

# Augmenting Designers' Memory

-

## Case-Based Reasoning in der Architektur

Katharina Richter

Fakultät Architektur  
Bauhaus-Universität Weimar  
katharina.richter@uni-weimar.de

**Abstract:** Die Arbeit beschäftigt sich mit der Anwendung des Case-Based Reasoning Paradigmas (CBR) in Entwurfsunterstützenden Systemen in der Architektur. Sie ist angesiedelt an der Nahtstelle zwischen Architektur und Informatik und berührt Forschungsfelder der Künstlichen Intelligenz, der Kognitionswissenschaften, der Entwurfsforschung sowie der Architekturinformatik. Ausgehend von der Feststellung, dass vielversprechende Systeme und Konzepte existieren bildet, auf der Suche nach Gründen für deren limitierten Erfolg, ein Abgleich zwischen dem kognitiven Modell und der daraus abgeleiteten Methode, den theoretischen Betrachtungen zu architektonischem Entwerfen und der Ausbildung sowie der Anwendung der Methode in CBR Systemen in der Architektur den Kern der Arbeit.

## 1 Einführung

Die Problemlösungstheorie CBR basiert auf der Annahme, dass der Mensch aufbauend auf seinen eigenen Erfahrungen neue Situationen versteht und Probleme löst. Dabei bildet er Analogien zwischen ähnlichen, in der Vergangenheit erlebten Situationen oder bereits gelösten Problemen, um daraus Schlüsse für die Gegenwart zu ziehen [Kol93]. Im Zentrum des Paradigmas stehen demzufolge das Lernen und das Schöpfen aus Erfahrungen. Eines der wesentlichen Argumente für den Einsatz von CBR in Computersystemen im Allgemeinen besteht darin, die Wiederholung von Fehlern aus der Vergangenheit vermeiden und auf den Erfolgen aufbauen zu können. Ausgehend von den Prämissen, dass das architektonische Entwerfen ein auf Erfahrungen beruhender Prozess sei (siehe beispielsweise [Bör97], [Hey00]), dass Entwurfsprobleme besonderen Gesetzmäßigkeiten unterliegen [Kol93] und dass Architekten beim Lösen neuer Entwurfsaufgaben intensiv von vorherigen Lösungen in Form exemplarischer Architekturobjekte Gebrauch machen (siehe [DK92]; [OO94], [Bör97], [Ach00], [Hey00], [Tah06] u.a. ), entstanden seit Beginn der 1990er Jahre zahlreiche Lösungen zur Unterstützung dieses Vorgehens.

## 2 Problemstellung

Zieht man nach 15 Jahren CBR Forschung in der Architektur Bilanz, so gelangt man sehr schnell zu der Feststellung, dass zahlreiche nachvollziehbare und scheinbar vielversprechende Anwendungen in Form wissenschaftlicher Konzepte und Prototypen existieren. Diese haben jedoch weder auf die architektonische Praxis noch auf die Ausbildung von Architekten den erhofften Einfluss. Die Situation stellt sich wie folgt dar: Es existiert kein kommerziell verfügbares CBR System, welches Entwerfen in der Architektur in der Praxis unterstützt. Akademische Aktivitäten um CBD, Case-Based Design als der Oberbegriff für CBR basierte Systeme die im weitesten Sinne das Entwerfen unterstützen, fanden insbesondere in der Anfangszeit gehäuft statt. Entstandene Konzepte und Systeme haben allerdings ihre akademische Heimat nie verlassen. In der Wissenschaftswelt sehr erfolgreiche Systeme waren FABEL (1992-1996), ein Projekt unter der Schirmherrschaft der GMD / Fraunhofer Gesellschaft sowie SEED (1992-2001), ein an der Carnegie Mellon University entwickeltes modulares Computersystem zur Unterstützung früher Entwurfsphasen. Das Entwurfsunterstützende System DYNAMO ist gegenwärtig wohl das bedeutendste CBD Projekt in Lehre und Forschung. Es ist festzustellen, dass auf wissenschaftlicher Seite keine umfassenden Arbeiten existieren, die ausgehend vom Für und Wider von CBD einen verlässlichen Entscheid zum Einsatz von CBR in der Architektur fällen.

