard aufgesetzt, in denen die in Anwendungen verwendeten Datenelemente definiert werden, um deren Wiederverwendung zu fördern, z.B. mit Merkmalen, Wertemengen, Abhängigkeiten, Verwendungskontext (i. Allg. eCRFs zur Erfassung von Merkmalswerten) [Stausberg et al., 2009], [PHIN, 2012–2014], [NCI, 2014; hsicic, 2013–2014]. Insbesondere eindeutig identifizierte und versionierte Wertemengen dienen anwendungsabhängig als strukturierte Merkmalsausprägungen, die zunächst analog zu Abbildung 6 wenig mit semantischer Standardisierung im engeren Sinne zu tun haben. Erst durch eine Kodierung oder Annotierung dieser Merkmalsausprägungen mit diversen standardisierten Vokabularien lässt sich auch dieses realisieren. Infrastrukturell würden Anwendungen auf ein Metadaten-Repository zugreifen, um abgestimmte (im Hintergrund standardisierte) Merkmalsstrukturen zu verwenden. Dazu werden geeignete terminologische Dienste eines Terminologieservers für Annotation und Abfragen verwendet.

Das skizzierte Zusammenspiel von strukturellen und semantischen Standards ist ein erster Versuch, etwas mehr Transparenz in die Zusammenhänge zu bringen und bedarf sicherlich noch einer fortgesetzten Diskussion und Präzisierung. Es würde besser ermöglichen, die Komplexitäten und Aufwände einer potentiellen Einführung von Terminologien wie LOINC und insbesondere von SNOMED CT abzuschätzen. Für SNOMED CT enthält das bereits 2006 erstellte Positionspapier [Ingenerf und Schopen, 2006] Beurteilungen, und Thesen, die auch heute uneingeschränkt gelten.

2.5 Meta-Terminologie: Was könnte mit XYZ gemeint sein?

Abschließend soll die Ausgangsfrage vom Beginn dieses Artikels noch einmal aufgegriffen werden, nämlich welche Bezeichnung sollten wir statt XYZ verwenden, wenn wir über Dinge wie Vokabularien, Klassifikationen, Terminologien, Nomenklaturen, Thesauren, Ontologien usw. sprechen? Es gibt einige Versuche, die verwendete Terminologie bzgl. XYZ zu verbessern [de Keizer et al., 2000], [ISO, 2000], [ISO, 2007], [ISO/TS, 2002 (last Rev. 2013)]. Sie sind jedoch nicht in jeder Hinsicht befriedigend und viele Personen benutzen trotzdem Bezeichnungen, die sie unterschiedlich interpretieren.

Im Folgenden sollen ohne Anspruch auf detaillierte Definitionen und Verweise auf ISO-Standards nur einige grobe Festlegungen vorgeschlagen werden. Als Oberbegriff für all die genannten Artefakte wird vorgeschlagen, die Be-

zeichnung „**Vokabular**“ zu verwenden. Laut ISO 1087 handelt es sich um ein „terminological dictionary which contains designations and definitions from one or more specific subject fields“. Anders als in dieser recht engen Definition wird ein Vokabular schlicht als „Menge von Bezeichnungen bzw. Termini für ein bestimmtes Anwendungsfeld“ verstanden. Als nächstes werden üblicherweise Adjektive benutzt, z.B. „**Kontrolliertes Vokabular**“. Das Adjektiv beschreibt einen Nutzungskontext, d.h. gemeint sind solche Vokabulare, die bei Eingabe von Merkmalsausprägungen vorgegeben werden, um die sprachliche Variabilität mit Blick auf deren Verarbeitung und Auswertung zu reduzieren. Oder man verwendet die Bezeichnung „**Standardisiertes Vokabular**“ für solche Vokabularien, die von Standard Developing Organisations (SDO) festgelegt wurden. Diese beiden Varianten orientieren sich an die Abgrenzung von strukturierter und standardisierter Dokumentation im vorherigen Kapitel, siehe Abbildung 6.

Weitere Unterscheidungen orientieren sich eher daran, ob und wenn ja, in welcher Weise ein solches Vokabular organisiert ist. Ohne eine Organisation gibt es z.B. Glossare wie etwa den Duden medizinischer Fachwörter als Vokabular, das nicht für eine Eingabekontrolle genutzt wird. Interessanter sind hier die vielen **Wertemengen (value sets)** als kontrollierte Vokabularien, die etwa in den oben erwähnten Inhaltsmodellen oder Metadaten-Repositories bereitgestellt werden [PHIN, 2012–2014], [NCI, 2014; hsicic, 2013–2014]. Es gibt weiterhin Bemühungen, für spezielle Domänen die verwendeten Bezeichnungen bzw. Benennungen zu vereinheitlichen, was zum Begriff der „**Nomenklaturen**“ führt, z.B. Nomina anatomica, CAS Registry für chemische Substanznamen oder UCUM für Einheiten. Das sind standardisierte Vokabularien, deren Fokus nicht auf eine Organisation bzw. Hierarchisierung der benannten Entitäten liegt.

