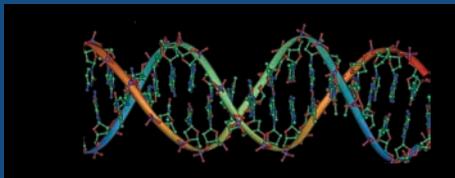


Ludger Jansen,  
Barry Smith (Hrsg.)

# BIOMEDIZINISCHE ONTOLOGIE

Wissen strukturieren  
für den Informatik-Einsatz



Ludger Jansen und Barry Smith (Hg.)

Biomedizinische Ontologie



# Biomedizinische Ontologie

## Wissen strukturieren für den Informatik-Einsatz

herausgegeben von

Ludger Jansen und Barry Smith

mit Beiträgen von

Thomas Bittner, Berit Brogaard, Boris Hennig, Ludger Jansen,  
Ingvar Johansson, Bert Klagges, Ulf Schwarz und Barry Smith

Für die Veröffentlichung als e-Book durchgesehene Ausgabe



vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

© CC BY NC ND , <https://vdf.ch/biomedizinische-ontologie-1196087001.html>

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

ISBN: 978-3-7281-3183-6 (Buchausgabe)

ISBN: 978-3-7281-3362-5

DOI-Nr.: 10.3218/3362-5

[www.vdf.ch](http://www.vdf.ch)

[verlag@vdf.ch](mailto:verlag@vdf.ch)

2011, für die Veröffentlichung als e-Book durchgesehene Ausgabe

© 2008, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

# Inhaltsübersicht

Vorwort .....	13
Einleitung .....	15
Kapitel 1 Philosophie und biomedizinische Forschung .....	17
Kapitel 2 Realitätsrepräsentation: Das Ziel der Ontologie .....	31
Kapitel 3 Granulare Partitionen.....	47
Kapitel 4 Klassifikationen.....	67
Kapitel 5 Kategorien: Die <i>top level</i> Ontologie .....	85
Kapitel 6 Räumliche Entitäten: Örter, Löcher, Grenzen .....	113
Kapitel 7 Zeitliche Entitäten: Geschehnisse.....	127
Kapitel 8 Ontologische Relationen .....	155
Kapitel 9 Subsumptionsarten, Spezifikation und Spezialisierung.....	173
Kapitel 10 Die Ontologie des Embryos .....	199
Kapitel 11 Ein neues Bild von Ontologie .....	229
Über IFOMIS.....	233
Über die Autoren.....	235
Nachweise .....	237
Literatur .....	239



# Ausführliches Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	13
Einleitung .....	15
Kapitel 1	
Philosophie und biomedizinische Forschung.....	17
<i>Barry Smith und Bert Klaggas</i>	
1.1 Die neue angewandte Ontologie.....	17
1.2 Der geschichtliche Hintergrund der angewandten Ontologie .....	19
1.3 Der ontologische Perspektivismus .....	20
1.4 Die modulare Struktur des Biologischen .....	22
1.5 Kommunizieren zwischen Perspektiven.....	23
1.6 Ontologie und Biomedizin.....	25
1.7 Die Rolle der Philosophie .....	27
1.8 Die Vielfaltigkeit der Lebensformen .....	29
Kapitel 2	
Realitätsrepräsentation: Das Ziel der Ontologie .....	31
<i>Barry Smith</i>	
2.1 Idealismus.....	31
2.2 Zwei Argumente für die begriffszentrierte Auffassung und ihre Widerlegung ...	34
2.3 Wie man „Begriff“ definiert.....	36
2.4 Die linguistische Lesart von „Begriff“ .....	38
2.5 <i>Is_a</i> und die linguistische Lesart.....	39
2.6 Die technische Lesart von „Begriff“ .....	41
2.7 Eine ontologische Wende .....	42

## Kapitel 3

Granulare Partitionen.....	47
----------------------------	----

*Thomas Bittner und Barry Smith*

3.1	Granularität – die „Körnigkeit“ der Realität .....	48
3.2	Partitionen als Lösungsmöglichkeit von Granularitätsproblemen .....	49
3.3	Partitionen als strukturierte Gitter .....	51
3.4	Die Theorie der granularen Partitionen als Alternative zu Mengentheorie und Mereologie.....	53
3.5	Typen granularer Partition .....	56
3.6	Die granulare Partition als System von Zellen .....	59
3.6.1	Eine zweiteilige Theorie .....	59
3.6.2	Die Unterzellenrelation .....	61
3.6.3	Die Existenz einer maximalen Zelle .....	62
3.6.4	Die Bedingung der endlichen Kette .....	62
3.6.5	Das Verhältnis zwischen granularer Partition und Realität .....	63
3.7	Granulare Partition und biomedizinische Forschung .....	64

## Kapitel 4

Klassifikationen.....	67
-----------------------	----

*Ludger Jansen*

4.1	Chinesische Tiere: Wie man eine gute Klassifikation erstellt.....	67
4.2	Medizindatenbanken: Wie man eine schlechte Klassifikation erstellt.....	71
4.2.1	Strukturiertheit: Gruppen und Tiere.....	71
4.2.2	Disjunktivität und Exhaustivität: Patienten .....	72
4.2.3	Uniformität: Labortiere .....	77
4.2.4	Meta-Typen und „Anderes“ .....	77
4.3	Einschränkende Randbedingungen für Klassifikationen.....	78
4.4	Referenzontologien: Ein Lösungsversuch .....	81
4.5	Exotisches Denken? Oder ein ungeeignetes Werkzeug? .....	82

