

Wissensbausteine

Peter Jaenecke¹

Zusammenfassung

Wissensbausteine werden aufgefaßt als gedankliche Einheiten geeignet zum Darstellen von wissenschaftlichem Wissen auf einem elektronischen Medium. Wir gehen zunächst auf den Unterschied zwischen sprachlichen und gedanklichen Einheiten ein, formulieren danach die allgemeinen Anforderungen an die Wissensbausteine, charakterisieren ihre Struktur, erläutern diese an einigen ausgewählten Beispielen, zeigen, wie mit Hilfe der Wissensbausteine ein allgemeiner Wissensraum aufgebaut werden kann und diskutieren abschließend einige Konsequenzen, die sich aus solch einem Raum ergeben.

1. Einleitung

Die verschiedenen historisch gewachsenen Vorstellungen über das Wissen erweisen sich als so heterogen, daß sie eher zur Verwirrung als zum Verständnis beitragen. Sie sind unvollständig und/oder widersprechen sich, und oft wird das, was als Wissen gelten soll, nicht klar gegen verwandte Erscheinungen wie Erkenntnis, Erfahrung, Information abgegrenzt. In einer früheren Arbeit² wurde nachzuweisen versucht, daß dieser unbefriedigende Zustand nicht auf mangelnde Bemühungen zurückzuführen ist, sondern in der Sache selbst begründet liegt. 'Wissen', so das Ergebnis, ist kein definierbarer Begriff, weil sich Wissens Elemente wie etwa Aussage und Metapher aufgrund ihrer unterschiedlichen Merkmale nicht unter einem Begriff subsumieren lassen. An dieses Ergebnis knüpft der hier vorgestellte Ansatz an, wonach es einen Satz von gleichstrukturierten elementaren Wissens Elementen gibt, die sich hinsichtlich ihrer Funktion voneinander unterscheiden und aus denen sich komplexere Wissens Einheiten aufbauen lassen. Die bisherigen Diskussionen über Wissen betrafen - bildlich gesprochen - die divergierenden Vorstellungen über verschiedene Arten von Gedankengebäuden; die Wissensbausteine erlauben nun Aussagen über den Aufbau dieser Gedankengebäude, etwa so, wie man anhand der Bauteile den Aufbau realer Gebäude erklären könnte.

Wissensbausteine sind Werkzeuge der Wissensdarstellung; Wissen ist zwar etwas Gedankliches, aber es besitzt ebenso eine Struktur wie die Sprache, über die es vermittelt werden muß. Es gilt daher zwei verschiedene Strukturbereiche zu unterscheiden: sprachliche und inhaltliche. Demzufolge gibt es auch sprachliche und inhaltliche Einheiten, mit denen jeweils die Strukturen erzeugt werden können. Weil Inhalte aber stets nur sprachlich vermittelt in Erscheinung treten, werden ihre Strukturen und Einheiten durch die sprachlichen verdeckt, so daß sie bisher kaum beachtet wurden. Die Wissensbausteine sind aber inhaltlich bestimmte Einheiten; um sie besser einordnen zu können, erläutern wir zunächst die Eigentümlichkeiten des sprachlichen und gedanklichen Bereichs und zeigen, welche Zusammenhänge zwischen beiden bestehen (Kap. 2). Danach formulieren wir die allgemeinen Anforderungen an die Wissensbausteine, die sie als inhaltliche Einheiten erfüllen müssen (Kap. 3), charakterisieren ihre Struktur und veranschaulichen diese an einigen ausgewählten Beispielen (Kap. 4). Wir erläutern anschließend die Möglichkeit, mit Hilfe der Wissensbausteine einen allgemeinen Wissensraum aufzubauen (Kap. 5) und diskutieren einige Konsequenzen, die sich aus solch einem Raum ergeben (Kap. 6). Im abschließenden Ausblick (Kap. 7) wird auf einige Probleme hingewiesen, die sich für die Bibliotheksarbeit ergeben, wenn Wissen nicht mehr in Büchern, sondern in elektronisch verfügbaren sogenannten Wissenssystemen angeboten wird.

¹ *Wolfenbütteler Notizen zur Buchgeschichte*, 27, Heft 2, 2002, 183-197.

² Jaenecke, Ist Wissen ein definierbarer Begriff?

2. Strukturbereiche bei der Darstellung

Dem Vorhaben, Wissen sprachlich darzustellen, liegt die Vorstellung zugrunde, Wissen sei etwas Gedankliches, das unabhängig von Sprache im menschlichen Gehirn gespeichert ist und das sich so in Sprache ausdrücken läßt, daß andere es sich durch Lesen wieder aneignen können. Nach dieser Vorstellung gibt es also weitgehend unabhängig voneinander zum einen Sprache, zum anderen Gedanken. Wo ein Haus oder ein Text anfängt und wo beides aufhört, läßt sich verhältnismäßig leicht feststellen, weil es klar abgegrenzte, durch die Sinneswahrnehmung reproduzierbare äußere Objekte sind. Daß ein Haus aus einzelnen Bauteilen, ein Text aus einzelnen Textbausteinen aufgebaut ist, daß demnach beide strukturiert sind, läßt sich kaum bezweifeln. Aber wie steht es mit den Gedanken? Bei ihnen ist offenbar eine Struktur viel schwieriger auszumachen als bei sichtbaren Objekten. Die sprachphilosophische Tradition kennt kaum andere Inhalte als Wortbedeutungen. Wörter erscheinen hier als gut abgrenzbare Sprachelemente, und diese Abgrenzbarkeit wurde unkritisch auf ihre Bedeutungen übertragen. Komplexere Inhalte jedoch bilden niemals einen monolithischen Block; sie sind strukturiert und aus gedanklichen Einheiten aufgebaut. Ein Schulaufsatz z.B. sollte bekanntlich in Einleitung, Hauptteil und Schluß gegliedert sein und ein Schauspiel kennt Akt, Szene, Auftritt.