Zunächst ist festzustellen, dass es tatsächlich schwerfällt, sich der Plausibilität des Modells und dessen grundlegenden Ideen zu entziehen. Ebenso lassen sich die Argumente für eine Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur nicht leicht von der Hand weisen: Architekten lernen aus Erfahrungen und machen während des Entwurfsprozesses von exemplarischen Architekturobjekten Gebrauch. Es stand also infrage, warum sich Systeme, die auf diesen Feststellungen aufbauen, nicht durchsetzen?

Der Wunsch, Ursachen für den begrenzten Erfolg der Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur zu finden, stellte den Ausgangspunkt dieser Arbeit dar. Bereits die erste Annäherung an diese Frage ließ erkennen, dass das Verständnis von CBR in der Architektur, gewählte Prämissen und die Auslegung von sowohl Modell als auch Methode enormen Variationen unterworfen sind. Daraus leitete sich folgende Hypothese ab:

Es existiert kein einheitliches Verständnis der Thematik CBR in der Architektur.

Aus dieser Hypothese leitete sich wiederum die Notwendigkeit ab, sich sowohl eingehender mit den vorherrschenden Auslegungen zu Modell, Methode und deren Anwendung in der Architektur als auch mit den der Anwendung zu Grunde liegenden Prämissen, die sich aus Betrachtungen zu Besonderheiten des architektonischen Entwerfens und der Ausbildung ergeben, zu beschäftigen.

Es lassen sich zwei Extreme der Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur unterscheiden: Es existieren Systeme, die architektonische (Teil )Aufgaben vollkommen selbständig lösen. Die Rede ist hier von Entwurfsgenerierenden Systemen. Zum anderen gibt es Systeme, die den Architekten in seinem Tun lediglich unterstützen: Entwurfsunterstützende Systeme. In die Auseinandersetzung mit CBR in der Architektur flossen Betrachtungen zu beiden Ansätzen ein. Der Fokus der Arbeit lag jedoch auf Entwurfsunterstützenden Systemen.

### 3 Zielstellung

Ziel der Arbeit war es Widersprüche in der Theorie und in deren Auslegung aufzudecken, aus denen sich u.a. Gründe für den mangelnden Erfolg von CBR in der Architektur ableiten lassen. Aus diesem Anlass wurde ein Abgleich durchgeführt zwischen dem kognitiven Modell und der daraus abgeleiteten Methode, den theoretischen Betrachtungen zu architektonischem Entwerfen und der Ausbildung sowie der Anwendung der Methode in CBR Systemen in der Architektur. Die Hypothese, auf der diese Herangehensweise beruht, lautete:

Gründe für den mangelnden Erfolg sind unter anderem in einer missverständlichen Auslegung des Modells und in einer eingeschränkten Betrachtung der architektonischen Praxis und Ausbildung zu suchen. Auf der Grundlage dieses Abgleichs wurde die Thematik einem kritischen Diskurs unterzogen. Als Antwort auf die durch den angestellten Abgleich aufgedeckten Problemfelder wurden theoretische Lösungsansätze zusammengetragen. Der so entstandene Katalog aus Problemen und Lösungsansätzen versteht sich als Anregung für weitere Auseinandersetzungen mit dem Thema CBR in der Architektur. Darauf aufbauend wurden Handlungsempfehlungen gegeben, die sich aus den Erkenntnissen der Arbeit ableiten.

Die Motivation für die vorliegende Arbeit leitet sich aus der besonderen Rolle des Architekten in unserer Gesellschaft ab: Sie vollbringen eine kulturelle, politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aufgabe und tragen dabei eine hohe soziale und moralische Verantwortung. Ein Aspekt bei der Ausrichtung des Themas war in diesem Hinblick von besonderer Bedeutung. Im Kern des Modells steht das Lernen aus Erfahrungen. Das Lernen aus Erfahrungen impliziert das Lernen auch aus Fehlern. Sehr früh stellte sich so die Frage:

Hält die Theorie und deren Anwendung in der Architektur tatsächlich das Potential bereit, aus den Entwurfsfehlern Anderer zu lernen anstatt dieselben Fehler stets wiederholen zu müssen?

