

# Was die philosophische Ontologie zur biomedizinischen Informatik beitragen kann

Barry Smith, Dirk Siebert, Leipzig, Werner Ceusters, Belgien

## Einleitung

Die biomedizinische Forschung hat ein Kommunikationsproblem. Um die Ergebnisse ihrer Arbeit darzustellen, greifen einzelne Forschergruppen auf unterschiedliche und oft inkompatible Terminologien zurück. Für den Fortschritt der modernen Biomedizin ist die Integration dieser Ergebnisse jedoch unabdingbar.

Die Informatik hat versucht, die allerorten aus inkompatiblen Terminologien erwachsenden Hindernisse mittels einer übergreifenden Referenztaxonomie zu überwinden, in die die vielen verschiedenen Terminologien nur einmal übersetzt werden müssten. Als Lingua franca der Terminologie- und Datenbankintegration würde diese Referenztaxonomie automatisch die Kompatibilität aller auf ihrer Grundlage abgestimmten Informationsressourcen sicherstellen. Informatiker entlehnten für das vorgeschlagene zentrale Klassifikationssystem aus der Philosophie den Terminus „Ontologie“ – ohne zu ahnen, dass das Entwickeln dieser Ontologie zahlreiche in der philosophischen Ontologie seit langem diskutierte Fragen erneut aufwerfen würde.

Das Institut für formale Ontologie und medizinische Informationswissenschaft (IFOMIS)\* in Leipzig und das belgisch-US-amerikanische Softwareunternehmen Language & Computing (L&C) kooperieren, um eine Lösung für die speziellen Probleme, die sich bei der Integration medizinischer Terminologien ergeben, zu erarbeiten. Die Ontologie fließt in Software-Werkzeuge für die Verarbeitung medizinischer Texte ein und wird so den praktischen Anforderungen auf die Wirklichkeit gerichteten Handelns ausgesetzt. Dadurch geschieht etwas in der Philosophiegeschichte Einmaliges: Die Leistungsfähigkeit einer philosophischen Theorie wird empirisch überprüft.

## Inkompatible Daten – ein Beispiel

Im *Wall Street Journal* vom 13. September 2001 wurde das Projekt eines computergestützten Frühwarnsystems gegen biologische Angriffe vorgestellt. Dieses System soll in Echtzeit auf medizinische und pharmakologische Daten zugreifen, um statistisch relevante Veränderungen in den Arztbesuchen und Krankenhauseinweisungen sowie hinsichtlich der verschriebenen und gekauften Medikamente in bestimmten geographischen Gebieten erkennen und somit auf potentiell außergewöhnliche Ereignisse hinweisen zu können. Die dafür notwendigen Daten sind bereits weitestgehend in der computergestützten Warenwirtschaft von Apotheken und Drogerien sowie in den Datenbanken der Krankenversicherungen elektronisch verfügbar.

Diese Daten lassen sich jedoch nur unter erheblichem Aufwand wie angedeutet nutzen. Denn während die Technologie computergestützter Warenwirtschaftssysteme einen beeindruckenden Reifegrad erreicht hat, sind die diversen ihnen zugrundeliegenden Klassifikationssysteme, die vielfach das Ergebnis einer Kette von ad-hoc-Entscheidungen darstellen, von unproduktiver Vielfalt. Selbst mit Blick auf die begrenzte Anzahl von Arzneimitteln, die in Apotheken und Drogerien frei verkauft werden dürfen, sind die entsprechenden Daten aufgrund unterschiedlicher Kombinationen der durch Hersteller und Verkäufer verwandten Ordnungssysteme überaus unterschiedlich strukturiert und

---

\* IFOMIS wird durch die Alexander von Humboldt-Stiftung im Rahmen ihres Wolfgang-Paul-Programms, das 6. Rahmenprogramm der EU und die VW-Stiftung gefördert.

formatiert. Wenn wir versuchen, uns über all die mehr oder weniger willkürlich eingeteilten pharmazeutischen Wirkstoffgruppen und -mengen sowie ihre Dosierungen ein einheitliches Bild zu verschaffen, begegnen wir einem mühsam zu ordnenden begrifflichen Durcheinander.