## Kapitel 5

Kategorien: Die <i>top level</i> Ontologie .....	85
--	----

*Ludger Jansen*

5.1	SUMO, CYC & Co. ....	85
5.2	Was sind Kategorien? .....	90
5.3	Die zehn Kategorien des Aristoteles .....	92
5.4	Abhängige und unabhängige Entitäten .....	93
5.5	Kontinuanten und Okkurrenten .....	96
5.6	Universalien und Einzeldinge .....	100
5.7	Komplexe Entitäten .....	103
5.8	Die ungeschliffenen Kanten des Sowa-Diamanten .....	110
5.9	Ausblick .....	112

## Kapitel 6

Räumliche Entitäten: Örter, Löcher, Grenzen .....	113
---	-----

*Barry Smith*

6.1	Die Ontologie des Sessels .....	113
6.2	Die Ontologie der Örter .....	115
6.3	Die Ontologie der Löcher .....	118
6.4	Fiat-Grenzen .....	120
6.5	Aristoteles revidiert .....	123

## Kapitel 7

Zeitliche Entitäten: Geschehnisse .....	127
---	-----

*Boris Hennig*

7.1	Dinge, die nicht in der Zeit sind .....	127
7.2	Was so alles geschehen kann .....	130
7.2.1	Augenblickliche vs. ausgedehnte Geschehnisse .....	130
7.2.2	Geschehnisse mit allgemein bestimmtem Verlauf .....	130
7.2.3	Allgemein intern strukturierte Geschehnisse .....	132
7.2.4	Telische und atelische Geschehnisse .....	134

7.2.5	Vollendung vs. Beendigung .....	135
7.2.6	Zwischenbilanz .....	136
7.2.7	Einfache und komplexe Geschehnisse.....	136
7.3	Typen und Instanzen von Geschehnissen.....	139
7.3.1	Dinge instantiiieren keine Geschehnistypen.....	140
7.3.2	Wie Geschehnistypen durchlaufen werden .....	140
7.4	Prozesse und ihre Teile .....	142
7.4.1	Rezepte für Handlungen .....	142
7.4.2	Reguläre Ausdrücke .....	143
7.4.3	Typen, ihre Teile und ihre Instanzen.....	145
7.4.4	Dauer kraft des Typs .....	146
7.4.5	Vergangene Geschehnisse.....	147
7.4.6	Typen von Prozessen durch Teile instantiiiert.....	148
7.4.7	Ein Baumdiagramm .....	149
7.5.	Notwendige Unabgeschlossenheit.....	151
7.5.1	Die Küste von Norwegen .....	152
7.5.2	Vierdimensionalismus.....	152
7.6	Schluss .....	154

## Kapitel 8

Ontologische Relationen .....	155
-------------------------------	-----

### *Ulf Schwarz und Barry Smith*

8.1	Was sind und was sollen formalontologische Relationen?.....	155
8.2	Formalontologische Relationen definieren: Chancen und Probleme .....	159
8.3	Arten von Relationen.....	160
8.4	Arten von Relata und Beschränkungen der Anwendung relationaler Ausdrücke.....	162
8.5	Primitive Relationen auf der Ebene der Instanzen.....	164
8.6	Formale Definitionen der Relationen auf der Ebene der Universalien .....	166
8.6.1	Die Definition der Klassenzugehörigkeits-Relation .....	166
8.6.2	Die Definition der Teil-Ganzes-Relation.....	167
8.6.3	Die Definition der Partizipations-Relation .....	168
8.7	Logik der Relationen.....	169
8.8	Ausblick.....	171

## Kapitel 9

Subsumptionsarten, Spezifikation und Spezialisierung.....173

*Ingvar Johansson*

9.1	Einleitung .....	173
9.2	Genus-Subsumption versus Determinablen-Subsumption.....	177
9.3	Spezifikation.....	187
9.4	Spezialisaton.....	189
9.5	Einfache und multiple Vererbung.....	191
9.6	Philosophie und Informatik.....	196

## Kapitel 10

Die Ontologie des Embryos.....199

*Barry Smith und Berit Brogaard*

10.1	Einleitung .....	199
10.2	Kennzeichen einer Substanz.....	200
10.3	Organismen als kausale Systeme .....	203
10.4	Die hierarchische Struktur des Organismus .....	204
10.5	Wann beginnt ein menschliches Lebewesen zu existieren?.....	206
10.6	Alternative Schwellenwerte.....	207
10.7	Zwillingsbildung.....	217
10.8	Der Begriff der Nische .....	221
10.9	Ist das Foster mit der Mutter verbunden? .....	223
10.10	Ist das Foster Teil der Mutter? .....	226
10.11	Stadien der Bildung der menschlichen Substanz .....	227

## Kapitel 11

Ein neues Bild von Ontologie.....229

*Ludger Jansen*

Über IFOMIS.....	233
Über die Autoren.....	235
Nachweise .....	237
Literatur .....	239