### 4 Überblick über die Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel. Eine Parabel des Entwerfens als Prolog zur Arbeit soll dem Leser helfen, sich auf das Thema der Arbeit einzustimmen. Kapitel 1 führt in das Thema ein und macht mit der Zielstellung der Arbeit vertraut. Es wird die eigene Motivation für die Arbeit aus der besonderen Rolle und Verantwortung des Architekten in der Gesellschaft heraus abgeleitet. Im Abschnitt Eigene Vorarbeiten wird das interdisziplinäre Lehr- und Forschungsprojekt Innovative Wohnungsbauaspekte - Onlinedatenbank, als ein weiterer Motivator der Arbeit vorgestellt. Die folgenden Kapitel 2 bis 5 bilden eine Einheit und die Grundlage für den Abgleich zwischen Modell, Methode und deren Anwendung in der Architektur. Kapitel 2 beschäftigt sich mit CBR als Modell menschlichen Denkens, Verstehens und Problemlösens. Es wird eine sowohl begriffliche als auch inhaltliche Basis für die nachfolgenden Kapitel hergestellt. Neben den Ursprüngen und Grundlagen des

Modells, einer Einordnung als besondere Form des Analogieschlusses und der Schilderung der zwei Arten des CBR, wird auf die besondere Rolle, die Lernen und Schöpfen aus Erfahrungen in diesem Modell spielt, eingegangen. In Kapitel 3 wird in die Methode, die sich aus dem kognitiven Modell ableitet, aus Sicht der Entwickler eingeführt. CBR, als ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz (kurz KI), wird als eine Methode zur Konzeption und Implementierung Wissensbasierter Computersysteme und als Form Maschinellen Lernens besprochen. Es erfolgt eine Abgrenzung zu Expertensystemen in der KI. Überleitend zu Kapitel 4 schließt das Kapitel mit einer Sammlung von Prämissen und Argumenten für die Anwendung des CBR in der Architektur. Beschäftigt sich Kapitel 2 mit dem Modell des Menschen, der aus Erfahrung lernt und schöpft, im Allgemeinen, so widmet sich Kapitel 4 dem Architekten im Speziellen. Dazu werden Theorien und Erkenntnisse aus der Entwurforschung, der Künstlichen Intelligenz und der Kognitionswissenschaften zu Prozess, Problem, Entwurfsstrategien sowie Entwurfswissen reflektiert. Das Kapitel folgt dabei der Argumentationsführung von CBD Forschern bezogen auf deren Prämissen, die aus ihrer Sicht für eine Anwendung des CBR in der Architektur sprechen. Einen Schwerpunkt nimmt die Auseinandersetzung mit Referenzobjekten in der Architektur ein. In Kapitel 5 wird die Anwendung des CBR in der Architektur anhand der Analyse ausgewählter Konzepte und Systeme diskutiert. Grundlage für diese Betrachtungen liefert die Analyse von 20 CBD Systemen und Konzepten in der Architektur, deren Ergebnisse in Anhang A1 wiedergegeben sind. Kapitel 6 bildet das Kernstück der Arbeit. In ihm fließen die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln zusammen und erfahren einen Abgleich, der, basierend auf identifizierten Problemfeldern, die Grundlage für die Diskussion darstellt. Mit Kapitel 7 schließt die Arbeit. Ausgehend von drei herausgearbeiteten Auffassungen von CBR in der Architektur werden, deren jeweiliges Potential und kritische Punkte berücksichtigend, Handlungsempfehlungen für die konzeptionelle Umsetzung darauf abgestimmter Systeme gegeben.

## 5 Erkenntnisse

Durch den Abgleich der in den Kapiteln 2-5 angestellten Betrachtungen wurde es möglich, die Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur einer kritischen Diskussion zu unterziehen. Als die wichtigsten Ergebnisse dieser Betrachtungen sind festzuhalten:

- 1) Aus den Besonderheiten der Architektenschaft sowie der architektonischen Praxis leiten sich unmittelbar Probleme für eine erfolgreiche Anwendung der Methode CBR auf das architektonische Entwerfen und die Ausbildung ab. Allgemeine Betrachtungen dazu machten deutlich, dass sich beispielsweise aus der in der Architektenschaft verbreiteten Angst vor Entwurfsfixierung und der Überbewertung von Originalität, aus der latenten Zurückhaltung von Architekten gegenüber dem Lernen aus Fehlern (Anderer), aber auch aus der mangelnden Integration von CBD Systemen in die digitale Arbeitsumgebung entwerfender Architekten, aus unkalkulierbaren Marktregulationsmechanismen und aus der ungeklärten Urheberrechtsfrage schwerwiegende Probleme ableiten lassen. Deren Lösung fällt jedoch nur zu einem sehr begrenzten Teil in den Verantwortlichkeits- bzw. Einflussbereich von CBD Entwicklern.