Zur Externalisierung eines Gedankens müssen notwendig die gedanklichen Strukturen in Sprachstrukturen, allgemeiner: in Strukturen der gegenständlichen äußeren Welt wiedergegeben werden. Die Beschreibung dieses Vorgangs bringt ebenfalls einen sprachlichen und gedanklichen Bereich mit sich, jetzt aber auf einer anderen Ebene; hinzu kommt das Handhabungswissen der Darstellungsmittel, das ebenfalls der Gedankenwelt angehört. Dadurch ist die Gefahr groß, die verschiedenen jeweils eine andere Sichtweise betreffenden Ebenen miteinander zu vermengen. Nicht die Sachlage an sich bereitet die Verständnisschwierigkeiten, sondern es ist schwer, die verschiedenen Sichtweisen gedanklich und begrifflich auseinanderzuhalten. Dennoch muß zwischen ihnen strikt unterschieden werden, um die Wissensthematik angemessen bearbeiten zu können. Zum besseren Verständnis erläutern wir die Zusammenhänge anhand der Mosaikmetapher.

Ein Mosaikstein läßt sich mit einem Wort, dessen Farbe mit der Bedeutung eines Wortes vergleichen. Ein aus Mosaiksteinen zusammengefügtes Mosaik entspricht dann einem Text und die im Mosaik zu erkennenden Figuren kommen den im Text niedergelegten Gedanken gleich; sie sind das, was durch Mosaiksteine/Sprachelemente ausgedrückt werden soll. Obwohl man also Wörter braucht, um Gedanken auszudrücken, sind dennoch Wörter, genauer: deren Bedeutungen, nicht identisch mit diesen Gedanken, die sehr komplex sein können, wie etwa die in wissenschaftlichen Abhandlungen dargestellten Gedankengänge. Die Mosaiksteine zeigen eine Struktur, aber sie ist verschieden von der Bild/Gedankenstruktur, die sich aus den im Bild dargestellten Figuren/Gedanken ergibt. Eine Struktur besitzen heißt, es muß Einheiten geben, die nach bestimmten Regeln zusammengesetzt werden können. Wenn der Inhalt gegliedert ist, dann muß es vom *Inhalt* her bestimmte Einheiten geben, die solch eine Gliederung bewirken; sie werden im folgenden als 'gedankliche Einheiten' bezeichnet. Die Gedanken weisen eigene, sprachunabhängige Regelmäßigkeiten auf; es gibt neben der "sprachlichen" Grammatik gewissermaßen auch so etwas wie eine "inhaltliche Grammatik". Stellt man Betrachtungen an über die Merkmale der Mosaiksteine, z.B. über ihre verschiedenen Blautöne oder über ihre Größe und Festigkeit, so bewegt man sich im bautechnischen/ sprachtechnischen, tut man dies über das im Bild Dargestellte, so bewegt man sich im figürlichen/gedanklichen Bereich. Die hier am Mosaikbeispiel beschriebene Situation ist ein allgemeines Phänomen: Ein Objekt wird aus realen Einzelteilen zusammengesetzt und dabei entsteht eine bestimmte Struktur, z.B. das Abbild eines Baumes, die in den Bauteilen ebensowenig enthalten ist wie der Baum in den Mosaiksteinen. Es ist dies der figürliche/ inhaltliche/gedankliche Bereich; auf ihn beziehen sich die Wissensbausteine, denn es sind gedankli-

che, keine sprachliche Einheiten. Sie haben in einer wissenschaftlichen Abhandlung die gleiche Funktion wie etwa ein Gleichnis in einem Gedicht, das als ein "Lyrikbaustein" oder wie ein Strebepfeiler an einer gotischen Kirche, der als architektonische Einheit aufgefaßt werden kann.

3. Allgemeine Anforderungen an die Wissensbausteine

Während Sprachbausteine weitgehend auf Vereinbarungen beruhen, muß die Auswahl der Wissensbausteine nach inhaltlichen Grundsätzen erfolgen. Dazu ist es notwendig, allgemeine gedankliche Einheiten herauszufinden, die sich universell zur Darstellung von Wissen eignen. Bautechnisch gesprochen geht es um die Aufgabe, diejenigen Bauteile zu ermitteln, mit denen alle Gebäude - gleich welcher Art - gebaut werden können. Das dürfte selbst im Baufach eine unlösbare Aufgabe sein, denn Gebäude werden zwar aus einzelnen Teilen aufgebaut, von denen man immer einige als unverzichtbare Grundelemente anerkennen wird, etwa Balken und Ziegelsteine, aber es fällt schwer, einen Satz von Bauelementen zu benennen, mit dem sich jedes Gebäude bauen ließe. Es gibt also immer Bauelemente, die sich zwar zum Bau eines bestimmten Gebäudetyps eignen, für andere jedoch nicht. Die Aufgabe läßt sich erheblich vereinfachen, wenn man nicht versucht, Bauelemente für alle Gebäudearten zu finden, sondern sich auf einen bestimmten Gebäudetyp beschränkt. Entsprechendes gilt auch für die Wissensbausteine: Um einen optimalen Bausteinsatz zu erhalten, muß man die Vielfalt der Möglichkeiten durch bestimmte, den Zweck betreffende Vorgaben einschränken. Wir legen daher fest:

- (1) Die Wissensbausteine sind so zu wählen, daß sich mit ihnen (und nur mit ihnen) *wissenschaftliches Wissen* in einem elektronischen Medium darstellen läßt. Als allgemeines, nicht notwendig an Wahrheitswerte gebundenes Ausdrucksmittel für eine systematische Darstellung wissenschaftlicher Inhalte sollen sie insbesondere der Rekonstruktion von wissenschaftlichen Theorien dienen.
- (2) Die Wissensbausteine müssen *universell anwendbar* sein, d.h. sie müssen sich zur Darstellung eines jeden wissenschaftlichen Inhalts eignen. Die Idee der Universalität beruht also auf der Annahme, daß in jeder Wissenschaft Wissensbausteine wie Definitionen, Beweise, Aussagen usw. benötigt werden und daß sie in jeder Wissenschaft die gleiche Bedeutung haben. Nun hängt aber die Form vom Inhalt ab, und gemäß dem Prinzip der Darstellungstreue muß die Form - in diesem Fall die Sprachstruktur - so gewählt werden, daß sie äquivalent ist zur Struktur des zu erfassenden Inhalts. Unterschiedliche Inhalte erfordern daher auch unterschiedliche Sprachstrukturen; demnach sollte es gar keine universellen Wissensbausteine geben. Der scheinbare Widerspruch löst sich auf, wenn man beachtet, daß wir es mit zwei verschiedenen Arten von Inhalten zu tun haben: In dem einen Fall handelt es sich um die Charakterisierung der Wissensbausteine - hier gilt es z.B. darzustellen, was eine Definition ist - und nur im anderen Fall geht es um wissenschaftliche Inhalte, also etwa um die Definition von 'Stetigkeit'. Die Charakterisierung der Wissensbausteine erfordert ein bestimmtes Schema; was in ihm festgehalten wird, ist der jeweilige sprachabhängige wissenschaftliche Inhalt. In welcher Sprache dies zu geschehen hat, bleibt bei der Charakterisierung der Wissensbausteine offen, denn das hängt von diesem Inhalt ab sowie davon, welche Vorgaben von den anderen Wissensbausteinen kommen. Die Forderung nach Darstellungstreue kann nämlich dazu führen, daß ein bestimmter Wissensbaustein - z.B. eine allgemeine Aussage - einen ganz bestimmten Formalismus erzwingt, so daß sich dann die Darstellung der übrigen Wissensbausteine nach diesem Formalismus richten muß. So kann eine Definition - je nach dem Umfeld, in dem sie eingesetzt werden soll - in Sätzen einer natürlichen Sprache oder als mathematische Formel

formuliert sein. Diese Darstellungsfreiheit ist der Grund, warum es möglich ist, universelle, für alle wissenschaftliche Theorien geltende Wissensbausteine zu finden.

- (3) Jeder Wissensbaustein darf nur *genau eine Funktion* haben. Definitionen etwa, in denen etwas festgelegt und zugleich etwas behauptet wird, sind unzulässig.
- (4) Es muß das Ziel sein, ohne Einschränkung der Ausdrucksstärke mit so wenig Bausteinen wie möglich auszukommen. Gesucht ist also ein *redundanzfreier Satz von Wissensbausteinen*. Bausteine, die historisch bedingt unter unterschiedlichem Namen auftreten, aber die gleiche oder eine sehr ähnliche Bedeutung haben oder deren Funktion sich auch von einem anderen Baustein oder durch eine Kombination von anderen Bausteinen realisieren läßt, sind redundant und dürfen im Bausteinsatz nicht vorkommen. So ist z.B. eine Widerlegung ein spezieller logischer Schluß und darf daher nicht als eigenständiger Wissensbaustein im Bausteinsatz erscheinen.³
- (5) Wissensbausteine müssen *semantisch abgeschlossen* sein, d.h. sie müssen eine hinsichtlich ihrer Funktion gedanklich abgeschlossene Einheit bilden. Eine Definition z.B. muß den betreffenden Objektbereich eindeutig und vollständig beschreiben, und eine Aussage erfordert, um als semantisch abgeschlossene Einheit gelten zu können, zumindest einen korrekten Satz; vereinfacht gesagt: bei einer Aussage muß etwas ausgesagt werden. Wissensbausteine können daher als "Dokumentationssprache" dienen; sie erlauben eine "natürliche" Inhaltserschließung. Man kann sie ferner als Elemente einer speziellen auf gedankliche, nicht auf syntaktische Einheiten aufgebauten Markup Language auffassen.
- (6) Nicht jeder semantisch abgeschlossene Gedanke ist zugleich ein Wissensselement. Wissensselemente zeichnen sich vor anderen Gedanken durch ein besondere *Wissensstruktur* aus, die demnach auch die Wissensbausteine besitzen müssen. Sie ist durch folgende Bedingung gekennzeichnet: Ein Wissensselement muß mindestens zwei miteinander in Beziehung gesetzte Dinge umfassen. Im einfachsten Fall sind es zwei mit einer zweistelligen Relation verbundene Begriffe. Welcher Art die Beziehungen sind und welche Objekte hierfür infrage kommen, hängt vom Wissensbaustein selbst ab. Auch ein Wissensselement setzt sich aus Bestandteilen zusammen, die unter einem anderen Gesichtspunkt ebenfalls semantisch abgeschlossen sind, aber sie zählen nicht zum Wissen, weil sie die Strukturbedingung nicht erfüllen: Bestandteile müssen nicht notwendig den gleichen Status haben wie das Objekt, das aus ihnen aufgebaut wurde. Danach scheiden u.a. Begriffe und Relationen als Wissensselemente aus. 'Kleiner als' z.B. besagt für sich nichts; erst in Verbindung mit zwei Begriffen, etwa '5 ist kleiner als 6' entsteht Wissen.
- (7) Mit dem Wort 'Baustein' verbindet man die Vorstellung von etwas Elementarem, das, bezogen auf einen bestimmten Zweck, nicht mehr sinnvoll in kleinere Einheiten zerlegt werden kann (obwohl dies im Prinzip möglich wäre). Jeder Wissensbaustein muß solch eine *elementare Einheit* bilden; die man nicht weiter zergliedern kann, ohne ihre Funktionstüchtigkeit zu zerstören. Eine Schachtelung von Wissensbausteinen ist daher unzulässig: In einem Wissensbaustein dürfen keine weiteren Wissensbausteine auftreten, denn dann wäre ja noch eine sinnvolle Zerlegung in kleinere Einheiten möglich.
- (8) Mit Wissensbausteinen, so der Grundgedanke, sollen sich komplexere Wissensseinheiten, zusammenhängende Gedanken aufbauen lassen; sie sollen im wörtlich Sinn Bausteine des Wissens sein. Damit dies möglich ist, müssen sie nicht nur ein abgeschlossenes Ganzes