## Ontologie in der Informatik

Lange Zeit erfolgte die Integration von Datenbeständen fallweise. Je zwei Datenquellen wurden manuell miteinander abgeglichen – ähnlich einer Übersetzung vom Französischen ins Hebräische oder der Entwicklung eines zweisprachigen Wörterbuchs. Erst mit der wachsenden Anzahl und Komplexität der Datenbanken kam die Idee auf, die Anstrengungen zur Lösung der immer wieder in ähnlicher Form auftretenden Probleme mittels eines einzigen Terminologiesystems als zentraler Vermittlungsinstanz zu optimieren. In diese zentrale Referenzterminologie wären all die verschiedenen, in den einzelnen Datenbanken verwandten Vokabulare nur einmal zu übersetzen.

Die potenziellen Vorteile einer derartigen Referenzterminologie sind offenkundig. Würden auf diese Art und Weise alle Daten interoperabel gemacht, bestände die Aussicht, alle bislang isoliert existierenden digitalen Quellen so zusammenzuführen, dass eine Wissensbasis unvorstellbaren Ausmaßes entsteht, die den uralten Traum von einer Großen Enzyklopädie des gesamten menschlichen Wissens Wirklichkeit werden lässt. Speziell auf dem Gebiet der Medizin bedeutete dies, dass die gewaltige Menge elektronisch verfügbarer Daten, gleichgültig ob es sich um Daten über einzelne Patienten oder um die gesamten durch die Krankenhäuser statistisch aufbereiteten Daten handelt, in eine gigantische weltumspannende klinische Studie einfließen könnte. Neue Formen rein digitaler medizinischer Forschung würden möglich, die auf der gewaltigen Verarbeitungskapazität der Computer beruhen.

Das Entwickeln einer solchen zentralen Referenzterminologie erwies sich als unerwartet schwierig. Zahlreiche in der Philosophie seit Aristoteles diskutierte Fragen wurden erneut aufgeworfen. Diese Fragen drehen sich um Universalien und Partikularien, um Eigenschaften und Relationen, um Ereignisse und Prozesse; darum, wie in einer Welt der graduellen Unterschiede überhaupt Grenzen zwischen Kategorien entstehen; darum, was 'Identität' eines Individuums über die Zeit hinweg bedeutet, wenn beispielsweise lebende Individuen ständig Teile aufnehmen und abgeben. Sind Klassen lediglich das Produkt menschlicher Einteilung, sodass Klassifikationen zwangsläufig stets interessenbestimmt sind, oder entsprechen sie autonomen Invarianten der Dinge selbst? Sind Klassen in irgendeiner Hinsicht mehr als die Gesamtheit ihrer Instanzen? Sind echte Klassen ('natural kinds') immer hierarchisch angeordnet? Kann in einer bestimmten Domäne ein System der Klassifikation der Entitäten 'korrekter' sein als ein anderes?

## Die Hindernisse

Die Erfahrung hat uns gelehrt, dass das Entwickeln einer zentralen Referenzontologie für Informationssysteme uns in ein Dilemma stürzt: Diese Ontologie müsste so einfach sein, dass sie in Computer eingespeist und verarbeitet werden könnte, und gleichzeitig so umfassend und flexibel, dass sich jeder Ausdruck, der aus den konkurrierenden Klassifikationssystemen stammt, abbilden lässt. Diese beiden Anforderungen können aus technologischen Gründen, die sich aus Fragen der Berechenbarkeit ergeben, nicht gleichzeitig erfüllt werden.

