

Semantische Informationsextraktion in medizinischen Informationssystemen

Andreas Holzinger · Regina Geierhofer
Maximilian Errath

Kernproblem unserer Kommunikations- und Informationstechnologien ist immer noch der gezielte Zugriff auf große und komplexe Datenmengen. Ein typisches Beispiel dafür sind Befunddaten in medizinischen Informationssystemen

Informationsbeschaffung, oder noch korrekter Informationswiederbeschaffung (Information Retrieval) ist ein wichtiger Teil der täglichen Arbeit von Ärztinnen und Ärzten. Grundsätzlich haben wir heute eher nicht das Problem „zu

wenig Information“, sondern eher das Problem „zu viel Information“. Im Vordergrund muss daher die Unterstützung des ärztlichen Handelns und Entscheidens mithilfe *relevanter* Information sein, denn die Qualität ärztlichen Handelns und damit der medizinischen Versorgung hängt nicht unwesentlich von *relevanten Informationen* ab [11].

Die derzeit verbreitete Darstellungsform medizinischer Dokumentation ist stark an den einzelnen Patientinnen und Patienten orientiert und reduziert daher die Anzahl der gefundenen Dokumente auf ein deutlich geringeres Maß, als man dies z.B. bei einer typischen Suche im Web gewohnt ist. Es existieren aber durchaus elektronische Patientenakten (EPA), die verteilt in verschiedenen Organisationen gespeichert werden und tatsächlich mehrere hundert Einzeldokumente pro Patient enthalten. Allerdings ist – im Gegensatz zu einer Informationssuche in großen Datensammlungen wie dem Web – die Erwartung an die zur Beschreibung der Güte eines Information Retrieval üblichen Maße *Recall* und *Precision* (siehe Textbox) bei einer Suche im medizinischen Umfeld jedoch ungleich höher. Zudem ist es von entscheidender Bedeutung, dass

den Ärztinnen und Ärzten alle zur Behandlung notwendigen Unterlagen innerhalb kürzester Zeit zur Verfügung stehen, denn oft – zum Beispiel bei einem Notfall – ist die Zeit für die Sichtung des Datenmaterials sehr knapp bemessen.

Um die Ärztinnen und Ärzte bei ihrer Tätigkeit effektiv durch Informationssysteme zu unterstützen, ist häufig eine einfache Datenbank- bzw. Textsuche nicht ausreichend. Ausschlaggebend dafür ist, dass ein großer Teil der notwendigen Information, um eine entsprechende Auswahl treffen zu können, nur in Form von Text vorliegt – das ist die übliche elektronische Entsprechung medizinischer Freitexte [1]. Eine Unterstützung durch Expertensysteme ist daher ohne vorhergehende Aufarbeitung dieser Dokumente praktisch nicht möglich. Zwar enthalten Patientenakten auch derzeit Codes, unter anderem für Diagnose oder erbrachte Leistungen, diese bilden jedoch nur einen sehr kleinen Teil der tatsächlich vorhandenen Information ab. Einerseits weil Codierungen in der Routine oft primär aus verwaltungstechnischen Gründen, wie etwa Verrechnung oder Controlling, erfolgen, andererseits da jede Abbildung auf ein standardisiertes Begriffssystem einen Informationsverlust bedeutet.

Ein wichtiger Schritt, um medizinische Befundtexte vollinhaltlich zu erschließen ist die Extraktion der darin enthaltenen

DOI 10.1007/s00287-007-0139-7
© Springer-Verlag 2007

Andreas Holzinger · Regina Geierhofer · Maximilian Errath
Institut für Medizinische Informatik,
Statistik und Dokumentation,
Medizinische Universität Graz, Research Unit „Hci4med“
E-Mail: andreas.holzinger@meduni-graz.at,
regina.geierhofer@meduni-graz.at,
maximilian.errath@meduni-graz.at

Zusammenfassung

Dieser Artikel beschreibt einige Erfahrungen und typische Problemstellungen mit Textmining in der Medizin und gibt einen Einblick in aktuelle und zukünftige Herausforderungen in Forschung & Entwicklung. Interessant ist nämlich, dass auch im „Multimedia-Zeitalter“ die meiste Information immer noch als „Text“ vorliegt. Mithilfe von statistischen und linguistischen Verfahren wird mit sogenannter „Textmining-Software“ versucht, aus Freitexten Information „heraus zu schürfen“ (deshalb „Textmining“). Allerdings ist es damit noch nicht genug. Der nächste Schritt besteht darin, die Information sowohl nutzbar als auch brauchbar zu machen. Die jeweiligen End-Benutzerinnen und End-Benutzer müssen in die Lage versetzt werden, auf der Basis der gewonnenen Information deren Wissen zu erweitern. In unserem konkreten Fall sollen damit Entscheidungen im Rahmen ärztlichen Handelns unterstützt werden. Problemlösungen in diesem Bereich erfordern eine holistische Sicht- und Herangehensweise. Daher wird es immer wichtiger, Erkenntnisse aus Informatik und Psychologie zusammenfließen zu lassen und auf systemischer Ebene technologisch umzusetzen.

medizinischen Aussagen. Diese Fakten können auf ein geeignetes Begriffssystem abgebildet werden und mit jenen aus Verwaltungs- und Verrechnungsdokumentation stammenden medizinischen Codes kombiniert werden. Wenn diese semantische Informationsextraktion abgeschlossen ist, muss in einem letzten informationstechnischen Schritt eine entsprechende Präsentationsform (Informations-Präsentation) für die Interaktion zwischen Ärztinnen bzw. Ärzten und System entwickelt werden, also zwischen den End-Benutzern und der Benutzerschnittstelle (Informations-Interaktion).

Problemstellung und Motivation für diese Arbeit

Das Institut für medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation (IMI) der Medizinischen Universität Graz (MUG) beschäftigt sich bereits seit mehr als zwei Jahrzehnten mit medizinischer Routedokumentation innerhalb des Universi-

tätsklinikums Graz (einer der größten Kliniken in Europa) und den verbundenen steiermärkischen Krankenanstalten (Einzugsgebiet rund 1,6 Millionen Menschen). Durch die Implementierung eines sehr umfassenden Krankenhaus-Informationssystems (KIS) steht allen Ärztinnen und Ärzten innerhalb dieses Krankenhausverbundes heute eine organisationsübergreifende elektronische Patientenakte mit Daten aus mehr als 25 medizinischen Einrichtungen zur Verfügung. Darüber hinaus enthält diese EPA auch Befunde aus mehr als 20 Jahren klinischer Routedokumentation, die insbesondere für die wissenschaftliche Arbeit innerhalb des Universitätsklinikums von großem Interesse ist.