³ Die Frage, wie viele Wissensbausteine es gibt, muß zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch unbeantwortet bleiben. Möglicherweise muß der Bausteinsatz immer als offen angesehen werden, insbesondere dann, wenn man neben dem wissenschaftlichen noch anderes Wissen zuläßt.

bilden, sondern auch zu einem größeren Verband zusammenfaßbar sein. Dies geschieht durch eine *Reihung*, bei der ausgewählte Wissensbausteine über eine bestimmte eigens dafür eingeführte Relation in eine folgerichtige Anordnung gebracht werden. Alle mit der gleichen Relation verknüpften Wissensbausteine sind durch diese Relation als zusammengehörig gekennzeichnet. Was folgerichtig ist, ergibt sich aus dem Zweck, den man durch die Reihung erzielen will; entsprechend vielfältig sind auch die Relationen, die bei Reihungen auftreten. So ist es z.B. bei einem Lebenslauf die chronologische Reihenfolge, bei Theorien die vom Inhalt bestimmte Folgerichtigkeit und bei Enzyklopädien die alphabetische Reihenfolge ihrer durch ein Schlagwort gekennzeichneten Artikel. In allen diesen Reihungen wird ein Ordnungsschema fixiert, das über die einzelnen Wissensbausteine hinwegreicht und eine Metastruktur repräsentiert

- (9) Der Inhalt eines einzelnen Wissensbausteins, für sich betrachtet, kann Leerstellen aufweisen. Sie äußern sich z.B. in einer Aussage oder in einer Definition dadurch, daß dort auf Begriffe Bezug genommen wird, die nicht erklärt, oder auf Behauptungen, die nicht bewiesen werden. Nun könnte man diese Leerstellen füllen, indem man die fehlenden Definitionen, den ausstehenden Beweis mit in den betreffenden Wissensbaustein aufnähme. Doch da in einem Wissensbaustein nicht selbst wieder Wissensbausteine vorkommen dürfen, werden von den letzteren nur ihre Namen aufgenommen, und über sie ist es möglich, von innen aus einem Wissensbaustein heraus auf andere Wissensbausteine zu verweisen. Solche Verweise erfolgen ebenfalls über Relationen, aber sie verbinden jetzt nicht wie bei der Reihung zwei Wissensbausteine miteinander, sondern den Namen mit dem zugehörigen Wissensbaustein. Diese Art der Verbindung bezeichnen wir als '*Verflechtung*'.

Darüber hinaus gibt es noch Operationen, mit denen aus einem oder mehreren Wissensbausteinen ein neuer Wissensbaustein erzeugt wird. Sie spielen bei den Konsistenztests eine große Rolle; wir gehen hier jedoch nicht näher auf sie ein. Beispiele für solche Operationen sind logischen Verknüpfungen von Aussagen.

Wie läßt sich solch ein Satz von Wissensbausteinen unter Beachtung der Vorgaben ermitteln? Es ist natürlich naheliegend, sich die wissenschaftlichen Ergebnisse, hier insbesondere die verfügbaren erfahrungswissenschaftlichen Theorien vorzunehmen und sie auf ihre inhaltlichen Strukturen zu untersuchen. Solche Theorien gelten als systematische Darstellungen eines Sachgebietes; es ist somit zu erwarten, daß in ihnen die gesuchten Wissensbausteine zu finden sind. Doch da die Theorien nicht mit vereinbarten Wissensbausteinen abgefaßt wurden, müssen in einem Analyseschritt erst aus ihnen gedankliche Einheiten herauspräpariert werden, die in der Theorie eine ganz bestimmte Funktion erfüllen und eben dadurch als Kandidaten für Wissensbausteine in Frage kommen. Obwohl es zu dieser Vorgehensweise keine Alternative gibt, muß man sich dennoch über die zu erwartenden Strukturdefizite im wissenschaftlichen Material im klaren sein; es kann daher nicht in jedem Fall als Maßstab dienen.