Die Informatik selbst hat darauf mit einer Reihe von Teil-Ontologien als Kompromisslösung reagiert, von denen jede auf einer anderen pragmatischen Wahl eines Strukturprinzips für eine Ontologie beruht. Ironischerweise wurden dadurch die babylonischen Zustände, denen das Ontologieprojekt ursprünglich abhelfen wollte, innerhalb der Ontologie selbst neu geschaffen. In der Medizin ist das ehrgeizige Projekt des Unified Medical Language System (<http://umlsinfo.nlm.nih.gov/>) der National Library of Medicine der USA das Paradebeispiel für ein derartiges, neu geschaffenes babylonisches

Sprachgewirr: In den Hinweisen zur Benutzung dieses Systems findet sich die Warnung, dass die verschiedenen darin enthaltenen Terminologien nicht miteinander kombiniert werden sollten, da sich sonst Widersprüche ergeben.

## Ontologie und IFOMIS

IFOMIS steht für einen neuen Ansatz, ontologische Fragestellungen zu bearbeiten. Das im Jahr 2002 innerhalb der medizinischen Fakultät der Universität Leipzig gegründete Institut arbeitet an der Wiederaufnahme des ursprünglichen Projekts einer zentralen, übergreifenden Referenzontologie.

Vorangegangene Bemühungen zum Aufbau einer Ontologie für die computergestützte Informationsverarbeitung waren pragmatisch geprägt: Sie bezogen ihre Motivation aus der Notwendigkeit, spezifische Probleme der Entwicklung von Ontologien für Softwaresysteme zu lösen, und stützten sich vorrangig auf Erkenntnisse der Forschung zur künstlichen Intelligenz und zur Wissensrepräsentation. So früher das GALEN-Projekt (<http://www.opengalen.org/>) und in jüngster Vergangenheit das sogenannte Semantic Web, das die Standardisierung der über das Internet verbreiteten Informationen und Prozesse anstrebt. Da sie aber stets direkt auf das Implementieren konkreter Software gerichtet sind, werden erhebliche Einschränkungen in der Ausdrucksstärke der verwandten Sprachen und Formalismen in Kauf genommen.

Demgegenüber endet für IFOMIS der Horizont nicht bei den pragmatischen Richtlinien der Softwareentwicklung. Vielmehr hält IFOMIS die Bewältigung der theoretischen Probleme der Ontologie mittels der aus der Philosophie bekannten Methoden der logischen Analyse für die wesentliche Voraussetzung der Entwicklung guter Terminologien und damit auch guter Softwaremodelle. Denn ohne das Verständnis der Wirklichkeit, das die philosophisch begriffene Ontologie befördert, können wir gar nicht entscheiden, ob ein bestimmtes Modell eine gute Darstellung der zugrundeliegenden Wirklichkeit ist.

IFOMIS folgt der Maxime, dass wir uns beispielsweise beim Anlegen einer Datenbank zunächst gründlich damit auseinandersetzen müssen, *was die Welt ausmacht*, die mittels dieser Datenbank abgebildet werden soll. Ontologie im philosophischen Sinne mündet folglich nicht unmittelbar selbst in implementierte Software, sondern sie dient als Kontrollinstanz für die Qualität der im Softwarelebenszyklus entwickelten Modelle. Während bislang Ontologien für Informationssysteme von bereits bestehenden Datenbanken oder Modellen ausgingen, hat für IFOMIS die deskriptive Adäquanz oberste Priorität – und damit das Streben nach nichts Geringerem als einer umfassenden Theorie der Entitäten der realen Welt an sich.

Eine solche Theorie muss dem Umstand Rechnung tragen, dass ein und dieselbe Realität aus verschiedenen Perspektiven unterschiedlich unterteilt werden kann. In diesem Sinne ist ‚Granularität‘ ein prägendes Prinzip für die Strukturierung einer Ontologie. Dementsprechend hat IFOMIS einen großen Teil seiner bisherigen Arbeit auf die Entwicklung des theoretischen Rahmens für die Behandlung multigranularer Perspektiven verwandt.