Es verbleiben jene i. Allg. standardisierten Vokabularien, die eine solche Organisation bzw. Hierarchisierung für verschiedene Zwecke bereitstellen. Und hier hat es sich in Fachkreisen inzwischen bewährt, nur noch zwischen **Klassifikationen** und **Terminologien** zu unterscheiden, trotz evtl. „spitzfindiger“, aber relevanter Unterschiede im Bereich der Terminologien. Der Unterschied war Gegenstand dieses Artikels, wobei es auch hier noch sprachliche Irritationen gibt. Beide Bezeichnungen sind wie so häufig in unserer Sprache mehrdeutig. Klassifikation kann als Systematik oder als Vorgang verstanden werden, der sich auf Sachverhalte oder Begriffe bezieht. So wird auch bei logisch formalisierten Begriffssystemen die Berechnung von Subsumptionsbeziehungen als „Classifying“ bezeichnet. Mit „Terminologie“ kann ein Fachgebiet, eine verwendete Fachsprache etwa für Mediziner oder ein Verzeichnis konkreter Termini (Vokabular) gemeint sein. Deshalb gibt es einen Vorschlag, die Bezeichnungen „Klassifikationssystem“ oder „Terminologisches System“ präziser zu benutzen. Häufig zieht man sich jedoch mit dem Plural aus der Affäre, d.h. „Klassifikationen und Terminologien“ statt „Klassifikation und Ter-

minologie“. Da außerhalb der medizinischen Anwendung die Bezeichnung „Klassifikation“ zu allgemein ist, sollte zumindest hier präziser von „**statistischer Klassifikation**“ geredet werden.

Mit **Terminologien** sollten all jene Vokabularien bezeichnet werden, die explizit erlauben, enthaltene Termini auf Begriffe zu beziehen (Synonymie) und auf Basis der Begriffsbeziehungen ein hierarchisches Begriffsordnungssystem im Sinne einer **Taxonomie** anzubieten. Dabei sei erwähnt, dass Bezeichnungen wie „Ordnungssystem“ oder „Begriffsordnungssystem“ in Deutschland verwendet werden, aber international unüblich sind. Weiterhin werden häufig **Thesauren** wie MeSH eingeschlossen, die – wie oben erwähnt – eigentlich auf verwandten, aber anderen Ordnungsprinzipien beruhen, d. h. „A is Broader than B“ genau dann, wenn Literatur, die relevant für „B“ ist, dann auch relevant für „A“ ist [Ingenerf und Poppl, 2007], [Ingenerf und Linder, 2009]. Zur Vereinfachung seien sie als Nicht-Klassifikationen den Terminologien zugerechnet. Ähnlich verhält es sich mit Systemen wie LOINC, die mit systematischen Benennungsregeln im Laborbereich eher den Charakter von Nomenklaturen haben, aber mit Hierarchien als Suchhilfe innerhalb der sechs Beschreibungsachsen beitragen, verwandte Labortests zu suchen. Da die mit den standardisierten LOINC-Terms und -Kodes bezeichneten „Laborbegriffe“ jedoch nicht begrifflich organisiert sind und entsprechend hierarchisch ausgewertet werden können, gibt es eine gemeinsame Initiative des Regenstrief Instituts und der IHTSDO, um über ein Mapping von den SNOMED CT-Hierarchien bei der Auswertung von LOINC-kodierten Sachverhalten zu profitieren. Betrachtet man nun abschließend weniger die Bezeichnungen, als vielmehr die Hierarchisierung auf Ebene der Begriffe, so kann man diese manuell erstellen, wie das etwa in früheren Versionen der SNOMED über hierarchische Codes geschehen ist. Oder man benutzt formale Definitionen basierend auf geeigneten Logiken [Baader et al., 2003] und orientiert sich dabei möglichst an ontologische Prinzipien [Smith et al., 2005], um zu den so genannten **Ontologien** zu gelangen. Es geht also um formal begründete Definitionen wie sie oben in Abbildung 4 für SNOMED CT angedeutet wurden, um über Schlussfolgerungsalgorithmen konsistente und ausdrucksstarke Begriffssysteme gewährleisten zu können. Der Trend zu diesen formalisierten Ontologien wird insbesondere im biomedizinischen Bereich mit Beispielen wie FMA (Foundational model of anatomy), GO (Gene ontology) und anderen verfolgt, siehe <http://www.obofoundry.org/>.