Um nun zu einer Entscheidung zu kommen, welche Kandidaten als Wissensbausteine aufzunehmen sind, wird man mit ihnen probeweise bekannte Theorien zu rekonstruieren versuchen. Hier treten nun ganz ähnliche Schwierigkeiten auf wie bei der Analyse. Rekonstruieren bedeutet nämlich ein Umformulieren, ein "Übersetzen" in eine andere Sprache mit vorgegebenen inhaltlich bestimmten Bausteinen. Das läßt sich nicht ohne inhaltliche Veränderungen ausführen, dennoch dürfen die in den Theorien erfaßten Inhalte keinen Verlust erleiden; d.h. durch den Übergang zu einer anderen Darstellung sind Änderungen unvermeidlich; sie dürfen die Sache jedoch nicht verschlechtern, also ist man zwangsläufig verpflichtet, nach solchen Veränderungen zu suchen, die zu einer Verbesserung der bestehenden Verhältnisse führen. Doch um festzustellen, ob dies tatsächlich der Fall ist, fehlen sichere Anhaltspunkte. Die ursprüngliche Theorie kann hierfür nur bedingt herangezogen werden, denn sie ist ja mit der

rekonstruierten nicht identisch. Die Abgrenzung von Wissensbausteinen muß demnach als ein schöpferischer iterativer Prozeß betrachtet werden, bei dem über das vorliegende Material hinausgehende neue Einsichten gewonnen werden. Ihre Berechtigung können die Wissensbausteine letztlich erst dann gewinnen, wenn es gelang, wissenschaftliche Theorien strikt mit ihnen aufzubauen. Bis dahin müssen sie als vorläufig gelten.

4. Charakteristik der Wissensbausteine

Die oben aufgezählten Anforderungen an die Wissensbausteine gilt es nun in einen Formalismus umzusetzen. Da die Wissensbausteine auf einem Rechner dargestellt werden sollen, müssen wir eine diesem Ziel angemessene Darstellung verwenden. Als Grundeinheit wählen wir die in Abbildung 1 gezeigte Struktur und erfüllen damit die Anforderung (6); sie besagt: Knoten a ist mit Knoten b durch die Relation R verknüpft, die durch eine gerichtete und benannte Kante dargestellt wird. Die Knoten repräsentieren die Objekte, hier insbesondere die Wissensbausteine oder deren Namen; die Relationen stellen die Verbindung zwischen den Objekten her; die Anzahl der Relationen ist nicht beschränkt. Ein Objekt kann daher beliebig viele ein- und ausgehende Relationen haben und so in vielfältiger Weise mit anderen Objekten verknüpft sein. Auf diese Bestandteile wird im folgenden Bezug genommen.⁴

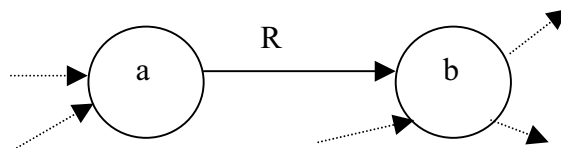


Abbildung 1: Grundstruktur eines Wissensbausteines.

Hauptbestandteile sind Knoten wie a und b, die über Relationen - als Beispiel ist die Relation R angegeben - in beliebiger Weise mit anderen Knoten verbunden sein können.

Die Wissensbausteine können in Bausteinararten zusammengefaßt werden; alle Bausteinararten sind nach dem gleichen Bausteinschema aufgebaut.

Das *Bausteinschema* entspricht einem unausgefüllten Formular, in dem die allen Bausteinararten zukommenden Merkmale aufgeführt sind und die nur einmal pro Bausteinarart angegeben zu werden brauchen (Tabelle 1): Identifiziert wird eine Bausteinarart durch ihren Namen. Die semantische Beziehung gibt die Form der Bedeutungsübertragung an; aus ihr folgt jeweils eine Ersetzungsregel. Die Funktion der Bausteinarart ergibt sich aus der Rolle, die sie in einer wissenschaftlichen Theorie spielt. Nicht jeder Gedanke, nicht jede behauptete Beziehung, kann automatisch als Wissen gelten. So ist nicht jede Handlungsvorschrift eine Methode und nicht jede Aufzählung von Eigenschaften eine Definition. Um Wissen und Nichtwissen voneinander abgrenzen zu können, benötigt man für jede Bausteinarart jeweils ein eigenes Gütekriterium. Für einige Bausteinararten sind eine oder mehrere Verknüpfungsoperationen definiert. Von besonderer Bedeutung ist der Bausteinkern, er gibt an, wie und aus welchen Bestandteilen die jeweilige Bausteinarart aufgebaut ist. Typ- und Bausteinnamen sind bausteinspezifische Verwaltungsangaben.

⁴ Technisch gesehen handelt es sich um die Grundeinheit eines semantischen Netzes mit beliebigen Relationen; Einzelheiten s. Jaenecke, On the structure of a global knowledge space. Derzeit gibt es unter dem Namen 'Ontologie' zahlreiche Versuche, mit solchen Netzen, aber auch mit Topic Maps, Conceptual Graphs usw. Wissen zu erfassen; s. hierzu z.B. Sowa: Knowledge Representation, oder zu Topic Maps den Sammelband von Parks, dort speziell Rath: Topic Map Fundamentals, Sigel: Topic Maps in Knowledge Representation.

Name der Bausteinart
Semantische Beziehung
Funktion
Gütekriterium
[Verknüpfungsoperation(en)]
Name des Typs der Bausteinart
Name des Wissensbausteins
Bausteinkern

Tabelle 1: Bausteinschema.

Die weißen Felder kennzeichnen die Merkmale der Bausteinart, die schattierten die Merkmale eines Bausteins.

Jede *Bausteinart* ist charakterisiert durch die Angabe der für sie typischen Merkmale. In Tabelle 2 ist als Beispiel die Bausteinart 'Abkürzung' angegeben. Weitere Beispiele sind Aussage, Definition, Metapher, Methode. Eine Bausteinart einführen bedeutet (i) die im Bausteinschema aufgeführten Artmerkmale angeben (weiße Zeilen in Tabelle 1 - Tabelle 3) und (ii) die Wissensbausteine dieser Art allgemein beschreiben (schattierte Zeilen in Tabelle 1 - Tabelle 3); das Ergebnis ist vergleichbar mit einem ausgefüllten Fragebogen. Eine Bausteinart kann sich in mehrere Typen untergliedern.