## Vorwort

Dieses Buch betritt Neuland. Es ist eine Einführung in das neue Gebiet der angewandten Ontologie. Die angewandte Ontologie ist ein multidisziplinäres Arbeitsgebiet, in dem Philosophen gemeinsam mit Informatikern und Vertretern der jeweils thematischen Wissenschaftsbereiche, in unserem Fall mit Biologen und Medizinern, daran arbeiten, wissenschaftliches Wissen informationstechnisch zu repräsentieren. Es zeigt, wie Philosophie eine praktische Anwendung findet, die von zunehmender Wichtigkeit nicht nur in den heutigen Lebenswissenschaften ist. Und so richtet sich dieses Buch an Philosophen, aber auch an interessierte Biologen, Mediziner und Informatiker.

Zugleich dokumentiert das Buch die Arbeit des von der Volkswagen-Stiftung geförderten Forschungsprojekts „Formen des Lebens“. Dieses Forschungsprojekt wurde vom *Institute for Formal Ontology and Medical Information Science* (IFOMIS), zunächst in Leipzig, dann in Saarbrücken, gemeinsam mit dem Lehrstuhl von Pirmin Stekeler-Weithofer vom Institut für Philosophie und dem Lehrstuhl für Genetik der Universität Leipzig durchgeführt. Daher haben wir als erstes der Volkswagen-Stiftung zu danken, welche die hier vorgestellten Forschungsarbeiten und die Fertigstellung und Veröffentlichung dieses Buches finanziert hat. Zugleich gilt der Dank auch der Alexander-von-Humboldt-Stiftung, die im Rahmen ihres Wolfgang-Paul-Programms die Gründung von IFOMIS überhaupt erst ermöglicht hat.

Zu danken haben wir auch vielen Kollegen und Kooperationspartnern im In- und Ausland sowie allen, die bisher an den Projekten des IFOMIS mitgewirkt haben. Insbesondere danken wir Mathias Brochhausen, der an der Konzeption dieses Bandes mitgearbeitet und die Übersetzung des dritten Kapitels übernommen hat. Die Arbeit von Barry Smith während der letzten Phasen dieses Buchprojektes wurde unterstützt durch das *National Center for Biomedical Ontology* im Rahmen der amerikanischen *Institute of Health Roadmap*.

Der doppelten Zielsetzung dieses Buches entsprechend, basieren die Kapitel dieses Buches teilweise auf bereits veröffentlichten Arbeiten des For-

schungsprojektes „Formen des Lebens“. Einige Beiträge sind eigens für dieses Buch verfasst, andere eigens für dieses Buch übersetzt worden. Zudem sind alle Texte inhaltlich und redaktionell so überarbeitet worden, dass sie sich hier stimmig und in guter Lesbarkeit in einem Buch zusammenfinden. So sei schließlich auch den Autoren für ihre Mitarbeit an diesem Buchprojekt ganz herzlich gedankt. Catherine Dosch und Bastian Fischer haben das Literaturverzeichnis erstellt und Stefan Schlachter hat das gesamte Manuskript gründlich gelesen und durch seine Hinweise verbessert. Unser Dank geht schließlich auch an Bernd Knappmann und Angelika Rodlauer, die uns als Lektoren des vdf Hochschulverlags bei der Veröffentlichung des Buches zur Seite standen.

Rostock und Saarbrücken im Dezember 2007

Ludger Jansen & Barry Smith

# Einleitung

LUDGER JANSEN

Der Gegenstand dieses Buches ist die biomedizinische Ontologie, die ontologische Untersuchung der Welt der Lebenswissenschaften. Die biomedizinische Ontologie hat ein klares Anwendungsziel: Sie will die Repräsentation biomedizinischen Wissens in Computerdatenbanken ermöglichen und unterstützen. Damit ist sie eine Unterdisziplin der angewandten Ontologie. Ein solcher Gegenstand bringt gleich mehrere klärungsbedürftige Voraussetzungen mit sich, beispielsweise dass es von Philosophie im Allgemeinen und von Ontologie im Besonderen überhaupt so etwas wie eine Anwendung geben kann. Die Aufgabe, diese Ausgangsvoraussetzungen zu diskutieren und argumentativ zu untermauern, fällt dem ersten Kapitel zu. In ihm zeigen der Philosoph Barry Smith und der Genetiker Bert Klagges, wieso und auf welche Weise philosophische Analysen für die biomedizinische Informatik relevant sind. Im zweiten Kapitel zeigt Smith, dass es Aufgabe der Ontologie ist, die Realität zu repräsentieren bzw. die empirischen Wissenschaften bei der Repräsentation der Realität zu unterstützen. Dazu stellt er zunächst dar, dass eine so verstandene Ontologie erstens möglich ist und dass es zweitens nur eine solche Ontologie sein kann, die dem Selbstverständnis der Naturwissenschaften als Wirklichkeits-Wissenschaften gerecht wird.