2) Die Mehrheit der betrachteten Systeme und Konzepte folgt in ihrer Umsetzung einer stark vereinfachten Auslegung von Modell und Methode des CBR. Diese Vereinfachung besteht in der Schwerpunktsetzung auf die Bedeutung von Lösungen vergangener Problemlösungsepisoden für die Lösung aktueller Probleme, teilweise basierend auf der, ebenfalls als vereinfacht zu bezeichnenden Annahme, dass ähnliche Probleme ähnliche Lösungen besitzen.

3) Im Mittelpunkt der Mehrheit der betrachteten Systeme und Konzepte steht die Lösung eines Entwurfsproblems (genauer, einer Vielzahl von Entwurfsproblemen), also das entworfene bzw. gebaute Architekturobjekt. Die Beschäftigung mit der Rolle, die Lösungen von (Entwurfs-) Problemen in der grundlegenden Theorie und in deren Auslegung durch CBD-Entwickler beigemessen wird und welche sie in der architektonischen Praxis tatsächlich innehaben, offenbart eine deutliche Diskrepanz.

4) Es musste die entscheidende Feststellung getroffen werden, dass Erfahrungswissen nicht abgebildet wird. Dies ergibt sich aus der vereinfachten Interpretation des Fallbegriffes und der damit in Zusammenhang stehenden Tatsache, dass mehrheitlich lediglich Lösungen in den Systemen und Konzepten vorgehalten werden. Um Erfahrungswissen für interpretierende und problemlösende Aufgaben in CBR-basierten Computersystemen vorzuhalten, sieht die Theorie eine dreiteilige Struktur einer Fallbeschreibung, bestehend aus den Komponenten Problem, Lösung und Ergebnis, vor. Das Fehlen entscheidender Fallkomponenten offenbart die Tatsache, dass Erfahrungswissen in den Systemen nicht explizit abgebildet wird. Aus dieser Tatsache wiederum ergibt sich:

5) Lernen und Schöpfen aus den Erfahrungen Anderer ist nicht möglich. Dieses Erkenntnis besitzt entscheidenden Einfluss auf die Sinnfälligkeit der diese Arbeit motivierenden Visionen: U.a. war die Arbeit, abgeleitet von der sozialen und gesellschaftlichen Bedeutung der Architektur, motiviert von der Vision, durch den Einsatz eines CBR-basierten Computersystems aus den Fehlern Anderer lernen zu können. Dies muss im Hinblick auf bisher entwickelte Systeme und Konzepte aus den genannten Gründen als nicht möglich eingeschätzt werden. Um aus den Erfahrungen Anderer zu lernen und, damit einhergehend, die Fehler anderer zu vermeiden, ist es unabdingbar, dieses Erfahrungswissen in den CBD-Systemen bereitzustellen!

6) Jene Systeme und Konzepte, auf die bisher Gesagtes zutrifft, sind als entkoppelt von der dem CBR-Paradigma zu Grunde liegenden Idee (Lernen aus Erfahrungen, bzw. Wiederverwendung von Erfahrungswissen) zu betrachten. Es handelt sich also nicht um CBR-Systeme im eigentlichen Sinn. Dieser Aspekt leitet zu folgender Feststellung über:

7) Es existiert kein einheitliches Verständnis der Thematik CBR in der Architektur. Diese Tatsache impliziert, dass das unreflektierte Verwenden des Ausdrucks 'CBR in der Architektur' als kritisch einzuschätzen ist, da das mehrdeutige Verständnis des Ausdruckes Missverständnisse vorprogrammiert. Unterschiedliche Auffassungen von Modell und Methode führen in ihrer Konsequenz zu unterschiedlichen Ausprägungen der einzelnen Anwendungen. Mit der Arbeit gelang es, drei deutlich abgrenzbare Auffassungen herauszukristallisieren:

8) Es liessen sich, u.a. abgeleitet von den unterschiedlichen Rollen, die CBD-Entwickler architektonischen Lösungen in ihren Systemen beimessen, drei mit dem Themenkreis

der Arbeit in Zusammenhang stehende Auffassungen ausmachen, die die Grundlage der jeweiligen Anwendung bilden. Danach erlauben diese:

- den Zugriff auf Lösungen im Sinne von Referenzobjekten Referenzobjekt-datenbanken,
- die Wiederverwendung von Lösungen basierend auf einer vereinfachten Auslegung von Modell und Methode und
- die Wiederverwendung von Erfahrungswissen, Modell und Methode stringent folgend.