Elektronische Patientenakten sind üblicherweise patientenorientiert, d.h., das primäre Suchkriterium ist die Patientenidentifikation. Ein Ansatz für die Umsetzung einer organisationsübergreifenden EPA ist folglich die Realisierung eines *Master Patient Index*, der – zu einer gegebenen Patientenidentifikation – Verweise auf die jeweiligen Informationssysteme, die Daten zu der Patientin oder dem Patienten enthalten, bereitstellt. Wenn diese EPA jedoch auch unter Einsatz eines Master Patient Index und eines beschränkten Suchzeitraumes mehrere hundert Dokumente enthält, ist es in Hinblick auf eine effiziente Sichtung des Datenmaterials durchaus sinnvoll, weitere Einschränkungen zuzulassen (zum Beispiel „nur die relevanten Dokumente in Bezug auf ein bestimmtes Erkrankungsbild“). Um dies zu verdeutlichen zeigt Abb. 1 das typische Bild einer Einstiegsmaske (nicht einen worst-case) für eine Ärztin bzw. einen Arzt. Zu diesem rund 2 1/2-jährigen Patienten *existieren bereits mehr als 300 Dokumente*, wobei diese Einstiegsmaske kaum Rückschlüsse auf den medizinischen Inhalt der Dokumente zulässt.

Typische medizinische Szenarien in denen eine inhaltliche Erschließung der Dokumente sinnvoll ist, um möglichst schnell eine Übersicht über die medizinische Sachlage zu gewinnen, sind ein Notfall oder die ambulante Behandlung insbesondere chronisch kranker Patienten. In beiden Fällen ist die Zeit für die Sichtung des Datenmaterials sehr knapp bemessen, die Fülle der Dokumente jedoch sehr groß. In solchen Fällen würde natürlich eine optimale Darstellungsform, welche die relevantesten Befunde in deutlich gekennzeichnete Form darstellt, eine wesentliche Beschleunigung und Erleichterung für die handelnden Ärzte darstellen.

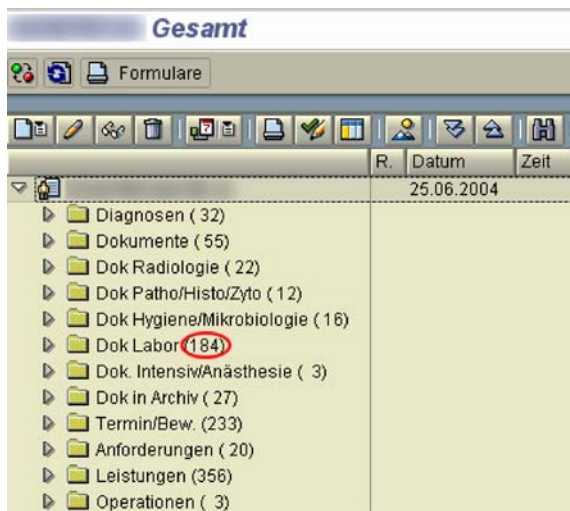


Abb. 1 Ausschnitt aus der elektronischen Krankenakte eines 2 1/2-jährigen Patienten mit über 300 (!) Dokumenten

Aufgrund des hohen Anteils von relevanter Information, die in Form von Text gespeichert ist, genügt es allerdings nicht immer, sich auf die Auswertung strukturierter Daten zu beschränken. Im Besonderen ist dies der Fall, wenn kein zusammenfassender Arztbrief vorliegt (z.B. vor Erstellung desselben, im ambulanten und im niedergelassenen Bereich).

Textanalyse

Das wichtigste Kommunikationsmittel in der Patientenbehandlung ist – nach dem gesprochenen Wort – das geschriebene Wort, wobei durch das im ärztlichen Bereich übliche Diktat der Übergang aus Sicht der Ärztinnen und Ärzte fließend ist. Alle wichtigen Dokumente der Patientenakte enthalten zumindest einen gewissen Anteil an Freitext. So einfach und intuitiv Freitexte auch bei der Erfassung sein mögen – eine computerunterstützte *Analyse* wird durch sie jedoch enorm erschwert [2, 14].

Ein möglicher Lösungsansatz dafür ist die Codierung, beziehungsweise die „Beschlagwortung“ der in den Freitexten enthaltenen Information. Im Gegensatz zur Alltagssprache bieten sich hier für die medizinische Fachsprache eine Vielzahl vorhandene und kontrollierter Vokabularien, Klassifikationen oder Nomenklaturen an. Gerade hier hat die Medizin eine lange Tradition, teilweise mit weltweit akkordierten Schemata [9], wie beispielsweise das Unified Medical Language System (UMLS), als größter Metathesaurus mit über 140 erfassten Begriffssystemen

(vgl. Abb. 2). Viele dieser Begriffssysteme bieten verschiedene Möglichkeiten, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen medizinischen Begriffen herzustellen. In Abb. 2 ist ein Ausschnitt aus dem semantischen Netz zu sehen, das die in der UMLS enthaltene Information repräsentiert. Eine andere Form der Informationsrepräsentation ist in Abb. 4 zu sehen. Dort handelt es sich um einen Ausschnitt aus der medizinischen Ontologie „openGALEN“ und eine Informationsrepräsentation, welche die verschiedenen Arten der möglichen Relationen stärker in den Vordergrund stellt.

Die Probleme bei der semantischen Analyse von Befunden liegen also weniger im Fehlen von Begriffssystemen, sondern in relativierenden und mehrdeutigen Ausdrucksformen, sowie in nicht vereinheitlichten Abkürzungen. Selbst ein ganzer Satz kann – ohne Betrachtung seines Kontextes – mehrere sehr unterschiedliche Bedeutungen haben. So sind zum Beispiel für den aus dem klinischen Alltag stammenden Satz „Bei der Aufnahme kam es zu Störungen“ im medizinischen Umfeld mindestens die drei folgenden Interpretationsmöglichkeiten zulässig:

1. Bei der verwaltungstechnischen Aufnahme an der Klinik kam es zu Störungen (etwa: weil der Vater nicht wollte, dass sein Kind für die Krebsbehandlung aufgenommen wird, sich schlussendlich aber doch durch die Ärztinnen und Ärzte überzeugen ließ).
2. Bei der Bild-/Tonaufnahme kam es zu Störungen (z.B. weil bei der radiologischen Aufnahme jemand hereinkam und die Patientin sich bewegte oder weil das Aufzeichnungsgerät defekt war).
3. Bei der Aufnahme einer Substanz kam es zu Störungen (z.B. nach einer Operation).