Doch wie soll eine solche Repräsentation der Wirklichkeit aussehen? Hat die Wirklichkeit nicht viel mehr Facetten, als irgendeine Repräsentation jemals wird ausschöpfen können? Dieses Problem soll die Theorie der granularen Partitionen lösen, die Thomas Bittner und Barry Smith in Kapitel 3 entwickeln. Ein klassisches Mittel zur Wirklichkeits-Repräsentation ist die Klassifikation, also die Auflistung und die Hierarchisierung der für ein Gebiet relevanten Universalien. Die Regeln, nach denen Klassifikationen erfolgen sollen, und die Einschränkungen, denen Klassifikationen in der Praxis unterworfen sind, werden von Ludger Jansen in Kapitel 4 diskutiert. Jede Klassifikation benötigt aber oberste Klassen, traditionell Kategorien genannt. Die Frage, welche Kategorien für die Klassifikationen, die die Wirklichkeit repräsentieren

sollen, gewählt werden sollen, behandelt Ludger Jansen in Kapitel 5. Die dort vorgestellten Kategorien werden in Kapitel 6 von Barry Smith ergänzt um Kategorien für räumliche, nicht-materielle Entitäten wie Löcher und Tunnel. Boris Hennig stellt dann in Kapitel 7 einige Besonderheiten von Geschehnissen, also von zeitlichen Entitäten, dar.

Doch das Aufzählen der einschlägigen Universalien ist nur ein Teil der Repräsentation der Wirklichkeit. Genauso wichtig ist es, zu benennen, welche Beziehungen zwischen diesen Universalien bestehen. Solche Beziehungen sind etwa die Subsumptions-Relation *is\_a* und die Teil-Ganzes-Relation *part\_of*. In Kapitel 8 veranschaulichen Ulf Schwarz und Barry Smith, wie solche Relationen charakterisiert werden müssen, damit sie in computergestützten Informationssystemen angewendet werden können. Ingvar Johansson zeigt dann in Kapitel 9, dass das, was in den Informationswissenschaften naiv als eine einheitliche *is\_a*-Relation behandelt wird, tatsächlich in vier verschiedene Relationen zerfällt, die auf ganz unterschiedlichen ontologischen Grundlagen aufbauen und in ihren logischen Eigenschaften signifikant voneinander abweichen.

In Kapitel 10 stellen Barry Smith und Berit Brogaard dar, dass ontologische Überlegungen nicht nur einen Beitrag zur Repräsentation der Ergebnisse empirischer Wissenschaften wie der Medizin und der Biologie leisten, sondern dass sie auch für die Diskussion medizinethischer Fragen relevant sein können. Exemplarisch untersuchen Smith und Brogaard, wie sich vor dem Hintergrund von Identitätsüberlegungen die Frage nach dem Beginn des Lebens eines Menschen stellt.

In all diesen Kapiteln wird das Bild einer neuen Ontologie entworfen. Diese neue Ontologie kann nicht nur angewendet werden; sie ist darüber hinaus realistisch, perspektivistisch, fallibilistisch und nicht-reduktionistisch. Die Charakteristika dieser neuen Ontologie werden von Ludger Jansen in Kapitel 11 noch einmal zusammengefasst.

Zunächst aber wird sich Kapitel 1 den Fragen zuwenden, wie angewandte Philosophie überhaupt möglich ist und welchen Beitrag die Ontologie zur Unterstützung von Biologie und Medizin leisten kann.

# Kapitel 1

## Philosophie und biomedizinische Forschung

BARRY SMITH UND BERT KLAGGES

### 1.1 Die neue angewandte Ontologie

In den letzten Jahren hat sich ein neuer Wissenschaftszweig entwickelt: die *angewandte Philosophie*, die sich vor allem im Bereich der Medizin- und Bioethik profiliert. Auch im deutschen Sprachraum gibt es inzwischen auf diesem Gebiet eine Reihe wichtiger Beiträge prominenter Philosophen.

In der angewandten Philosophie wird eine neue Ebene der Interaktion mit den nichtphilosophischen Nachbardisziplinen erreicht. Beiträge wie Ralf Stoeckers Buch über das medizinethische Problem des Hirntodes und Nikolaus Knoepfflers Buch über „Forschung an menschlichen Embryonen“<sup>1</sup> machen deutlich, dass die ernsthafte philosophische Behandlung bio- und medizinethischer Probleme eine fundierte Auseinandersetzung mit den relevanten biomedizinischen Fakten voraussetzt. Das bloße Aufstellen philosophischer Theorien und Argumente bietet keine ausreichende Grundlage für künftige, signifikante Arbeit auf diesem Gebiet.

In der Medizin- und Bioethik tätige Philosophen müssen sich nicht nur mit den Inhalten der (Bio-)Wissenschaften vertraut machen; sie müssen auch Wege finden, diese Inhalte in ihre philosophischen Theorien zu integrieren. Vor diesem Hintergrund erscheint es nur logisch, dass sich in jüngster Vergangenheit mit der *angewandten Ontologie* ein Zweig der Philosophie zur angewandten Ethik gesellt hat, der philosophische Ideen und Methoden aus dem Bereich der Ontologie anwendet, um Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung ontologisch aufzubereiten.

---

<sup>1</sup> Stoecker 1999 und Knoepffler 1999.