Gerade die Medizin verlangt nach unterschiedlichen Partitionen der gleichen Realität auf verschiedenen Stufen der Granularität – so wie wir den menschlichen Körper in Zellen, Gewebe, Organe oder Organsysteme unterteilen können. Eine ausreichend ausdrucksstarke Top-Level-Ontologie muss daher für die Kombination der verschiedenen Perspektiven Raum bieten – zum Beispiel für eine anatomische Ontologie sowohl auf der Ebene der Organe im menschlichen Körper als auch mit jeweils höherer Auflösung auf der Ebene von Zellen, Proteinen, Genen und Molekülen. Sie muss gleichzeitig die Klassifikation von Prozessen unterschiedlicher Granularität erlauben – einschließlich der chemischen und biologischen Prozesse innerhalb des Körpers – bis hin zu den Veränderungen, die Organismen in den verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung durchleben.

## L&C und die Sprache der Medizin

IFOMIS kooperiert seit 2002 mit dem Software- Unternehmen Language and Computing nv (L&C), zu dessen Kunden Firmen wie Eclipsys, First DataBank, Merck und WebMD zählen. Im November 2003 wurde L&C für seine Technologie zur Verarbeitung natürlicher Sprache der *Frost & Sullivan Healthcare Information Technology & Life Sciences Product of the Year Award* verliehen.

Viele im Bereich des Gesundheitswesens und der pharmazeutischen Industrie tätige Technologiefirmen bieten leistungsfähige Software für die Verarbeitung klinischer Daten an. Die Mehrheit dieser Anwendungen verarbeitet jedoch ausschließlich bereits strukturierte Daten; beispielsweise beziehen sich Abrechnungssysteme für Krankenhäuser oft auf ein kontrolliertes medizinisches Vokabular wie SNOMED oder ICD-10. Doch der größte Teil der Patientendaten bleibt unstrukturiert, da viele Ärzte auf frei formulierten Notizen beharren, um die Feinheiten der einzelnen Fälle ausdrücken zu können.

Obwohl immer mehr Ärzte und andere im Gesundheitswesen Tätige sich allmählich von den Vorteilen der Verwendung des Computers überzeugen, rufen sie viel lieber durch andere gespeicherte Daten ab, als selbst Daten einzugeben. Dabei besitzen elektronische Patientenakten gegenüber papierbasierten offensichtliche Vorteile: Sie vereinfachen den Vergleich verschiedener Patienten und unterstützen aktives Entscheidungsmanagement. Einträge in computergestützten Patientenakten erleichtern die angemessene Berücksichtigung vorheriger Ereignisse bei künftigen Entscheidungen – insbesondere dann, wenn die entsprechenden Daten strukturiert vorliegen und der Computer die Auswertung teilweise übernehmen kann. Die Notwendigkeit, Daten für Darstellung, Speicherung und Verarbeitung zu strukturieren, ist insofern allgemein akzeptiert.

Dass die Software nur strukturierte Daten verarbeiten kann, führte allerdings zu dem weit verbreiteten Trugschluss, dass die Daten deshalb bereits bei der *Eingabe* strukturiert sein müssen. Und aus diesem Trugschluss heraus wird die Strukturierung in der Regel bei der Datenerfassung erzwungen – zum Beispiel durch restriktive Dateneingabemasken, strukturierte Menüs, Auswahllisten und Vorschriften über zu verwendende Codes.

In unserem eingangs beschriebenen Beispiel eines Frühwarnsystems sind die Daten zu den verschriebenen und frei verkauften Medikamenten schon weitestgehend strukturiert und in Datenbanken abgelegt. In der biomedizinischen Forschung liegt dagegen ein Großteil der interessanten klinischen Daten nicht in strukturierten Datenbanken vor und steht deshalb für die automatisierte Datenintegration nicht zur Verfügung. Denn der überwiegende Teil der relevanten digital gespeicherten Informationen ist – ob nun als Patientenakte oder wissenschaftlicher Aufsatz – in natürlicher Sprache gespeichert. Diese Informationen sind erst nach einem Zwischenschritt für die computerbasierte Auswertung verfügbar: Die relevanten Daten müssen in strukturierter Form aus den Texten extrahiert werden. Gerade das hat sich aber als eine der schwierigsten Aufgaben der automatisierten Sprachverarbeitung herauskristallisiert.