8a) Zahlreiche der betrachteten Systeme und Konzepte folgen der erstgenannten Auffassung von CBR in der Architektur und erlauben den Zugriff auf Lösungen im Sinne von Referenzobjekten. Diese Systeme sind allerdings gesondert zu betrachten, da es sich hierbei nicht um CBR Systeme im eigentlichen Sinne handelt. Sie können als Referenzobjekt-datenbanken bezeichnet werden.

8b) Einige der betrachteten Systeme erlauben die Wiederverwendung von Lösungen und folgen somit der zweiten Auffassung von CBR in der Architektur. Systeme, die dem Architekten gestatten, auf Architekturobjekte aus der Vergangenheit, im Sinne der Wiederverwendung architektonischer Lösungen, zuzugreifen, besitzen Relevanz, jedoch eher für die Unterstützung fortgeschrittener Entwurfsphasen. Dies ergibt sich aus der Auseinandersetzung mit der Rolle exemplarischer Architekturobjekte aus der Vergangenheit. Diese Auseinandersetzung offenbart die Bedeutung von Referenzobjekten für den architektonischen Entwurf und die Ausbildung als Quelle konkreter Informationen. Indirekt Bestätigung findet diese letzte Feststellung in den theoretischen Betrachtungen zum Entwerfen (der das nicht im Stande sein, zu formulieren, worin das Entwurfsproblem besteht, ohne gleichzeitig Lösungen voranzutreiben umschreibt) bzw. der besonderen Natur von Entwurfsproblemen. Der Architekt ist, folgt man diesen Theorien, erst mit fortschreitendem Entwurfsprozess in der Lage, konkrete Problemstellungen zu formulieren und dafür Lösungen zu suchen. Dies ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung von dieser Auffassung vertretenden Systemen. Problematisch für diesen Ansatz stellen sich dar: die diskutierten Besonderheiten der Architektenschaft (Originalitätsanspruch) sowie die Klärung von Fragen der Wissensakquisition und hier insbesondere der Fallauswahl im Zusammenhang mit der Befriedigung des Qualitätsanspruches an vorzuhaltende Lösungen. Auch diese Systeme sind gesondert zu betrachten, da es sich hierbei ebenfalls nicht um CBR Systeme im eigentlichen Sinne handelt, und sie lediglich auf einer vereinfachten Auslegung von Modell und Methode beruhen.

8c) Einige wenige der betrachteten Systeme unterstützen tatsächlich die Wiederverwendung von Erfahrungswissen in der Architektur, in dem sie dieses in ihren Wissensbasen bereithalten. Systeme, die es dem Architekten erlauben, aus den Erfahrungen anderer zu lernen und zu schöpfen, besitzen, im Abgleich mit den Betrachtungen zur Rolle von Erfahrungswissen in der Architektur, große Relevanz. Problematisch für diesen Ansatz stellen sich dar: die diskutierten Besonderheiten der Architektenschaft und der architektonischen Praxis (Erfahrungswissen wird nicht festgehalten bzw. zugänglich gemacht, es existiert praktisch kein Erfahrungsmanagement, Architekten verspüren Zurückhaltung gegenüber

dem Lernen aus Erfahrungen Anderer). Diese Aspekte besitzen Auswirkungen auf Fragen der Wissensakquisition sowie der Akzeptanz dieser Systeme.

9) Von den jeweiligen Auffassungen und den davon abgeleiteten Intentionen, die mit der Entwicklung einzelner Systeme verfolgt werden, als abhängig müssen Festlegungen zu deren Einsatzzeitpunkt im Entwurfsprozess, zur Adressierung unterschiedlicher Suchstrategien sowie die Beantwortung von Fragen, die im Zusammenhang mit der Wissensakquisition stehen, betrachtet werden.