Selbst die Computer- und Informationswissenschaften haben in bewusster Anlehnung an die philosophische Verwendung des Wortes den Terminus „Ontologie“ übernommen.<sup>2</sup> Bereits in den siebziger Jahren wurde im Zusammenhang mit den Bemühungen um die Datenintegration erkannt, dass die vielen verschiedenen, im Laufe der Zeit entwickelten Informationssysteme jeweils auf eigenen Richtlinien für Terminologie und Kategorisierung beruhen. Innerhalb der Informatik konnte sich so das *Ontological Engineering* etablieren, das versprach, den Weg zu einer gemeinsamen Kommunikationsbasis – einer Art Esperanto für Datenbanken – zu bahnen. Das Ziel bestand darin, robuste Kategoriensysteme für die Datenerfassung zu entwickeln, um sowohl für die Kompatibilität als auch für die Wiederverwendbarkeit elektronisch gespeicherter Informationen zu sorgen.

Das *Metaphysics Lab* der Stanford University, die *Laboratorien für angewandte Ontologie* in Trient und Rom sowie das Turiner *Centro Interuniversitario di Ontologia Teorica e Applicata* nutzen ontologische Ideen und Methoden in der Interaktion zwischen Philosophie und verschiedenen Bereichen der Informationswissenschaften. Die Ergebnisse dieser Forschungstätigkeiten werden von Technologie-Firmen wie *Ingenuity Systems* (Mountain View, USA), *Cycorp, Inc.* (Austin, USA), *Language and Computing* (Zonnegem, Belgien, und Philadelphia, USA) und *Ontology Works* (Baltimore, USA) in Software-Applikationen umgesetzt.

Die auch die biomedizinische Forschung immer weiter durchdringende Informationstechnologie verlangt danach, die Biomedizin gleichermaßen ontologisch zu erschließen. So greift die Bioinformatik neuerdings auf die angewandte Ontologie zurück, um die theoretischen Grundlagen für die Navigation zwischen verschiedenen heterogenen und autonomen biologischen und medizinischen Informationsquellen zu schaffen.<sup>3</sup>

Gegenwärtig ist das im Jahr 2002 an der Universität Leipzig gegründete und jetzt in Saarbrücken angesiedelte *Institute for Formal Ontology and Medical Information Science* (IFOMIS) die einzige Forschungseinrichtung zur angewandten Ontologie im deutschen Sprachraum. Zugleich ist das IFOMIS die erste Forschungsstätte gewesen, die sich speziell der Anwendung der Ontologie auf

---

<sup>2</sup> Smith 2003b, 155–166.

<sup>3</sup> Vgl. Pisanelli (Hg.) 2004.

den Bereich der Biomedizin gewidmet hat.<sup>4</sup> Die Forscher des IFOMIS kooperieren eng mit anderen Vertretern der angewandten Ontologie und mit Bioinformatikern. Ihre Arbeit stellt eine einmalige Kombination aus der Orientierung an klassischen philosophischen Fragestellungen und dem Fokussieren auf die Problematik der aktuellen wissenschaftlichen Forschung in der Biomedizin allgemein und in der Bioinformatik im Besonderen dar.

## 1.2 Der geschichtliche Hintergrund der angewandten Ontologie

Die Wurzeln der angewandten Ontologie reichen zurück bis zu Aristoteles. In der angewandten Ontologie wird die Grundidee Aristoteles' wieder aufgegriffen, dass es möglich sei, bestimmte Strukturen der von den Wissenschaften untersuchten Wirklichkeit philosophisch zu erfassen. Wie kann aber diese alte Idee in der heutigen Welt mit neuem Leben erfüllt werden? Um diese Frage zu beantworten, werfen wir einen kurzen Blick zurück in die Geschichte der Philosophie, bevor wir zur Problematik der Bioontologie zurückkehren.

Eine Ontologie kann der Einfachheit halber als eine Art Katalog der Objekte, Attribute, Prozesse und Relationen in einem vorgegebenen Gebiet angesehen werden. (Diese Auffassung entspricht ziemlich genau der Verwendung des Terminus unter Informatikern.) Eine Ontologie unterteilt die Welt in *Klassen* oder *Arten* (in klassischer philosophischer Terminologie: *Universalien*); in komplexeren Anwendungsgebieten sind mehrere Ebenen hierarchisch angeordneter Klassen notwendig. Die von Carl von Linné (1717–1778) in seinem *Systema naturae* (1735) und anderen Werken aufgestellten Taxonomien der Organismen sind Beispiele von Ontologien in diesem Sinn; auch in der Medizin wandte Linné die aristotelische Methodik hierarchischer Kategorien in seiner Klassifikation von Krankheiten an.

Aristoteles selbst war der Auffassung, dass die gesamte Wirklichkeit mit einem einzigen System von Kategorien zu erfassen wäre. Unter dem Einfluss Descartes' (1596–1650) und Kants (1724–1804) wurde die lange Zeit dominante Metaphysik aristotelischer Prägung in ihrer Rolle als zentrale Disziplin der Philosophie durch die Epistemologie ersetzt. Die durch Charles Darwin (1809–1882) ausgelöste wissenschaftliche Revolution in der Biologie ver-

---

<sup>4</sup> Vgl. Smith, Ceusters und Siebert 2004.

drängte die von Aristoteles inspirierte Auffassung der Spezies als Teil einer für immer festgelegten Ordnung auch aus der Biologie; diese Entwicklung wurde in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts unter dem Einfluss der logischen Positivisten vorangetrieben, die die Metaphysikkritik Kants weiterführten.