Alle drei Tatsachen können relevant sein, aber nur die dritte Interpretation würde eine Codierung gemäß der internationalen Klassifikation der Krankheiten (ICD) erlauben. Jedoch wären selbst in der länderunspezifischen Variante dieser Klassifikation (ICD-WHO-2006) mindestens vier mögliche Codes denkbar, die nur durch Analyse des Kontextes auflösbar sind.

Eine Analyse solcher medizinischer Texte kann sich also, selbst bei syntaktisch und orthografisch korrekten Inhalten, *nicht* auf das einfache klassische Informationsretrieval mittels Suche nach Worten und Wortbestandteilen beschränken. Hier müssen wir die *medizinische Bedeutung* des jeweiligen

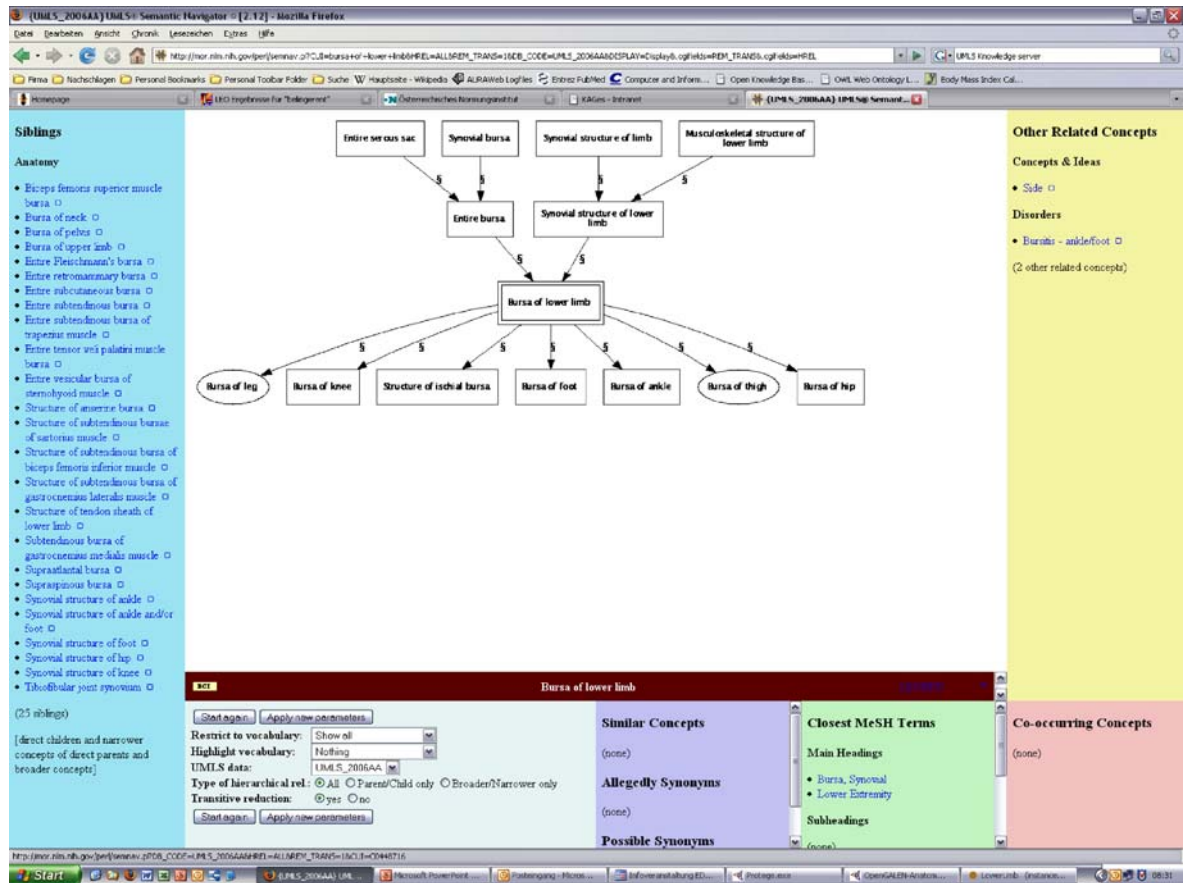


Abb. 2 Ein Beispiel für einen typischen Ausschnitt aus dem Metathesaurus UMLS (siehe: <http://umlsk.nlm.nih.gov>) dargestellt mit dem SemanticNavigator

Begriffs und vor allem den *Kontext* zwingend mit einbeziehen. Erst dadurch kann eine semantische Suche optimal unterstützt werden.

Typische Verfahren

Die derzeit angewandten Verfahren umfassen viele verschiedene Methoden der medizinischen Informatik. Diese unterscheiden sich technisch gesehen nicht wesentlich von den in anderen Domänen angewandten Methoden. Meistens handelt es sich um die Anwendung von Algorithmen aus den Gebieten der Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing (NLP)), des Information Retrievals und des maschinellen Lernens. Als informationstechnische Strukturen werden einfache Strukturen wie CSV-Dateien (beispielsweise als Input für maschinelles Lernen), aber auch relationale Datenbanken und Topic Maps verwendet.

In einem ersten Schritt werden die strukturierten Anteile der in Form semistrukturierter Daten-

bestände vorliegenden Patientenakten verarbeitet. Hier kann mit den klassischen Methoden des Data-minings gearbeitet werden. Eine Überprüfung der Datenqualität und Datenplausibilität ist sinnvoll, weil es nicht unüblich ist, dass Datenbestände, auch wenn sie bereits in strukturierter Form vorliegen, unvollständig bzw. nicht nachvollziehbar sind. Mindestens zwei Gründe sind nach unserer Erfahrung dabei von ausschlaggebender Bedeutung: Die nicht-intuitive Gestaltung des User-Interfaces und die Priorität des ärztlichen Handelns vor jeglicher Datenerfassung. Für Ärztinnen und Ärzte liegt naturgemäß die Priorität grundsätzlich nicht in der Datenerfassung, sondern in der medizinischen Tätigkeit.

Ist die Qualität der Daten überprüft, plausibilisiert und auf das gewünschte Schema abgebildet, dann werden in einem nächsten Schritt, die nicht in strukturierter Form vorliegenden Daten verarbeitet. Um aus diesen Daten die Information zu extrahieren ist es notwendig die üblichen Schritte des

Textminings zu vollziehen, wie diese in der Literatur (z.B. [4]) beschrieben sind.