L&C konzentriert sich auf diesen Flaschenhals ‚Strukturieren der Information‘ und hat leistungsfähige Werkzeuge für das Extrahieren strukturierter Daten aus Freitext-Dokumenten entwickelt, die auf der Kombination hochentwickelter Technologien der Verarbeitung natürlicher Sprache mit dem weltweit umfangreichsten medizinischen Terminologiesystem beruhen.

## IFOMIS und L&C

L&C suchte nach Kooperationspartnern, um sein Terminologiesystem mit einer leistungsfähigen Ontologie zu kombinieren. Doch – wie ausgeführt – verwenden die meisten der potentiellen Partner beim Entwickeln von Ontologien schwache Formalismen mit beschränkter Darstellungskraft. Derartige Formalismen eignen sich zwar für einfache Probleme – oder für Ontologien vereinfachter Welten („Modelle“) – aber nicht für die Anforderungen, die für die Dokumentenverarbeitung im Bereich der Medizin typisch sind. Diesen Ansätzen mangelt es vielfach an Rigorosität –

Vereinfachungen ergeben sich aus pragmatischen (softwaretechnischen) Gründen, die in keiner Weise durch die Gegebenheiten des Anwendungsgebiets bestimmt sind.

Wie IFOMIS geht L&C von der Hypothese aus, dass zumindest die gravierendsten der durch derartige Verkürzungen entstehenden Probleme durch die für die analytische Philosophie charakteristische Logik-basierte Methodik identifiziert und vermieden werden können. So bestand bei L&C dringender Bedarf an einer eleganten Repräsentation von Phänomenen wie dem Nicht-vorhanden-Sein von zum Beispiel Bakterien im Urin oder von Blut im Sputum, oder dem Fehlen eines Fingers, Zahns oder des Pulses. Diese Repräsentation sollte die bei herkömmlichen Ansätzen übliche Explosion der Anzahl spezieller Entitäten vermeiden. IFOMIS konnte dafür eine überzeugende, inzwischen implementierte Lösung anbieten, durch die die entsprechenden Inhalte effizienter und effektiver dargestellt werden können.

Die philosophische Ontologie eröffnet in diesem Sinne den Zugang zu einer robusteren Darstellung und Behandlung der für die Medizin typischen komplexen Phänomene – nicht unmittelbar in Form von Software-Anwendungen oder Algorithmen, sondern durch das Bereitstellen axiomatischer Theorien. Die erreichten Ergebnisse belegen, dass das durch IFOMIS erarbeitete ontologische Rahmenwerk bei den durch L&C entwickelten Sprachverarbeitungssystemen zu messbar höherer Effizienz und Verlässlichkeit führt.

## Philosophie als Instrument der empirischen Forschung

Die im Zeitalter der Biomedizin an ein wirklich integriertes System elektronischer Patientenakten geknüpften Hoffnungen verdeutlichen den weiter zunehmenden Bedarf an robusten Klassifikationssystemen und strukturierten Terminologien, die den verschiedenen Domänen der biomedizinischen Phänomene gerecht werden. Auch in dieser Hinsicht sind die heute existierenden Terminologiesysteme unzulänglich. Deshalb wird jetzt der durch die L&C-Datenbanken verkörperte große Fundus an biomedizinischem Wissen mittels der von IFOMIS bereitgestellten ontologiebasierten Ressourcen zur Qualitätssicherung präzisiert und erweitert. Im nächsten Schritt sollen die Methoden ausgebaut werden, um das Einbinden externer standardisierter biomedizinischer Terminologien und Ontologien, wie Swiss-Prot oder der Gene Ontology, zu ermöglichen.