Referenzen

- [Baader, F. et al., 2003] Baader, F. et al., Hrsg. (2003): The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications. Cambridge University Press.
- [Benson, T., 2012] Benson, T. (2012): Principles of Health Interoperability HL7 and SNOMED. (2. Ed.). Springer.
- [de Keizer, N.F. et al., 2000] de Keizer, N.F. et al. (2000): Understanding terminological systems. I: Terminology and typology. *Methods Inf Med* 39 (1): S. 16–21.

- [DIMDI, 2014] DIMDI. Alpha-ID – Identifikationsnummer für Diagnosen. <http://www.dimdi.de/static/de/klasi/alpha-id/index.htm> Letzter Zugang: 2014-09-04.
- [hsicic, 2013–2014] hsicic. NHS Data Model and Dictionary. <http://www.datadictionary.nhs.uk/> Letzter Zugang: 2014-09-04.
- [IHTSDO, 2014] IHTSDO. SNOMED CT. <http://www.IHTSDO.org/SNOMED-ct> Letzter Zugang: 2014-08-12.
- [Ingenerf, J., 2007a] Ingenerf, J. (2007a): Die Referenzterminologie SNOMED CT: von theoretischen Betrachtungen bis zur praktischen Implementierung. MMI.
- [Ingenerf, J., 2007b] Ingenerf, J. (2007b): Terminologie oder Klassifikationen – Was bringt die Zukunft? *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 8, S. 1070–1083.
- [Ingenerf, J. et al., 2012] Ingenerf, J. et al. (2012): Standardizing intensive care device data to enable secondary usages. *Stud Health Technol Inform* 180, S. 619–623.
- [Ingenerf, J. und Linder, R., 2009] Ingenerf, J. und Linder, R. (2009): Assessing applicability of ontological principles to different types of biomedical vocabularies. *Methods of Informatics in Medicine* 48 (5): S. 459–467.
- [Ingenerf, J. und Poppl, S.J., 2007] Ingenerf, J. und Poppl, S.J. (2007): Biomedical vocabularies – the demand for differentiation. In: Kuhn, K.A. et al., Hrsg. *Medinfo 2007: Proceedings of the 12th World Congress on Health (Medical) Informatics; Building Sustainable Health Systems*. S. 610–615. IOS Press.
- [Ingenerf, J. und Schopen, M., 2006] Ingenerf, J. und Schopen, M. (2006): Positionspapier zur „Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms“ (SNOMED CT) in Deutschland. GMDs-Arbeitsgruppe Standardisierte Terminologien in der Medizin <http://www.gmds.de/pdf/publikationen/stellungnahmen/Positionspapier.pdf> Letzter Zugang: 2014-08-11.
- [ISO, 2000] International Organization for Standardization (2000): ISO 10871:2000 Terminology work – Vocabulary – Part 1: Theory and application.
- [ISO, 2007] International Organization for Standardization (2007): ISO 17115:2007 – Health informatics – Vocabulary for terminological systems.
- [ISO/TS, 2002 (last Rev. 2013)] International Organization for Standardization (2002 [last Rev. 2013]): ISO/TS 17117:2002 – Health informatics – Controlled health terminology – Structure and high-level indicators.
- [NCI, 2014] NCI. CDE Browser. <https://cdebrowser.nci.nih.gov/CDEBrowser/> Letzter Zugang: 2014-09-04.
- [PHIN, 2012–2014] PHIN. PHIN Vocabulary Access and Distribution System (VADS). <https://phinvads.cdc.gov/vads/SearchVocab.action> Letzter Zugang: 2014-09-04.
- [Rodrigues, J.M. et al., 2014] Rodrigues, J.M. et al. (2014): ICD-11 and SNOMED CT Common Ontology: Circulatory System. *Stud Health Technol Inform* 205, S. 1043–1047.
- [Schulz, S. et al., 2009] Schulz, S. et al. (2009): SNOMED reaching its adolescence: ontologists’ and logicians’ health check. *Int J Med Inform* 78 Suppl 1, S. S86–94.
- [Smith, B. et al., 2005] Smith, B. et al. (2005): Relations in biomedical ontologies. *Genome Biol* 6 (5): S. R46.
- [Stausberg, J. et al., 2009] Stausberg, J. et al. (2009): Foundations of a metadata repository for databases of registers and trials. *Stud Health Technol Inform* 150, S. 409–413.
- [Tu, S.W. et al., 2010] Tu, S.W. et al. (2010): A Content Model for the ICD-11 Revision Vortrag im Rahmen von: Biomedical Informatic Research Colloquia.
- [WHO, 2014] WHO. The International Classification of Diseases 11th Revision is due by 2017 <http://www.who.int/classifications/icd/revision/en/> Letzter Zugang: 2014-09-04.