Das einfache Beispiel in Tabelle 2 sollte nicht darüber hinwegtäuschen, daß alle Bausteinarten, also auch die anspruchsvolleren, nach dem gleichen Schema aufgebaut sind. Die meisten Bausteinarten sind durchaus bereits bekannt, allerdings nicht unter dem Gesichtspunkt, daß es sich bei ihnen um Grundelemente des Wissens handelt; außerdem ist ihre Struktur bislang nicht untersucht worden.

Abkürzung	<i>ist der</i> ⁵	Name der Bausteinart
Bedeutung(Kurzform) = Bedeutung(Langform)	<i>ist die</i>	Semantische Beziehung
Abkürzen der Textlänge	<i>ist die</i>	Funktion
Länge(Kurzform) < Länge(Langform) Die Terme 'Kurzform' und 'Langform' müssen eindeutig sein im Wissensraum	<i>ist das</i>	Gütekriterium
		[keine Verknüpfungsoperation]
Term ₁	<i>ist ein</i>	Name eines Abkürzungstyps
Term ₂	<i>ist ein</i>	Name eines Wissensbausteins
Kurzform	<i>ist ein</i>	Term
= _{abk}	<i>ist eine</i>	Äquivalenzrelation
Langform	<i>ist ein</i>	Text

|← Struktur der Bausteinart 'Abkürzung' →| ← Verwaltungsinformation →|

Tabelle 2: Struktur und Verwaltungsinformation der Bausteinart 'Abkürzung'.

⁵ Die Zeilen in den Tabellen 2ff entsprechen der in Abbildung 1 angegebenen Struktur: Die rechte und linke Spalte enthält jeweils die Knoten, die mittlere die Relationen. Mit 'ist eine', 'ist der' usw. wird eine Element-Mengen-Beziehung beschrieben.

Definition		Name der Baustein-Art
Bedeutung(Unterbegriff) = Bedeutung(Oberbegriff\Einschränkung)	<i>ist eine</i>	Semantische Beziehung
Abgrenzung eines Objektbereiches $O = \text{Umfang}(\text{Unterbegriff})$ aus einem übergeordneten Objektbereich $O_0 = \text{Umfang}(\text{Oberbegriff})$	<i>ist ein</i>	Funktion
O_0 enthält mindestens zwei Elemente; $O \subset O_0$; es gibt ein Entscheidungsverfahren für O ; aus 'Oberbegriff\Einschränkung(Begriff ₁ , Begriff ₂ , ..., Begriff _N)' läßt sich ein Entscheidungsverfahren für O_0 ableiten.	<i>ist ein</i>	Gütekriterium
Ersetzung, Verkettung	<i>ist eine</i>	Verknüpfungsoperation
Term ₁	<i>ist ein</i>	Definitionstyp
Term ₂	<i>ist ein</i>	Name des Wissensbausteins
Begriff _u	<i>ist ein</i>	Unterbegriff
\equiv_{def}	<i>ist eine</i>	Äquivalenzrelation
Begriff _o	<i>ist ein</i>	Oberbegriff
$\backslash \text{Text}(\text{Begriff}_1, \text{Begriff}_2, \dots, \text{Begriff}_N)$	<i>ist eine</i>	Einschränkung

Tabelle 3: Struktur und Verwaltungsinformation der Bausteinart 'Definition'.

Auf der untersten Ebene findet man die eigentlichen *Wissensbausteine*, etwa eine ganz bestimmte Definition, ein ganz bestimmtes Modell. Sie bestehen aus dem Namen des Typs der Bausteinart, aus ihrem eigenen Namen und dem Bausteinkern, in dem die elementaren Bestandteile des Wissensbausteins festgehalten sind (Tabelle 4 - Tabelle 6). Er variiert von Art zu Art; alle Bausteine der gleichen Art sind Instanzen dieser Art, und "erben" deshalb auch deren Eigenschaften. Es ist daher nicht notwendig, bei jedem Baustein die jeweiligen Eigenschaften der Bausteinart anzuführen. Nach Voraussetzung darf ein Wissensbaustein zwar Namen von anderen Wissensbausteinen, aber selbst keine Wissensbausteine enthalten.

Beispiel: 'Abkürzung QPSK'

Akronym	<i>ist der</i>	Name des Abkürzungstyps
Abkürzung QPSK	<i>ist der</i>	Name des Wissensbausteins
QPSK	<i>ist ein</i>	Term
\equiv_{abk}	<i>ist eine</i>	Äquivalenzrelation
Quaternary Pulse Shape Keying	<i>ist ein</i>	Text

← Wissensbaustein 'Abkürzung QPSK' → | ← Verwaltungsinformation → |

Tabelle 4: Wissensbaustein 'Abkürzung QPSK' (linke Spalte) mit Verwaltungsinformation.

Beispiel: 'Definition Bewegungsgleichung'

Definition	<i>ist ein</i>	Definitionstyp
Definition Bewegungsgleichung	<i>ist der</i>	Name des Wissensbausteins
Bewegungsgleichung	<i>ist der</i>	Unterbegriff
\equiv_{def}	<i>ist eine</i>	Äquivalenzrelation
Grundgesetz	<i>ist der</i>	Oberbegriff
\backslash das die Bewegung eines Massenpunktes unter der Einwirkung von Kräften beschreibt	<i>ist die</i>	Einschränkung

Tabelle 5: Wissensbaustein 'Bewegungsgleichung' mit Verwaltungsinformation.