Gegen Ende des zwanzigsten Jahrhunderts änderte sich die Lage allerdings sowohl in der Philosophie als auch in der Biologie erneut. In der Philosophie ist es Denkern wie Saul Kripke, Hilary Putnam, David Armstrong, Roderick Chisholm, David Lewis und Ruth Milikan gelungen, der ontologischen bzw. metaphysischen Art des Philosophierens als „analytische Metaphysik“ wieder zu gebührender Anerkennung zu verhelfen – in einer Entwicklung, die auch bestimmte Elemente der aristotelischen Kategorienlehre (als Lehre von den „Universalien“ oder *natural kinds*) neu aufleben ließ. Gleichzeitig erhielt mit der gewachsenen Bedeutung der neuen Bioethik gerade auch die Philosophie der biologischen Wissenschaften eine neuartige, ontologische Prägung. In der Biologie selbst gewannen viele der zwischenzeitlich für obsolet erachteten, klassischen Ideen zu Kategorienhierarchien wieder an Aktualität, beispielsweise die bereits durch Aristoteles in den Kategorien und in *De Interpretatione* skizzierte Methodik und Definitionstechnik.<sup>5</sup> Diese Ideen waren zwar auch durch die Darwinsche Neuinterpretation, die die Kategorien unter Berücksichtigung der Evolution als zeitlich befristet begriff, nie komplett aus der Biologie verdrängt worden. Jedoch ließ die wachsende Bedeutung von Taxonomie- und Terminologiesystemen vor dem Hintergrund der heutigen Forschung in der Genomik und in der heutigen Bioinformatik diese Ideen wieder mit neuer Kraft erblühen.

### 1.3 Der ontologische Perspektivismus

Die aristotelische Auffassung, man könne die gesamte Wirklichkeit mit einem einzigen System von Kategorien erfassen, erwies sich im Zuge der dargestellten Entwicklungen als überholt. Stattdessen setzte sich zunehmend die Erkenntnis durch, dass mehrere verschiedene, jeweils partiell anwendbare Kate-

---

<sup>5</sup> Für eine Einschätzung der Aktualität der Kategorienschrift im Rahmen der angewandten Ontologie vgl. Jansen 2007.

goriensysteme benötigt werden, um die durch die Forschung der verschiedenen Wissenschaften erschlossene Wirklichkeit erfassen zu können.

Durch ein Kategoriensystem wird ein Gegenstandsbereich in Kategorien, Klassen, Typen, Gruppierungen oder Arten aufgeteilt. Ein solches System gibt Aufschluss darüber, wie sich die entsprechenden Kategorien von Objekten zueinander verhalten. Die Taxonomien Linnés stellen beispielsweise Aufteilungen der Welt der Organismen in ihre verschiedenen Ober- und Unterkategorien (Reiche, Stämme, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen usw.) dar, wie sie nunmehr im *International Code of Zoological Nomenclature*, im *International Code of Botanical Nomenclature* und im *International Code of Nomenclature of Bacteria* definiert sind.

Nun kann ein und derselbe Ausschnitt der Wirklichkeit oft durch verschiedene, nicht immer überschneidungsfreie Aufteilungen erfasst werden: Das Periodensystem der Elemente ist eine Aufteilung der (nahezu) gesamten materiellen Wirklichkeit in chemische Grundbestandteile. Ebenso ist der astronomische Kategorienbaum, eine Taxonomie der im All vorkommenden Gebilde (Sonnensysteme, Planeten, Monde, Asteroiden usw.), eine Aufteilung der (nahezu) gesamten materiellen Wirklichkeit – nur aus einer anderen Perspektive und in einer anderen Granularität (dazu mehr in Kap. 3.1).

Die Auffassung, dass mehrere solcher sich überschneidenden Aufteilungen der Wirklichkeit gleichermaßen verwendet werden können und müssen, werden wir im Folgenden „ontologischer Perspektivismus“ nennen. Im Gegensatz zu manchen perspektivistischen Positionen in der Geschichte der Philosophie (etwa bei Nietzsche oder Foucault) ist diese ontologische Variante des Perspektivismus mit dem wissenschaftlichen Weltbild durchaus vereinbar. Der ontologische Perspektivist akzeptiert, dass es alternative Sichtweisen auf die eine Wirklichkeit gibt und dass dieselbe Wirklichkeit folglich unterschiedlich präsentiert werden kann. Dasselbe Stück Welt kann entweder mit bloßem Auge, durch ein Fernrohr oder durch ein Mikroskop betrachtet werden. Analog lassen sich die Gegenstände der wissenschaftlichen Forschung statt mit einem optischen Instrument mit einer Taxonomie, Theorie oder Sprache mehr oder weniger adäquat widerspiegeln.