9a) Die Implementierung erfolgreicher Such- und Retrievalmechanismen in CBD Systemen in der Architektur stellt einen kritischen Aspekt dar. Aus Widersprüchen, die sich aus einzelnen, der Methode zu Grunde liegenden Prämissen im Abgleich mit Theorien zur Natur von Entwurfsprozess und Entwurfsproblem ergeben, können Gründe für diese, auf weiten Konsens stoßende Tatsache abgeleitet werden: Folgt man der Betrachtung des Entwerfens als lösungsorientierten Prozess und berücksichtigt die Konzepte der Situationsabhängigkeit und der Unterbestimmtheit, so ergibt sich daraus (in der Theorie) eine Diskrepanz mit der dem CBR Paradigma zu Grunde liegenden Prämisse des bewussten problemorientierten Suchens. Die Berücksichtigung dieser Erkenntnis muss zu einer deutlicheren Positionierung bei der Wahl geeigneter Suchstrategien und der Entwicklung von Mechanismen zur Unterstützung einer erfolgversprechenden Suche, in Abhängigkeit von Intention und Einsatzzeitpunkt des CBR Systems im Entwurfsprozess, führen.

9b) Für die Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur gilt: Es existieren Probleme, die jenen in traditionellen Expertensystemen als Wissensakquisitionsproblem bezeichneten ähnlich sind. Die Auseinandersetzung mit Besonderheiten der Architektenschaft und der architektonischen Praxis im Abgleich mit von den Entwicklern adressierten Strategien offenbarte Gründe für die Existenz dieser Probleme. Das Argument für die Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur nicht mit dem Wissensakquisitionsproblem behaftet zu sein, das sich auf der Klassifizierung der Architektur als Weak-Theory-Domain gründet, muss aus diesem Grund als obsolet bezeichnet werden. In der Theorie wird davon ausgegangen, dass eine erfolgversprechende Anwendung von CBR nur dann gegeben ist, wenn Fälle während der täglichen Ausübung der Arbeitsaufgaben 'anfallen'. Dies ist in der Architektur nicht der Fall. Alle betrachteten Systeme und Konzepte sind auf Informationen aus zweiter Hand angewiesen. Aus diesen Gründen ist die Beantwortung von mit 'Lernen in der Maschine' und hier insbesondere mit der Akkumulation neuer Fälle in Zusammenhang stehenden Fragestellungen für die erfolgreiche Anwendung des CBR Paradigmas in der Architektur als kritisch aber essentiell einzuschätzen.

9c) Es musste festgestellt werden, dass Mechanismen, welche die Akkumulation neuer Fälle unterstützen, nur zögerlich adressiert werden. Die technische Unterstützung der Wissensakquisition muss als nicht zufriedenstellen gelöst betrachtet werden. In anderen Bereichen erfolgreich angewandte Technologien wie Fuzzy Logic, Neuronale Netze oder Genetische Algorithmen finden in Systemen in der Architektur bisher keine Anwendung. Wachsende Bedeutung besitzen lediglich Data Mining Technologien für die Unterstützung von Lernprozessen im weitesten Sinn.

9d) Es existieren Schwierigkeiten bei der Klärung der Frage danach, welche Fälle als Teil der Datenbasis aufgenommen bzw. wie bei der Auswahl dieser vorzugehen ist. Dieser

Aspekt leitet sich daraus ab, dass in den betrachteten Systemen mehrheitlich der Erfahrungsbegriff einseitig auf das entworfene / gebaute Architekturobjekt reduziert wird im Zusammenhang damit, dass diese Systeme auf Informationen aus zweiter Hand angewiesen sind. Entwickler von CBD Systemen machen in den seltensten Fällen konkrete Aussagen darüber, wie bei der Auswahl der Fälle vorzugehen ist. Dennoch existiert der Wunsch der Entwickler danach, lediglich hervorragende architektonische Projekte in die Datenbasen aufzunehmen. Bisher im Zusammenhang mit CBR in der Architektur gänzlich unbeantwortet blieben in diesem Zusammenhang jedoch Fragen nach den anzuwendenden Qualitätskriterien und anzulegenden Bewertungsmaßstäben bei der Evaluation der Qualität der einzupflegenden Fälle. Weiterführende Betrachtungen zu diesem Aspekt machten außerdem deutlich:

9e) Die Befriedigung des vorherrschenden Qualitätsanspruches an einzupflegende Fälle muss als abhängig von den Intentionen, die die Entwickler mit der Bereitstellung eines Entwurfsunterstützenden Computersystems verfolgen, betrachtet werden.