Texte, die aus der täglichen klinischen Routine kommen und keinem systematischen, sprachlichen Reviewprozess mehr unterliegen, erfordern einige Arbeitsschritte mehr, als beispielsweise Artikel aus wissenschaftlichen Zeitschriften. Welche Schritte notwendig sind, und wie diese im Detail zu erfolgen haben, hängt von der Art und Qualität des Ausgangsmaterials und der weiteren Verarbeitung bzw. Nutzung ab. Dies unterscheidet medizinische Texte jedoch nicht grundsätzlich von anderen, hinsichtlich Orthografie und Grammatik nicht kontrollierten schriftlichen Aufzeichnungen (wie beispielsweise Newsgroups, Blogs, Wikis, Leserbriefe usw.).

Einiges sollte jedoch stets in Erinnerung gerufen werden:

- Der Großteil einer Krankenakte wurde nie auf sprachliche Schwächen hin überprüft. Orthografische Mängel sind in der klinischen Routine an der Tagesordnung, grammatikalische nicht selten und sinnzerstörende „Verschreiber“ nicht ausgeschlossen. Dies ist auch weiter nicht verwunderlich, da aufgrund der mehrheitlich internen Verwendung der Aufzeichnungen, der Dokumentcharakter in der täglichen Routine in den Hintergrund tritt. Solange der Text verständlich ist, gibt es keinen zwingenden Grund sich mit der Sprache auseinanderzusetzen. Für die Erkennung einfacher Fehler wie die verschiedenen auftretenden Varianten eines Wortes (Kjarzinom ↔ Karzinom ↔ Karzimon)

können Ähnlichkeitsmaße wie die Levenshtein-Distanz [12] herangezogen werden, sinnzerstörende Formulierungen wie „aufgrund eines EDV-Fehlers wird Kahnbeinserie links angezeigt, es wurde aber Kahnbeinserie links durchgeführt“ können jedoch in der Regel nicht aufgelöst werden.

- Medizinerinnen und Mediziner kombinieren grundsätzlich verschiedene Sprachen innerhalb eines Schriftstücks, insbesondere Latein, Deutsch und Englisch. Rein formal muss daher ein multilingualer Ansatz gewählt werden.
- Die Anzahl der computerlinguistisch verwendbaren größeren, deutschsprachigen Korpora der medizinischen Sprache ist sehr beschränkt [3].
- Abkürzungen werden sehr häufig verwendet: Da die medizinische Sprache eine Fachsprache ist, verfügt sie auch über ihr eigenes Vokabular. Das Problem dabei ist aber, dass dieses Vokabular sehr stark lokal variiert. Dieses ohnehin abweichende Vokabular wird zusätzlich – vor allem in der internen Dokumentation – gerne abgekürzt. So können ganze Befunde zu schwer lesbaren „Telegrammen“ mutieren. Eine typische Formulierung aus unserer Routinebefundung stammend, soll dies verdeutlichen: „Ca. 2 x 1 cm, große ovaläre Verschattung im UF li. Rez. re. lat. frei, li. teiladhärent.“

Solche Formulierungen sind für die maschinelle Handhabung problematisch – auch wenn diese für einschlägig geschulte Medizinerinnen und Mediziner durchaus leicht zu interpretieren sind (vgl. Abb. 3).

Radiologischer Befund

angelegt am 06.05.2006/20:28
geschr. von
gedruckt am 17.11.2006/08:24
Anfo: NCHIN

Kurzanamnese: St.p. SHT

Fragestellung: -

Untersuchung: Thorax eine Ebene liegend

SB

Bewegungsartefakte. Zustand nach Schädelhirntrauma.

Das Cor in der Größennorm, keine akuten Stauungszeichen. Fragliches Infiltrat parahilär li. im UF, RW-Erguss li.

Zustand nach Anlage eines ET, die Spitze ca. 5cm cranial der Bifurkation, lieg. MS, orthotop positioniert. ZVK über re., die Spitze in Proj. auf die VCS. Kein Hinweis auf Pneumothorax. Der re. Rezessus frei.

Mit kollegialen Grüßen

*** Elektronische Freigabe durch am 09.05.2006 ***

Abb. 3 Beispiel für einen typischen Thoraxbefund aus der klinischen Routine

Manche dieser Abkürzungen sind tatsächlich relativ unkritisch, da sie eben nicht Homonyme (d.h. identische Bezeichnungen für unterschiedliche Begriffe) medizinischer oder allgemeingebräuchlicher Worte und Abkürzungen sind. Allerdings ist eine sehr große Anzahl davon homonym und daher *nur im kontextuellen Zusammenhang sicher auflösbar*. In Kombination mit einer inkonsistenten Verwendung von Satzzeichen und alternierenden Schreibweisen kann die Situation weiter erschwert werden. Einige Beispiele dazu:

- SARS (Schweres akutes respiratorisches Syndrom) oder KHK (koronare Herzkrankheit) sind innerhalb der medizinischen Fachsprache und der in medizinischen Dokumenten zu erwartenden Alltagssprache üblicherweise nicht homonym und daher leicht ohne Kontext auflösbar. Auch das im obigen Befund erwähnte VCS (vena cava superior) fällt in diese Kategorie.
- ADS (Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom oder akutes Durchfallsyndrom) bzw. HWI (Harnwegsinfekt oder Hinterwandinfarkt) sind innerhalb der medizinischen Sprache homonyme Abkürzungen. In der Abb. 3 wäre SB (Strahlenbelastung, Schnellbefund, Schlüsselbein, Schienbein usw.) ein solches Beispiel.
- ca. (circa), Ca. (Karzinom) und Ca (Kalzium) bzw. dm (Dezimeter), Dm (Durchmesser) und Dm (Diabetes mellitus) sind homonyme Abkürzungen zwischen Alltagssprache und medizinischer Fachsprache. Durch einen einzigen „kleinen Tippfehler“, kann jedoch aus dem Satz „Geschwulst, ca. 3 cm groß“, folgender Satz werden: „Geschwulst, ca 3 cm groß“ und schon ist es für ein Analysewerkzeug durch reinen lexikalischen Vergleich nicht mehr sicher zu entscheiden, ob es sich hier um einen Karzinombefund handelt, um eine ungefähre Größenangabe oder eine Erwähnung von Kalzium. Durch Anwendung der oben erwähnten Levenshtein-Distanz wäre Karzinom die am weitesten entfernte Wahl, durch statistische Methoden wäre die Frage nur nach Fachdisziplin zu klären. Schließlich kann aber nur durch den Kontext, z.B. „Tastbefund: Geschwulst, ...“ eine sichere Entscheidung zugunsten des Wortes „circa“ gefällt werden.
- In der Medizin werden von automatisiert, im Hintergrund ablaufenden Prozessen sehr hohe und stabile Erkennungsraten verlangt. Betrachten wir nochmals unser letztes Beispiel, in dem die Variation eines einzigen Zeichens, den kompletten Sinn und damit die medizinischen Auswirkungen drastisch verändern kann, dann wird die Skepsis der Medizinerinnen und Mediziner gegenüber von ihnen

nicht kontrollierbaren informationstechnischen Verfahren verständlich.