Der ontologische Perspektivist sieht sich jedoch mit einem schwerwiegenden Problem konfrontiert: Wie können diese verschiedenen Perspektiven kompatibel gemacht werden? Wie können wissenschaftliche Disziplinen miteinander kommunizieren, wenn sie mit Aufteilungen unterschiedlicher Kör-

nigkeit oder Granularität arbeiten? Welche Wissenschaftsdisziplin kann die benötigte integrierende Plattform bereitstellen? Im Folgenden soll gezeigt werden, dass eine philosophisch fundierte und auf rigorosen formalen Prinzipien aufgebaute Ontologie für die angestrebte Integration unabdingbar und unersetzlich ist. Die Aufgabe ist dementsprechend vor allem pragmatischer Natur: Selbst wenn man zum Schluss gelangt, dass eine rigorose formale Ontologie sowohl prinzipiell als auch zum Beispiel unter Berücksichtigung des ständigen Erkenntnisgewinns in der Naturwissenschaft die Wirklichkeit immer nur unvollständig wiedergeben kann, ist eine solche Ontologie doch zumindest für die aus Sicht der aktuellen Biologie und Biomedizin unverzichtbare Datenintegration notwendig.

#### 1.4 Die modulare Struktur des Biologischen

Zu den für das in diesem Buch verfolgte Projekt wichtigen Perspektiven gehören vor allem jene, die wissenschaftliche Erklärungen stützen. Dies sind häufig Perspektiven einer feinen Körnigkeit, die uns zum Beispiel über die Anzahl und Anordnung der Gene auf einem Chromosom oder über die chemischen Reaktionen innerhalb eines Reaktionspfads Aufschluss geben. Wenn allerdings die wissenschaftliche Erfassung dieser Strukturen für die Zwecke der Medizin von Bedeutung sein soll, so muss sie um Aufteilungen einer ganz anderen, grobkörnigeren Art ergänzt werden, nämlich um Aufteilungen auf der Ebene der alltäglichen Erfahrung. Dazu gehören beispielsweise Aufteilungen der Krankheiten und ihrer Symptome, der menschlichen Verhaltensweisen und der dafür relevanten Umwelten.

Wie schon Leibniz konstatierte, erweisen sich die mit dem bloßen Auge wahrnehmbaren Entitäten der natürlichen Welt bei näherem Hinsehen als etwas Zusammengesetztes: Beispielsweise ist ein Embryo eine hierarchische Verschachtelung von Organen, Zellen, Molekülen, Atomen und subatomaren Teilen. „Eine Einheit im Mittelbereich einer solchen verschachtelten Struktur ist gleichzeitig umschlossen und umschließend, Ganzes und Teil, Entität und Umwelt. Ein Organ, zum Beispiel die Leber, ist ein *Ganzes* hinsichtlich der sie konstituierenden Zellverbände und ein *Teil* in Bezug auf den umliegenden Organismus, den es mit anderen Organen bildet. Ein Organ bildet die Um-

gebung seiner Zellen und ist selbst wiederum von einem Organismus umgeben.“<sup>6</sup>

Die biologische Wirklichkeit erscheint als eine komplexe Hierarchie ineinander verschachtelter Ebenen. Moleküle sind Teile von Molekülsammlungen, die wir „Zellen“ nennen; Zellen sind in Blätter eingebettet, Blätter in Bäume, Bäume in Wälder und so weiter. Wie unsere Wahrnehmung und unser Handeln mehr oder weniger perfekt auf die Ebene der alltäglichen Erfahrung abgestimmt sind,<sup>7</sup> so sind auch die unterschiedlichen biologischen Wissenschaften auf verschiedene Ebenen innerhalb dieser komplexen Hierarchie abgestimmt. So gibt es zum Beispiel nicht nur die klinische Physiologie, sondern auch die Zell- und die Molekularphysiologie; neben der makroskopischen Anatomie mit ihren Nebenzweigen, wie klinischer, chirurgischer und radiologischer Anatomie, gibt es auch die mikroskopische Anatomie mit ihren Unterdisziplinen, wie Histologie und Zytologie.

Der ontologische Perspektivismus soll einen metaphysischen Rahmen bieten. In diesen Rahmen können die Gegenstandsbereiche der verschiedenen Disziplinen eingeordnet werden, sodass sie in einem synoptischen Metasystem sowohl miteinander als auch mit einer Ontologie auf der Ebene der grobkörnigen Gegenstände und Prozesse der menschlichen Lebenswelt verbunden werden können.

## 1.5 Kommunizieren zwischen Perspektiven

Die zentrale Frage bleibt damit: Wie verhalten sich die grobkörnigen Teile und Strukturen der Wirklichkeit, auf die die unmittelbare menschliche Wahrnehmung und das menschliche Handeln gerichtet sind, zu solchen Teilen, Dimensionen und Strukturen der Wirklichkeit, die uns durch die speziellen Erfassungsmethoden der verschiedenen Wissenschaften zugänglich gemacht werden? Diese Frage erinnert an das durch Kant inspirierte Projekt des amerikanischen Philosophen Wilfrid Sellars zur Entwicklung einer so genannten „stereoskopischen Betrachtungsweise“, welche sowohl die Inhalte unseres alltäglichen Denkens und Sprechens als auch die maßgeblichen Erkenntnisse der Naturwissenschaften in einer einzigen synoptischen Auffassung von Per-

---

<sup>6</sup> Barker 1968, 154.