Beispiel: Definition 'Grade Zahl'

Definition	<i>ist ein</i>	Definitionstyp
Definition Gerade Zahl	<i>ist der</i>	Name des Wissensbaustein
Gerade Zahl	<i>ist der</i>	Unterbegriff
= _{def}	<i>ist eine</i>	Äquivalenzrelation
ganze Zahl	<i>ist der</i>	Oberbegriff
\die durch 2 teilbar ist	<i>ist die</i>	Einschränkung

Tabelle 6: Wissensbaustein 'gerade Zahl' mit Verwaltungsinformation.

6. Wissensraum

Die Bausteinstruktur erlaubt eine vielfältige Verknüpfung zwischen den Wissensbausteinen; die Gesamtheit aller miteinander verbundenen Wissensbausteine bezeichnen wir als 'Wissensraum'. Jeder Wissensbaustein erscheint, da durch entsprechende Verknüpfung stets mehrfach verwendbar, genau einmal im Wissensraum. Allein schon durch die verwaltungsbedingten, vor allem der Handhabung des Wissensraumes dienenden Verknüpfungen (s. Tabelle 2 - Tabelle 6) ist sichergestellt, daß kein Wissensbaustein isoliert bleibt.

Das Herzstück des Wissensraumes bilden natürlich diejenigen Wissensbausteine samt ihren Verknüpfungen, die das wissenschaftliche Wissen repräsentieren. Hier wurde zwischen Verflechtung und Reihung unterschieden. Bei einer Verflechtung ist ein Baustein über die in ihm vorkommenden Bausteinamen mit anderen Bausteinen verbunden. So enthält die Bausteinart 'Aussage' z.B. einen Beweisnamen, der Aussage und Beweis miteinander in Beziehung setzt. In diesen ergänzenden Bausteinen kommen meist ebenfalls Namen vor, die auf weitere Bausteine verweisen usw. Bereits auf diese Weise ergibt sich ein hoher Verknüpfungsgrad. Ferner besteht die Möglichkeit, im Wissensraum durch Reihung bestimmte Pfade zu bilden; sie bestehen aus ausgewählten Bausteinen, die über eine spezielle Relation miteinander verbunden sind. Wissensbausteine können so zu einer Theorie zusammengefügt werden. Jede Theorie ist durch eine eigene Relation von anderen Theorien unterschieden, sie repräsentiert eine Dimension des Wissensraumes, erscheint aber selbst nur noch als Pfad in diesem Raum. Die Kopplung von einzelnen Theorien ergibt sich durch die gemeinsame "Nutzung" von Wissensbausteinen; durch sie ist es möglich, die Schranken zwischen den einzelnen Theorien aufzuheben: Jede Theorie (so umfangreich sie auch sein mag) enthält methodische Lücken, insofern sie auf Wissensbausteine zurückgreift, die außerhalb ihres Zuständigkeitsbereichs liegen. Sie müssen von anderen Theorien, genauer: von Bausteinen anderer Theorien geschlossen werden. So treten z.B. in den Wissensbausteinen Äquivalenzrelationen auf, für deren Eigenschaften die Mathematik zuständig ist; durch einen Verweis entsteht so eine Querverbindung zur Mathematik. Zwar wird es dennoch immer noch Leerstellen im Wissensraum geben, aber viele sind jetzt gebunden, die bei isolierten Einzeltheorien offen bleiben müßten. Verfolgt man diesen Ansatz konsequent weiter, so entsteht ein umfassender, die Einheit der Wissenschaften repräsentierender, vom Umfang her prinzipiell nicht eingeschränkter Wissensraum. Aus ihm ergeben sich zahlreiche Konsequenzen, sowohl für die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie als auch für die Anwendung.⁶

- Ein Wissensraum hat keinen Wahrheitswert und kann somit auch nicht widerlegt werden. Seine Erkenntnissicherung bezieht sich auf die den gesamten Raum betreffende Konsistenz. Über sie ließe sich etwa folgender Wahrheitsbegriff einführen: Eine Aussage ist wahr bezüglich eines bestimmten konsistenten Wissensraumes, wenn sie ihn nicht inkon-

⁶ Näheres insbesondere auch zu dem zugrundeliegenden Erkenntnisprinzip s. Jaenecke, Über den Wissensraum zur Einheit der Wissenschaften.

sistent macht. Durch die Realisierung auf dem Rechner ist eine Erkenntnissicherung möglich, die über das manuell Übliche und Mögliche hinaus einen Korpus von zusammenhängendem Wissen zu berücksichtigen erlaubt.