## 6 Handlungsempfehlung

Die die Arbeit abschließenden Handlungsempfehlungen adressieren Themenstellungen für auf der vorliegenden Arbeit aufbauende Forschungsarbeiten. Es ließen sich zwei Themenschwerpunkte, an denen wissenschaftlicher Handlungsbedarf besteht, ausmachen: die Optimierung von Suchstrategien sowie die Adressierung kritischer Aspekte der Wissensakquisition in CBD Systemen in der Architektur.

Eine am Beginn stehende allgemeine Empfehlung lautet, Erkenntnisse aus dem Gebiet des Erfahrungsmanagements für den Bereich der Architektur zu erschließen, sowie deren Gültigkeit und Übertragbarkeit auf diesen prüfen. Diese Empfehlung leitet sich aus der schwerwiegenden Erkenntnis ab, dass die bisherige CBR Forschung in der Architektur einer eingeschränkten Fokussierung auf die Berücksichtigung bzw. Weiterentwicklung ausschließlich technologischer Aspekte unterliegt. Die Faktoren Mensch und Organisation finden bei der Konzeption von CBD Systemen in der Architektur bisher kaum Berücksichtigung.

Es wird weiterhin die Empfehlung gegeben, eine Systematik zur Formalisierung von Erfahrungswissen in der Architektur zu entwickeln. Dabei ist zu untersuchen, in wie fern es gelingen kann, eine Entsprechung für die in der CBR Theorie verankerten Dreiteiligkeit eines Falles in der Architektur zu finden und formal zu beschreiben. Ein dabei zu klärender Aspekt besteht in der Festlegung der Granularität des vorzuhaltenden Erfahrungswissens.

Für die Adressierung des Wissensakquisitionsproblems werden zwei Strategien und Szenarien zu deren technischen Umsetzung besprochen:

Strategie 1: Einsatz von CBD Systemen in Architekturbüros, Festhalten des Firmenwissens in einem 'Corporate Memory'

Strategie 2: Aufbau eines internetbasierten 'Collaborative Memory', an dem eine Mitwirkung und das Teilen von Erfahrung auf einer freiwilligen Basis stattfinden

Mit Wissensakquisition in Zusammenhang stehen außerdem die Empfehlungen, Quellen von Erfahrungswissen in der Architektur zu erschließen bzw. Wege zur Integration bewertender Komponenten in den Fallbeschreibungen aufzudecken. Erstere leitet sich von der Feststellung ab, dass in der Architektur tatsächlich erste zögerliche Ansätze zu verzeichnen sind, Erfahrungswissen festzuhalten. Dies geschieht jedoch nicht formalisiert und somit universell wieder verwertbar. Sie beruht außerdem auf der Prämisse, dass versteckt festgehaltenes Erfahrungswissen in der Architektur existiert. Die zweite Empfehlung beruht auf der Tatsache, dass bis dato nicht berücksichtigt wurde und somit ungeklärt ist, wie es gelingen kann, die Güte einer architektonischen Lösung für die Integration als Fallbestandteil festzustellen. Es werden ausgehend von den zwei Szenarien zur Wissensakquisition Lösungsansätze für dieses Problem aufgezeigt.

Für die Verbesserung von Zugänglichkeit und der Verfügbarmachung von Fallinhalten werden, abgeleitet aus den Erkenntnissen der Arbeit, drei Empfehlungen gegeben: Es sind Mechanismen zur Unterstützung des zufälligen Findens und der vagen Anfrage zu entwickeln; skizzenbasierte Abfragemechanismen sind zu adressieren und Mechanismen zur Unterstützung der automatisch ausgelösten, problemorientierten bzw. der nutzerinitiierten, problemorientierten Suche (skizzenbasiert, als auch stichwortbasiert) zu entwickeln. Die abschließende Empfehlung, eine gewisse Variabilität des gewählten Ansatzes in den Systemen zu gewährleisten, leitete sich aus der Erkenntnis ab, dass drei gleichberechtigte Auffassungen zu CBR in der Architektur existieren und dies, so ergaben die Untersuchungen ebenfalls, berechtigter Weise.