Solange es sich dabei noch um relativ kleine Datenmengen handelt – viele medizinische Studien fallen beispielsweise in diese Kategorie – können maschinelle Schritte durchaus entfallen und durch eine manuelle Beschlagwortung ersetzt werden. Allerdings wird bei größeren Datenmengen der Einsatz von Werkzeugen unumgänglich und in einem Krankenhaus, wo größte Datenmengen anfallen nahezu zwingend erforderlich. Hier können Werkzeuge aus dem Gebiet des Textminings gute Dienste leisten. Dazu ist es zunächst erforderlich, dass während der Informationsextraktion die durch das Textmining erkannten sprachlichen Einheiten auf ihre medizinische Bedeutung hin abgebildet, und im entsprechenden medizinischen Schema eingeordnet werden. Dazu sind allerdings noch zwei Teilschritte notwendig:

Einerseits muss festgelegt werden auf welches formale Begriffssystem die sprachlichen Begriffe abgebildet werden, wie schon erwähnt, verfügt die Medizin über ein breites Spektrum an Begriffs- und Ordnungssystemen. Im Unterschied zu manchem anderen Gebiet sind viele dieser Systeme weit verbreitet – aber keines jedoch allgemeingültig! In der Medizin ist die Auswahl des Ordnungssystems großteils vom Einsatzzweck und schließlich von den lokalen Gewohnheiten abhängig. Der Großteil solcher Ordnungssysteme ist auch mehr oder weniger hierarchisch gebaut und stellt im Normalfall keine Ontologie dar. Eine der bekanntesten Ausnahmen ist wohl die aus GALEN bzw. openGALEN (vgl. Abb. 4) hervorgegangene Ontologie CORE [17, 19–21, 24].

Andererseits müssen unscharfe medizinische Ausdrücke „irgendwie greifbar“ gemacht werden. Was bedeuten beispielsweise Begriffe wie „groß“, „hochgradig“, „atypisch“ oder „altersgerecht“ im konkreten Fall, beziehungsweise worauf können sie im konkreten Ordnungssystem tatsächlich abgebildet werden. Auch Phrasen wie „im Übrigen o.B.“ oder „kein sicherer Hinweis auf“ sind nicht ohne weiteres mit „gesund“ gleichzusetzen.

Spätestens hier beginnt das weite Feld der Informationsinterpretation. Damit stellt sich zwangsläufig auch die Frage, in wie weit Informationssystemen die Interpretation von medizinischen Texten überhaupt erlaubt werden soll.

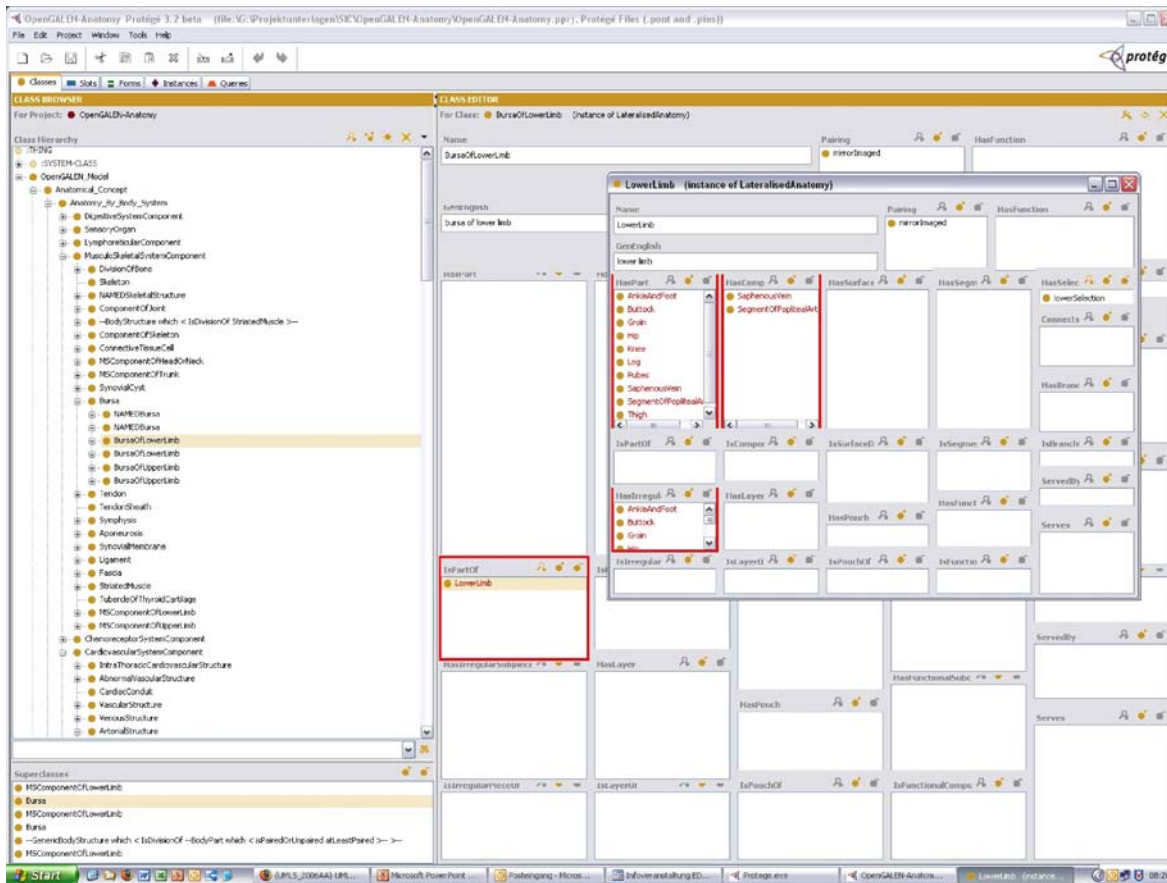


Abb. 4 Ein Beispiel für einen typischen Ausschnitt aus der Ontologie „OpenGALEN – Anatomy“ (<http://www.opengalen.org>), dargestellt mit Protege (<http://protege.stanford.edu>)