- Eine Konsistenzprüfung erfolgt in mehreren Schritten: Zunächst wird in einem *Gütetest* die Korrektheit der Wissensbausteine geprüft. Es folgt der Test auf *Formalkonsistenz*, der unter anderem auf Regeln beruht, die eine Verletzung der Raumtopologie ausschließen. Sie ergeben sich aus den formalen Eigenschaften der Relationen wie der Transitivität. Der Wissensraum kann ferner auf *Vollständigkeit* untersucht werden, also darauf, ob Wissensbausteine - z.B. Beweise - fehlen oder Begriffe noch ungeklärt sind oder ob es noch offene Probleme gibt. Beim Nachweis der *Ableitungskonsistenz* wird überprüft, ob sich Widersprüche ergeben oder ob Wissensbausteine redundant sind, z.B. weil sie aus den übrigen abgeleitet werden können. Bei allen Konsistenzprüfungen handelt es sich um Ableitungen über dem Wissensraum, allerdings in erweiterter Form, in der auch nicht-logische Ableitungen vorgesehen sind. Die Ableitungen beruhen notwendig auf Wissen aus dem Wissensraum, d.h. sie setzen Wissensbausteine als konsistent voraus, die nicht Gegenstand, sondern Mittel der Überprüfung sind. Der Wissensraum ist bezüglich dieser Verfahren konsistent, wenn alle möglichen Ausschnitte die Konsistenzprüfung überstehen.
- Es gibt kein Anfangsproblem; man kann - wie tatsächlich historisch geschehen - an beliebiger Stelle mit dem Aufbau eines Wissensraumes beginnen. Demnach gibt es auch keine Hierarchie, d.h. keine obersten Prämissen, aus denen alles übrige folgt.
- Ein Wissensraum stellt kein "absolutes" Wissen dar, vielmehr repräsentiert er den jeweils aktuellen Wissensstand. Aber er kann jederzeit verbessert werden etwa durch zusätzliche Verknüpfungen, neue Wissensbausteine, Beseitigung von Redundanz. Die etwas verschwommene Redeweise von einer fortlaufenden Annäherung an die Wahrheit erhält eine klare Bedeutung, wenn man sie ersetzt durch 'Akkumulation von konsistentem Wissen im Wissensraum'.
- Der Wissensraum erlaubt (wieder) kollektive geistige Arbeit, denn wenn auch niemand mehr den Raum als Ganzes zu überblicken vermag, so bietet er doch eine Baustelle, an der an verschiedenen Stellen Spezialisten gleichzeitig wirken können: Auch mit einem unvollständigen Wissensraum kann sinnvoll gearbeitet werden. Die Gefahr des Auseinanderdriftens besteht nicht, denn das, woran gearbeitet wird, ist zugleich Forschungswerkzeug, mit dem sich jede Änderung probeweise auf Verträglichkeit überprüfen läßt. Da die Grenzen zwischen den einzelnen Wissensgebieten aufgehoben sind, kann durch den Wissensraum ein und dieselbe Sache unter verschiedenen Sichtweisen betrachtet werden. Auf diese Weise trägt er auch zur interdisziplinären Verständigung bei.

7. Ausblick

Wissen zu verkaufen, ist eine verlockende Idee. Schon in naher Zukunft werden deshalb sogenannte Wissenssysteme auf den Markt kommen, mit dem Anspruch Wissen zu repräsentieren. Das führt zu zahlreichen Problemen, über die man sich bisher offenbar wenig Gedanken gemacht hat. Wenn z.B. verschiedene Hersteller unterschiedliche Systeme anbieten - welches ist dann das "richtige"? Oder wird es vielleicht zukünftig so etwas wie eine "Wissenspluralität" geben, so daß etwas in dem einen System richtig, in einem anderen aber falsch sein kann? Läßt man jedoch, um dies zu verhindern, nur ein einziges Wissenssystem als maßgeblich zu - mit dem hier vorgestellten Wissensraumansatz wäre dies möglich, da er im Gegensatz zu allen anderen bisherigen Ansätzen auf eine bereits in der Struktur verankerten Konsistenzprü-

fung ausgerichtet ist -, so stellt sich die Frage: Wer soll solch ein Wissenssystem verwalten, wer die Arbeit an ihm koordinieren? Wer ist berechtigt, es zu erweitern und Korrekturen an ihm vorzunehmen? Es wäre denkbar, diese Aufgabe einigen dazu autorisierten international agierenden Zentralbibliotheken oder den Akademien der Wissenschaften zu übertragen.

Unabhängig davon werden Wissenssysteme auf jeden Fall die bibliothekarische Arbeit verändern, denn in ihnen wird es die traditionellen bibliographischen Angaben wie Autor, Verlag, Verlagsort nicht mehr geben. Beschafft werden müssen dann nicht mehr nur bestimmte Bücher, Zeitschriften usw., sondern auch bestimmte Informationen aus einem Wissenssystem. Der Umgang mit Wissenssystemen bereitet Schwierigkeiten, weil es in ihnen keine scharfen Grenzen zwischen den einzelnen Wissens-elementen mehr gibt; dadurch sind die Methoden für die traditionellen Aufgaben nicht mehr so ohne weiteres brauchbar. So müßte z.B. geklärt werden:

- Wie formuliert man eine Suchanfrage für eine Suche in einem Wissenssystem?
- Wie funktioniert in einem Wissenssystem das Information Retrieval?
- Wie grenzt man den gefundenen Teil vom übrigen Wissenssystem ab?
- Wie übermittelt man das Suchergebnis an den Benutzer?

Die mit diesen Fragen verbundenen Probleme sind noch weitgehend ungelöst.

Literatur

Jaenecke, Peter: Ist 'Wissen' ein definierbarer Begriff? In: Ohly, H. Peter; Rahmstorf, Gerhard und Sigel, Alexander (Hrsg.): Globalisierung und Wissensorganisation: Neue Aspekte für Wissen, Wissenschaft und Informationssysteme. Würzburg: Ergon Verlag. 1999. S. 67-82.

Jaenecke, Peter.: On the structure of a global knowledge space. In: *La representación y organización del conocimiento: Metodologías, modelos y aplicaciones*, proceedings, V Congreso ISKO España, Alcalá de Henares April 2001. S. 301-312.

Jaenecke, Peter: Über den Wissensraum zur Einheit der Wissenschaften. In: Proceedings Internationaler Leibnizkongreß, Berlin 2001; im Erscheinen.

Park, Jack (Editor); Hunting, Sam; Biezunski, Michel and Newcomb, Steven (technical editors): XML Topic Maps: Creating and Using Topic Maps for the Web. Addison Wesley (to appear September 2001).

Rath, Holger: Topic Map Fundamentals for Knowledge Representation, in Park et al..

Sigel, Alexander: Topic Maps in Knowledge Organization, in Park et al..

Sowa, John F.: Knowledge Representation. Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Grove etc.: Thomson Learning Pacific. 2000.