Die Messlatte für die Kooperation zwischen IFOMIS und L&C liegt auch deshalb so hoch, weil die im Bereich der Medizin angewandten Methoden gleichermaßen in der Bioinformatik Früchte tragen können. Auch dort fehlt eine exakte Ontologie, auch dort sind die verschiedenen Terminologiesysteme oft inhaltlich widersprüchlich und leiden an logischen Fehlern: Klassifikationslücken, Zyklen, terminologische Mehrdeutigkeiten und unzulängliche Definitionen. Auch dort lassen sich Mehrdeutigkeiten und Inkonsistenzen auf das Fehlen eines einheitlichen Bezugsrahmens für das Verständnis vieler der grundlegenden formalen Beziehungen, die die Wirklichkeit ausmachen, zurückführen: der Beziehungen etwa zwischen Objekt und Prozess, Klasse und Individuum, Struktur und Funktion auf verschiedenen Ebenen der Granularität.

Die Ontologie des IFOMIS eröffnet ein kohärentes Verständnis dieser Beziehungen. Ihre Verwendung als neue Top-Level-Ontologie für L&Cs LinkBase-System bietet nicht nur die Grundlage für die Klärung existierender Mehrdeutigkeiten und Unterschiede in und zwischen Ontologien, sondern dient zugleich als Vorlage für zukünftige Überarbeitungen und Erweiterungen dieser Ontologien hin zu einer Enzyklopädie des biomedizinischen Wissens. Der Einsatz einer philosophisch korrekten Top-Level-Ontologie stillt so den dringenden Bedarf an einer erfolgreichen Integration existierender Terminologien und ist zugleich Richtschnur für die zukünftige Entwicklung von Algorithmen – nicht nur für die Biomedizin, sondern vom Ansatz her auch für eine Vielzahl anderer Anwendungsgebiete, die auf robuste Terminologien sowie die effiziente und zuverlässige Verarbeitung natürlicher Sprache angewiesen sind.

## Weiterführende Literatur

### Zur Arbeit von IFOMIS und L&C

*Ceusters, Werner, Barry Smith, Jim Flanagan*: Ontology and Medical Terminology: Why Description Logics Are Not Enough. In: Proceedings of Towards an Electronic Patient Record (TEPR 2003). San Antonio: 2003.

*Ceusters, Werner, Ignace Desimpel, Barry Smith, Stefan Schulz*: Using Cross-Lingual Information to Cope with Underspecification in Formal Ontologies. In: *Baud, R., M. Fieschi, P. Le Beux, P. Ruch* (eds.): The New Navigators: From Professionals to Patients. Proceedings of Medical Informatics Europe 2003. IOS Press, Amsterdam: 2003, 391–396.

*Ceusters, Werner, Barry Smith, Martin Van Mol*: Using Ontology in Query Answering Systems: Scenarios, Requirements and Challenges. In: *Bernardi, R., M. Moortgat* (eds.): Questions and Answers: Theoretical and Applied Perspectives. Proceedings of the 2nd CoLogNET-Elsnet Symposium, S.: 5-15. (Eine überarbeitete Version wird im Journal of Applied Logic erscheinen.)

*Ceusters, Werner, Barry Smith, Anand Kumar, Christoffel Dhaen*: Mistakes in Medical Ontologies: Where Do They Come From and How Can They Be Detected? In: *Pisanelli, D. M.* (ed.): Ontologies in Medicine: Proceedings of the Workshop on Medical Ontologies, IOS Press, Amsterdam: 2003.

*Vershelde, Jean-Luc, Mariana Casella Dos Santos, Tom Deray, Barry Smith, Werner Ceusters*: Ontology Assisted Database Integration. In: Proceedings of the Symposium on Integrative BioInformatics. Bielefeld: 2003.

*Ceusters, Werner, Barry Smith, James Matthew Fielding*: LinkSuite™: Software Tools for Formally Robust Ontology-Based Data and Information Integration. In: Proceedings of DILS 2004 – Data Integration in the Life Sciences. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin: 2004.