Um die aus den Daten heraus gewonnene Information nun den Medizinerinnen und Medizinern zur Unterstützung ihrer ärztlichen Handlung entsprechend zur Verfügung zu stellen, fehlt noch der letzte und entscheidende Schritt: die *Präsentation* dieser Information unter Berücksichtigung der Kriterien Benutzbarkeit (Usability) und Brauchbarkeit (Utility). Benutzbarkeit impliziert dabei dass Informationssysteme die End-Benutzer optimal dabei unterstützen, ihre gewünschten Arbeitsabläufe zu erledigen. Oft als Benutzerfreundlichkeit bezeichnet, enthält dies Aspekte wie Verständlichkeit, Erlernbarkeit und Bedienbarkeit (siehe Textbox). Benutzbarkeit stellt einen Teilaspekt von Brauchbarkeit dar. Interessant ist dabei, dass diese Aspekte und auch das Vorgehen dafür im Prinzip bekannt sind – aber in der Praxis erstaunlich selten eingehalten werden [23].

Hier ist die Sichtweise der Kognitionswissenschaft hilfreich: Daten stellen lediglich die

physikalischen Entitäten auf syntaktischer Ebene dar. Durch entsprechende Verarbeitung dieser Daten unter Berücksichtigung des semantischen Kontexts entsteht Information. Diese Information muss so präsentiert werden, dass diese nicht nur über die menschlichen Sinneskanäle leicht wahrgenommen und aufgenommen wird, sondern dass auch die *kognitive* Informationsverarbeitung so begünstigt wird, dass der Prozess der Überführung von Information in menschliches Wissen unterstützt wird. Unter Einbindung entsprechenden Vorwissens kann dann auf der Grundlage der präsentierten Information neues Wissen entstehen, dass schließlich auf pragmatischer Ebene wiederum die Grundlage für eine entsprechende Entscheidungsfindung ist [5].

Es ist leicht einzusehen, dass eine auf die Medizinerinnen und Mediziner in ihrem Arbeitskontext *adaptierte*, maßgeschneiderte und entsprechend den Grundprinzipien der *menschlichen Infor-*

mationsverarbeitung gestaltete Präsentation der Information wesentlich zur Unterstützung des ärztlichen Handelns beitragen kann. Aus Entwicklersicht erfordert dies den Mut zu einer *ganzheitlichen* Sichtweise und vor allem eine genaue Kenntnis über Arbeitsverhalten und Kontext und damit die Einbeziehung der End-Benutzerinnen und End-Benutzer in die Entwicklung [6, 7]. Gerade an der Nahtstelle zwischen Mensch und Information gibt es eine Vielzahl von Problemstellungen zu berücksichtigen, deren Lösung aber wesentlich zum nachhaltigen Erfolg und zur Akzeptanz auf Benutzerseite führt. Neben den typischen Usability-Problemen wie schlechte Lesbarkeit, komplizierte und umständliche Bedienung, schlechter Ergonomie usw., bezeichnete Jakob Nielsen [16] unter Bezugsname auf [10] das Problem des *Memory Overload* der End-Benutzerinnen und End-Benutzer als vorrangig. Dieser Effekt entsteht, wenn Menschen mit zu viel und vor allem mit *irrelevanten*, ja sogar ablenkenden Informationen konfrontiert werden. In der Psychologie können Effekte solcher Art durch die *Cognitive Load Theory* [22] erklärt und vor allem weiter untersucht werden. Dieses Prinzip, basierend auf der Limitierung des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses, ist wohl das vordergründigste Problem in der gesamten Informationsverarbeitung, respektive in der medizinischen Informationsverarbeitung bzw. bei medizinischen Informationssystemen. Denn tatsächlich steigt die Informationsflut – nicht nur in der Medizin – ständig an, technologisch sprechen wir von Information Overload [18]. Ständig wird mehr und mehr Information verfügbar, während aber die *kognitive Verarbeitungskapazität des Menschen* im selben Zeitraum *nicht* in diesem Ausmaß steigt [13]. Daher ist eine Minimierung bzw. Optimierung der kognitiven Belastung und damit das Unterstützen der End-Benutzer hinsichtlich einer raschen Erfassung der relevanten Information ein vordergründiges Ziel. Die Form der Informationspräsentation und die Art dieser Unterstützung hängen dabei zu einem erheblichen Teil vom Arbeitsverhalten, vom Arbeitsumfeld und naturgemäß auch von der vorhandenen IT-Systemlandschaft ab. Um die erwähnte ganzheitliche Sichtweise zu ermöglichen, muss das Arbeitsverhalten der End-Benutzer genau untersucht werden und die Erfahrungen und experimentellen Ergebnisse aus dem „real-life“ müssen auf systemischer Ebene wieder in die Informatik-Entwicklung einfließen [8].

Werkzeuge zur Analyse medizinischer Texte

Ein Unterscheidungsmerkmal für Werkzeuge zur semantischen Analyse medizinischer Texte ist ihr ursprünglicher Hauptanwendungsbereich. Interessant ist nämlich, dass einige dieser Werkzeuge anfangs vorwiegend in der Verrechnungs- und Verwaltungsdokumentation eingesetzt wurden. Andere stammen eher aus dem Gebiet der Dokumentenrecherche. Typische Vertreter der ersten Gruppe wären „Semfinder“ (Semfinder AG Semantic Technologies) oder „ID DIACOS“ (ID Berlin); ein typischer Vertreter der zweiten ist „Morphosaurus“ (Medizinische Informatik Freiburg) [15].

Die Wissensbasis der aus der Routine stammenden Werkzeuge basiert auf jahrelanger Erfahrung mit der Medizinischen Dokumentation, wie diese im klinischen Umfeld üblich ist. Lokale Ausprägungen der Sprache mussten dabei ebenso berücksichtigt werden, wie die regionale Gesetzgebung und naturgemäß das Regelwerk des jeweiligen Finanzierungssystems. Aus diesem engen Zusammenhang mit dem Betrieb eines Krankenhauses heraus, sind solche Werkzeuge üblicherweise in jenen Bereichen besonders ausgereift, in denen das jeweilige Finanzierungssystem seine Schwerpunkte setzt.