<sup>7</sup> Vgl. Gibson 1979.

sonen und Welt zusammenführen sollte.<sup>8</sup> Diese stereoskopische Betrachtungsweise sollte sowohl dem modernen *scientific image* als auch dem *manifest image* des gesunden Menschenverstands gerecht werden und die Kommunikation zwischen ihnen ermöglichen.

Wer die Vielfalt solcher Perspektiven aus den Augen verliert, könnte versucht sein, die Frage zu formulieren: Welche ist die wahre Sonne? Die des Bauern oder die des Astronomen? Dem ontologischen Perspektivismus zufolge muss sich niemand entweder für die eine oder die andere Sichtweise der Dinge entscheiden, da sowohl Alltagswissen als auch die etablierten Wissenschaften auf Aufteilungen beruhen, die wir, unter Beachtung ihrer jeweiligen Funktion, gleichzeitig akzeptieren können.

Der kommunikative Bezugsrahmen, der benötigt wird, um zwischen diesen verschiedenen Aufteilungen navigieren zu können, soll zugleich die theoretische Grundlage für die Behandlung eines der wichtigsten Probleme der heutigen Biomedizin liefern: Wie integrieren wir das Wissen, das wir über Gegenstände und Prozesse auf der Ebene von Genen und Proteinen erlangt haben, in unser Wissen von Krankheiten und von Verhaltensweisen von Menschen oder gar in zukünftiges Wissen von möglichen gentechnologischen Pharmazeutika und Therapien? Selbstverständlich kann diese Frage hier nicht beantwortet werden. Es soll aber gezeigt werden, dass ein solcher Integrationsrahmen vor dem Hintergrund entwickelt werden kann, dass Biologie und Bioinformatik in den letzten Jahren bestimmte theoretische und methodologische Elemente der philosophischen Ontologie wieder zu neuer Aktualität verhalfen, die sich paradigmatisch um die (von Aristoteles initiierte) Lehre von hierarchischen Taxonomien drehen.

Gerade für die Biologie und die Bioinformatik haben philosophische Ideen zu Kategorien und Taxonomien – und, wie zu sehen sein wird, zu einer Reihe anderer traditioneller philosophischer Begriffe – eine neue Aktualität gewonnen. Die verschiedenen Zweige der wissenschaftlichen Biologie verwenden nach wie vor taxonomische Hierarchien als Fundament ihrer Forschung. Ihre Taxonomien beziehen sich nicht nur auf Gattungen und Arten von Organismen, sondern schließen auch genomische und proteomische Taxonomien sowie Taxonomien von Zellen und Zellkonstituenten, einzelnen biochemi-

---

<sup>8</sup> Vgl. Sellars 1963.

schen Reaktionen und ganzen Reaktionsketten ein. Gleichzeitig werden diese Taxonomien in Form riesiger Datenbanken – wie *Flybase*, EMBL, *Unigene*, *Swiss-Prot*, SCOP oder die *Protein Data Bank* (PDB) – zum Instrument einer neuen Form der biologischen Forschung.<sup>9</sup> Damit können neben praktischen Experimenten auch die Datenverarbeitung und die Informationsextraktion zu neuen wissenschaftlichen Ergebnissen führen. Die sinnvolle und fruchtbare Anwendung dieser neuen Techniken setzt aber voraus, dass das Problem der Kommunikation zwischen verschiedenen Kategoriensystemen gelöst wird.

Wir vertreten die Hypothese, dass uns der Einsatz der neuen Methoden der angewandten Ontologie einer Lösung dieses Problems näher bringt und dass es dadurch möglich ist, eine echte Zusammenarbeit zu schaffen – von Biologen, Informatikern und den zwischen ihnen vermittelnden Philosophen.

## 1.6 Ontologie und Biomedizin

Mit der Ausweitung der elektronischen Informationsverarbeitung sowie der enormen Zunahme des Informationsvolumens und der Informationsarten wachsen die Hürden, welche die Kommunikation überwinden muss, um zwischen Informationssystemen zu vermitteln, die auf unterschiedlichen Begriffssystemen beruhen. Die informationstechnische Unterstützung der biomedizinischen Forschung bietet dafür augenfällige Beispiele: die Entschlüsselung des Humangenoms, Studien zur Genexpression oder das neugewonnene bessere Verständnis von Proteinstrukturen – all dies sind Resultate des Strebens nach einem besseren Verständnis der Rolle erblicher Faktoren und der Umwelt für die Gesundheit und den Verlauf von Krankheiten des Menschen und der Suche nach neuen Pharmazeutika.

Die heutige Bioinformatik ist mehr als gut gerüstet, jene rechenintensiven Bereiche der biomedizinischen Forschung zu unterstützen, die beispielsweise mittels statistisch basierter Mustererkennungsmethoden *quantitative* Korrelationen untersuchen. Dagegen wird von verschiedenen Seiten<sup>10</sup> eine geeignete *qualitative* Grundlage für diese Forschung vermisst. Um biologisch relevante quantitative Korrelationen erkennen und die dadurch gewonnenen Informa-

---

<sup>9</sup> Vgl. *Robert Stevens Bioontology Page*, <http://www.cs.man.ac.uk/~stevensr/ontology.html>.

<sup>10</sup> Vgl. z.B. Ouzounis et al. 2003; Rosse und Mejino 2003; Ceusters, Smith und Goldberg 2005.