*Fielding, James Matthew, Jonathan Simon, Werner Ceusters, Barry Smith*: Ontological Theory for Ontology Engineering. In: Proceedings of KR 2004, Ninth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning.

*Ceusters, Werner, Barry Smith, Anand Kumar, Christoffel Dhaen*: Ontology-Based Error Detection in SNOMED-CT®. In: Proceedings of Medinfo 2004. Online: <http://ontology.buffalo.edu/medo/SNOMED.pdf>.

*Simon, Jonathan, Barry Smith*: Using Philosophy to Improve the Coherence and Interoperability of Applications Ontologies: A Field Report on the Collaboration of IFOMIS and L&C. In: Proceedings of First Workshop on Philosophy and Informatics. Online: <http://ontology.buffalo.edu/medo/Cologne.pdf>.

### Angewandte Ontologie

*Bittner, Thomas, Barry Smith*: A Theory of Granular Partitions. In: *Duckham, Matthew, Michael F. Goodchild, Michael F. Worboys* (eds.): Foundations of Geographic Information Science. Taylor & Francis, London: 2003, 117-151.

*Ceusters, Werner, Ignace Desimpel, Barry Smith, Stefan Schulz*: Underspecification in Formal Ontologies. In: Medical Informatics Europe 2003. IOS Press, Amsterdam: 2003, 391-396.

*Grenon, Pierre, Barry Smith, Louis Goldberg*: Biodynamic Ontology: Applying BFO in the Biomedical Domain. In: *Pisanelli, Domenico M.* (ed.): Ontologies in Medicine: Proceedings of the Workshop on Medical Ontologies, Rome, October 2003. IOS Press, Amsterdam.

*Guarino, Nicola*: Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation. In: International Journal of Human-Computer Studies, 43 (1995), S.: 625-640.

*Guarino, Nicola* (Hrsg.): Formal Ontology in Information Science. IOS Press, Amsterdam, Berlin, Oxford: 1998.

*Hahn, U., S. Schulz, M. Romacker*: Part-Whole Reasoning: A Case Study in Medical Ontology Engineering. In: IEEE Intelligent Systems and their Applications. 14 (1999) 5, S.: 59-67.

*Johansson, Ingvar*: Ontological Investigations. An Inquiry into the Categories of Nature, Man, and Society. Routledge, New York, London: 1989. Zweite Ausgabe: Ontos-Verlag, Frankfurt am Main: 2004.

*Smith, Barry*: Ontology. In: *Floridi, Luciano* (Hrsg.): Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information, Blackwell, Oxford: 2003, S.: 155-166.

*Smith, Barry, Jakob Köhler, Anand Kumar*: On the Application of Formal Principles to Life Science Data: A Case Study in the Gene Ontology. In: Proceedings of DILS 2004 Data Integration in the Life Sciences (Lecture Notes in Computer Science) Springer, Berlin.

*Smith, Barry, Igor Papakin, Katherine Munn*: Bodily Systems and the Spatial-Functional Structure of the Human Body. In: *Pisanelli, Domenico M.* (ed.): Ontologies in Medicine: Proceedings of the Workshop on Medical Ontologies, Rome, October 2003. IOS Press, Amsterdam.

*Smith, Barry, Cornelius Rosse*: The Role of Foundational Relations in the Alignment of Biomedical Ontologies. In: Proceedings of MedInfo 2004, San Francisco.

*Smith, Barry, Achille C. Varzi*: Surrounding Space: The Ontology of Organism-Environment Relation In: Theory in Biosciences, 121 (2002) 2, S.: 139-162.

*Welty, Christopher, Barry Smith* (Hrsg.): Formal Ontology and Information Systems. ACM Press, New York: 2001.

### **Medizinische Ontologie und Sprachverstehen**

*Ceusters, W., F. Buekens, G. De Moor, A. G. Waagmeester*: The Distinction between Linguistic and Conceptual Semantics in Medical Terminology and its Implications for NLP-Based Knowledge Acquisition. In: Methods of Information in Medicine, 37 (1998), S.: 327-33.