Die zweite Gruppe von Werkzeugen arbeitete ursprünglich mit Texten aus dem wissenschaftlichen Umfeld. Diese Texte wurden im Vorfeld der Veröffentlichung gegengelesen, einem Peer-Review unterzogen und editiert und daher natürlich auch implizit auf ihre syntaktische Korrektheit hin überprüft. Das Ausgangsmaterial hat daher eine wesentlich höhere Qualität. Da wissenschaftliche Publikationen per se für einen überregionalen Leserkreis bestimmt sind, weisen solche Texte auch weitaus geringere regionale Unterschiede auf, als jene Texte aus der klinischen Routine und Patientenbehandlung. Naturgemäß bieten Texte der zweiten Gruppe weitaus bessere Voraussetzungen für eine Beschlagwortung usw., als Texte aus dem medizinischen Alltag.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Breite des Ansatzes. Hier stehen die Implementierungen, welche sich bewusst auf einen Ausschnitt der möglichen Dokumente bzw. Inhalte beschränken, denen mit einem umfassenden Ansatz gegenüber. Zum Beispiel ermöglicht „Semfinder“

auf Grundlage von Satzfragmenten – vornehmlich interaktiv, wenn gewünscht aber auch im Hintergrund – eine Diagnosencodierung und bezieht andere Aspekte wie beispielsweise Leistungen, Medikamente oder den Beruf des Patienten nur insoweit ein, als dieser für die Diagnosencodierung von Bedeutung ist. Andere Programme beschäftigen sich zum Beispiel auch nur mit der Beschlagwortung biomedizinischer Texte oder der Annotierung von Bildmaterial. Produkte wie das im Zusammenhang mit „ID DIACOS“ stehende „ID Tasmed“ schließen hingegen von vornherein kein Dokument bzw. keinen Aspekt medizinischer Dokumentation aus. Ziel ist es, die Patientenakte in ihrer Gesamtheit zu erschließen.

Zur Differenzierung können auch die unterschiedlichen computerlinguistischen Verfahren

herangezogen werden, die zur Analyse der natürlichen Sprache eingesetzt werden.

Hier gibt es Werkzeuge, die auf einen spezifischen Korpus zurückgreifen können (z.B. den schon erwähnten MorphoSaurus). Weiters die Werkzeuge die mit semantischen Netzen bzw. Ontologien arbeiten (z.B. ID DIACOS). Aber auch regelbasierte Ansätze liefern – insbesondere wenn das abzudeckende Gebiet verhältnismäßig klein ist – unserer Erfahrung nach durchaus zufrieden stellende Ergebnisse.

Ausblick

Im Zuge der Weiterentwicklung der organisationsübergreifenden, vernetzten Patientenakte (Stichwort: e-Health) ist damit zu rechnen, dass die semantische Erschließung der medizinischen

Textbox: Glossar

Precision: *Genauigkeit* eines Suchergebnisses; definiert als der Anteil der gefundenen relevanten Dokumente zu allen bei der Suche gefundenen Dokumenten.

Recall: *Vollständigkeit* eines Suchergebnisses; definiert als Anteil der bei einer Suche gefundenen relevanten Dokumente an den relevanten Dokumenten der Grundgesamtheit. Für die Evaluierung von Information Retrieval Systemen müssen Recall und Precision zusammen betrachtet werden. Im Allgemeinen sinkt mit steigendem Recall (mehr relevante Treffer) die Precision (mehr irrelevante Ergebnisse) und umgekehrt sinkt mit steigender Precision (weniger irrelevante Ergebnisse) der Recall (mehr relevante Dokumente, die nicht gefunden werden), es besteht also eine negative Korrelation [2].

Semantische Netze und Ontologien: Formen der Wissensrepräsentation, die in gewissem Umfang Schlüsse über Begriffe und deren Beziehung zueinander zulassen [3].

Wissen: Wissen hat eine sehr unterschiedliche Definition, abhängig vom jeweiligen Standpunkt, Kontext und Fachgebiet. Im weiteren Sinn wird alles, was Menschen zur Entscheidungsfindung zugrunde legen, als Wissen bezeichnet, wobei es sich in der Psychologie um *kognitiv verarbeitete* und durch z.B. in Form von mentalen Modellen im Gedächtnis organi-

sierter *Information im menschlichen Gedächtnis* handelt [5]. In der medizinischen Informatik wird auch zwischen patientenspezifischer Information (gilt nur für einen konkreten Patienten) und allgemeingültigem Wissen (gilt für alle Patienten) unterschieden [1]. Zur Entscheidungsfindung in der Medizin ist beides erforderlich. Der Lernprozess, der zum Wissen führt, wird von Nonaka & Takeuchi (1995) [6] auch als „Knowledge Conversion“ bezeichnet, und wird in diesem Sinne auch in der Fachliteratur zur Medizinischen Informatik aufgegriffen [4, 7].

Literatur zur Textbox:

1. Beale, T.: Archetypes and the EHR. In: Blobel, B., Pharow, P. (Hrsg.) *Advanced Health Telematics and Telemedicine*. IOS Press (2003), S. 238–244
2. Blair, D., Maron, M.E.: An evaluation of retrieval effectiveness for a full-text document-retrieval system. *Commun. ACM* 28(3), 289–299 (1985)
3. Doms, A., Vaida, J., Lambrix, P., Schroeder, M., Wächter, T.: *Ontologies and Text Mining as a Basis for a Semantic Web for the Life Sciences*. In: *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 4126. Berlin: Springer (2005), S. 164–183
4. Lenz, R., Reichert, M.: *IT Support for Healthcare Processes*. In: *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3649. Berlin: Springer (2005), S. 354–363
5. Minsky, M.: *A Framework for Representing Knowledge*, In: Winston, P.H. (Hrsg.) *The Psychology of Computer Vision*. New York: McGraw-Hill (1975), S. 211–277
6. Nonaka, I., Takeuchi, H.: *The Knowledge-Creating Company*. Oxford (UK): Oxford University Press (1995)
7. Stefanelli, M.: Knowledge and Process Management in Health Care Organizations. *Methods Inf. Med.* 43(5), 525–535 (2004)

Dokumentation immer mehr an Bedeutung gewinnen wird. Die Synergien mit dem Bereich des „Semantic Web“, insbesondere bei Basiswerkzeugen (Tokenizer, Visualisierungstools usw.), werden hier wohl die Entwicklung weiter beschleunigen. Ähnlich wie im World Wide Web, wäre in diesem „World Wide Health Net“ eine Suche gezielter möglich. Neben dieser Verbesserung der Suche an sich, ist aber auch die Verwendung von Informationen in Expertensystemen in einem deutlichen größeren Umfang als bisher möglich. Mögliche Anwendungsbereiche sind hier zum Beispiel ein „Rating“ von medizinischen Dokumenten nach ihrer Relevanz bezüglich einer ganz konkreten Fragestellung. Die oben beschriebene Vorgangsweise, um aus einer semistrukturierten Patientenakte eine maschinell verarbeitbare Datenbasis zu machen sind ein wichtiger Schritt auf diesem Weg. Der zweite Bestandteil ist jedoch das Expertenwissen, über die Relevanz verschiedener Kombinationen von Beobachtungen und Befunden für das jeweilige medizinische Problem. Es existiert hier bis dato kein allgemeingültig festgelegtes Regelwerk, welches die Kennzeichen eines relevanten Befundes festlegt.

Es ist unumgänglich das vorhandene Expertenwissen für den jeweils betrachteten Bereich zu erheben. Allerdings ist das Expertenwissen nicht immer einfach zu verbalisieren, und oft auch nicht oder zumindest nicht mehr bewusst vorhanden. Wir alle haben irgendetwas schon einmal mit „das sieht man einfach“ oder „das hat man so im Gefühl“ erklärt. In Zukunft wird die Kombination von bewusstem Wissen über die jeweilige Relevanz medizinischer Fakten mit dem unbewussten Wissen, das sich durch die tatsächlichen Betrachtungsmuster der Befunde äußert, immer wichtiger werden.

Über die Institution

Die Research Unit „Human-Computer Interaction for Medicine – HCI4MED“ des Instituts für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz integriert zusätzlich zur notwendigen Technologie, die benutzerzentrierten, kognitionspsychologischen Aspekte medizinischer Informationsverarbeitung.

Danksagung

Die Autoren danken den anonymen Begutachtern dieser Arbeit für ihre Kommentare und Hinweise.

Literatur

1. Gell, G., Oser, W., Schwarz, G.: Experiences with the AURA Free Text System. *Radiology* 119, 105–109 (1976)
2. Gregory, J., Mattison, J.E., Linde, C.: Naming Notes – Transitions from Free-Text to Structured Entry. *Methods Inf. Med.* 34(1–2), 57–67 (1995)
3. Hahn, U., Wermter, J.: Tagging medical documents with high accuracy. In: *Proceedings of Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence (PRICAI)*, Berlin: Springer (2004), S. 852–861
4. Hippner, H., Rentzmann, R.: Text Mining. *Informatik-Spektrum* 29(4), 287–290 (2006)
5. Holzinger, A.: *Basiswissen Multimedia Band 2: Lernen. Kognitive Grundlagen multimedialer Informations Systeme.* Würzburg: Vogel (2000) (www.basiswissen-multimedia.at)
6. Holzinger, A.: Experiences with User Centered Development (UCD) for the Front End of the Virtual Medical Campus Graz. In: Jacko, J.A., Stephanidis, C. (Hrsg.) *Human-Computer Interaction, Theory and Practice.* Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum (2003), S. 123–127
7. Holzinger, A.: Usability Engineering for Software Developers. *Commun. ACM* 48(1), 71–74 (2005)
8. Holzinger, A., Leitner, H.: Lessons from Real-Life Usability Engineering in Hospital: From Software Usability to Total Workplace Usability. In: Holzinger, A., Weidmann, K.-H. (Hrsg.) *Empowering Software Quality: How can Usability Engineering reach these goals?* Vienna: Austrian Computer Society (2005), S. 153–160
9. Klar, R., Graubner, B.: *Medizinische Dokumentation.* In: Seelos, H.-J. (Hrsg.) *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie.* Berlin, New York: deGruyter (1997), S. 13–42
10. Koppel, R., Metlay, J.P., Cohen, A., Abaluck, B., Localio, A.R., Kimmel, S.E., Strom, B.L.: Role of computerized physician order entry systems in facilitating medication errors. *JAMA-J. Am. Med. Assoc.* 293(10), 1197–1203 (2005)
11. Lenz, R., Beyer, M., Meiler, C., Jablonski, S., Kuhn, K.: Informationsintegration in Gesundheitsversorgungsnetzen. *Informatik-Spektrum* 28(2), 105–119 (2005)
12. Levenshtein, V.I.: Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Sov. Phys. J.* 10, 707–710 (1966)
13. Lewis, R.L., Vasishth, S., Van Dyke, J.A.: Computational principles of working memory in sentence comprehension. *Trends Cogn. Sci.* 10(10), 447–454 (2006)
14. Lovis, C., Baud, R.H., Planche, P.: Power of expression in the electronic patient record: structured data or narrative text? *Int. J. Med. Inform.* 58, 101–110 (2000)
15. Marko, K., Schulz, S., Hahn, U.: MorphoSaurus – Design and evaluation of an interlingua-based, cross-language document retrieval engine for the medical domain. *Methods Inf. Med.* 44(4), 537–545 (2005)
16. Nielsen, J.: Medical Usability: How to Kill Patients Through Bad Design. In: Jakob Nielsen's Alertbox, April 11, 2005, abgerufen am 28.11.2006 (2006) <http://www.useit.com/alertbox/20050411.html>
17. Nowlan, W.A., Rector, A.L., Rush, T.W., Solomon, W.D.: From Terminology to Terminology Services. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 150–154 (1994)
18. Olsen, K.A., Sochats, K.M., Williams, J.G.: Full text searching and information overload. *Int. Inf. Libr. Rev.* 30(2), 105–122 (1998)
19. Rector, A.L. (Hrsg.) *Coordinating taxonomies: Key to re-usable concept representations.* In: *Artificial Intelligence in Medicine.* Berlin: Springer (1995), S. 17–28
20. Rector, A.L., Nowlan, W.A.: The Galen Project. *Comput. Methods Prog. Biomed.* 45(1–2), 75–78 (1994)
21. Rector, A.L., Solomon, W.D., Nowlan, W.A., Rush, T.W., Zanstra, P.E., Claassen, W.M.A.: A Terminology Server for Medical Language and Medical Information-Systems. *Methods Inf. Med.* 34(1–2), 147–157 (1995)
22. Sweller, J.: Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognit. Sci.* 12(2), 257–285 (1988)
23. Prechelt, L.: *Vorlesung Anwendungssysteme Bedienbarkeit/Benutzbarkeit.* FU Berlin, http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-se/teaching/V-AWS-2005/42_Benutzbarkeit.pdf
24. Wroe, C.J., Cimino, J.J., Rector, A.L.: Integrating existing drug formulation terminologies into an HL7 standard classification using OpenGALEN. *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, 766–770 (2001)