*Ceusters, W., J. Cimino, A. Rector*: Medical Language and Terminologies. In: *Sosa-Iudicissa, M., N. Olovieri, C. A. Gamboa, J. Roberts* (Hrsg.): Internet, Telematics, and Health. IOS Press, Amsterdam: 1997, S.: 197-203.

*Ceusters, W., C. Lovis, A. Rector, R. Baud*: Natural Language Processing Tools for the Computerised Patient Record: Present and Future. In: *P. Waegemann* (Hrsg.): Towards an Electronic Health Record Europe '96. CAEHR, London: 1996, S.: 294-300.

*Ceusters, W., P. Spyns, G. De Moor*: From Syntactic-Semantic Tagging to Knowledge Discovery in Medical Texts. In: International Journal of Medical Informatics, 52 (1998), S.: 149-157.

*Ceusters, Werner*: Language Engineering Tools for Healthcare Telematics. In: Proceedings of the Third European Conference on Electronic Healthcare Records. Sevilla: 1999, S.: 135-139.

*Flett, A., M. Casella dos Santos, W. Ceusters*: Some Ontology Engineering Processes and Their Supporting Technologies. In: *Gomez-Perez, A., V. R. Benjamins* (Hrsg.): Ontologies and the Semantic Web, EKAW2002. Springer, Berlin: 2002, S.: 154-165.

*Rector, A. L., P. Zanstra, D. Solomon, J. Rogers, R. Baud, W. Ceusters, W. Claassen, J. Kirby, J. M. Rodrigues, A. Rossi-Mori, J. van der Haring, J. Wagner*: Reconciling Users' Needs and Formal Requirements: Issues in Developing a Reusable Ontology for Medicine. In: IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, (1998) 4, S.: 229-242.

*Smith Barry, Jennifer Williams, Steffen Schulze-Kremer*: The Ontology of the Gene Ontology. In: AMIA 2003 Annual Symposium of the American Medical Informatics Association, S.: 609-613.

*Tange, H. J., A. Hasman, P. F. de Vries Robbe, H. C. Schouten*: Medical Narratives in Electronic Medical Records. In: International Journal of Medical Informatics, 46 (1997) 1, S.: 7-29.

### **Ontologie, Medizin, Philosophie, Sprache, Linguistik**

## Die Autoren

### **Prof. Barry Smith**

Barry Smith ist Direktor des Institute for Formal Ontology and Medical Information Science der Universität Leipzig und Julian Park Professor of Philosophy, University at Buffalo. 2001 wurde ihm für seine Arbeiten zu den philosophischen Grundlagen der Informationsverarbeitung der Wolfgang-Paul-Preis der Alexander von Humboldt-Stiftung verliehen.

IFOMIS

Universität Leipzig

Härtelstraße 16-18

Telefon: (03 41) 9 71 61 70

Telefax: (03 41) 9 71 61 70

E-Mail: phismith@buffalo.edu

<http://ifomis.de>.

### **Dirk Siebert**

Diplom-Wirtschaftsinformatiker, kam über die Software-Wiederverwendung zur Ontologie und zur Forschung im Bereich der Medizininformatik.

IFOMIS

E-Mail: dsiebert@ifomis.uni-leipzig.de

### **Dr. Werner Ceusters**

Werner Ceusters spielt eine wichtige Rolle in der Medizin- und Bioinformatik, sowohl durch seine Forschung zur Entwicklung von Software für die Verarbeitung natürlicher Sprache als auch durch seine Beiträge zur internationalen Standardisierung.

Office Line Engineering

Hazenakkerstraat 20a

B-9520 Zonnegem

Belgien

Telefon: +32 (0) 53-62 24 57

Telefax: +32 (0) 9 240 34 39

E-Mail: [info@office-line-engineering.be](mailto:info@office-line-engineering.be)

[www.office-line-engineering.be](http://www.office-line-engineering.be)