## 7 Schlußbetrachtung

Als wesentlicher Faktor für den mangelnden Erfolg von CBR Systemen kann resümierend die Nichtbeachtung theoretischer und soziologischer Rahmenbedingungen gewertet werden. Aus dieser Tatsache ergeben sich Probleme, die mit der Verfügbarkeit bzw. dem Zugänglichmachen von in Wissensbasen abgelegtem Wissen bzw. der Wissensakquisition in Zusammenhang stehen. Die Adressierung insbesondere des letzten Aspektes ist als kritisch aber essentiell für ein Gelingen oder Scheitern des Vorhabens, CBR erfolgreich auf den Bereich der Architektur zu übertragen, einzuschätzen. Die Arbeit kann als Grundlage und Hilfestellung von all jenen herangezogen werden, die sich mit dem Gedanken tragen, ein CBR System für Architekten konzipieren zu wollen. Die Arbeit erschien 2010 im Logos Verlag Berlin GmbH.

## Literatur

- [Ach00] Henry H. Achten. Design Case Retrieval by Generic Representations. In J. S. Gero und F. Sudweeks, Hrsg., *Artificial Intelligence in Design '00*, Seiten 373–392. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (The Netherlands), 2000.
- [Bör97] Katy Börner. *Konzeptbildende Analogie: Integration von Conceptual Clustering und analogem Schließen zur effizienten Unterstützung von Entwurfsaufgaben: (motiviert durch und*

*illustriert an Aufgaben aus der Bauarchitektur*). Doktorarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern, Sankt Augustin, 1997.

- [DK92] Eric A. Domeshek und Janet L. Kolodner. A Case-Based Design Aid for Architecture. In J. S. Gero und F. Sudweeks, Hrsg., *Artificial Intelligence in Design 92*, Seiten 497–516. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (The Netherlands), 1992.
- [Hey00] Ann Heylighen. *In case of architectural design - Critique and praise of Case-Based Design in architecture*. Ph.d. thesis, Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Department ASRO, K.U. Leuven, Leuven (Belgium), 2000.
- [Kol93] Janet L. Kolodner. *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufman Publishers, 1993.
- [OO94] Robert M. Oxman und Rivka E. Oxman. Case-Based Design: Cognitive Models for Case Libraries. In G. Carrara und Y. E. Kalay, Hrsg., *Knowledge-based computer-aided architectural design*, Seiten 45–68. Elsevier, Amsterdam (The Netherlands), 1994.
- [Tah06] Dina Taha. *A Case Based Approach to Computer Aided Architectural Design. MONEO: An Architectural Assistant System*. Ph.d. thesis, Graduate School, Faculty of Engineering, Alexandria University, Alexandria (Egypt), 2006.



**Katharina Richter** absolvierte ihr Studium der Architektur / Stadt- und Regionalplanung an der Bauhaus-Universität Weimar. Seit Juli 2000 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur Informatik in der Architektur bei Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath, unter dessen Mentorenschaft die vorliegende Arbeit entstand, in Lehre und Forschung tätig. Sie war von 2006-2007 Mitglied des Fakultätsrates der Fakultät Architektur der Bauhaus-Universität Weimar.

Ihre Forschungsschwerpunkte liegen auf der Auseinandersetzung mit Potential und Problematik der computergestützten Weitergabe von Erfahrungswissen in der Architektur.

Von 2000 bis 2006 war sie Verantwortliche für die teilprojektübergreifende Verifikation der Forschungsergebnisse am Sonderforschungsbereich 524 Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken an der Bauhaus-Universität Weimar.

Sie veröffentlichte wissenschaftliche Ergebnisse sowohl auf internationalen Konferenzen als auch in rezensierten Fachzeitschriften.

Im Rahmen ihrer Lehrtätigkeit an der Bauhaus-Universität Weimar betreute sie ebenfalls internationale Lehrprojekte im In- und Ausland. Im Herbstsemester 2004 war sie als Gastprofessorin am Washington Alexandria Architecture Consortium Virginia Polytechnic and State University, Alexandria (VA), USA, tätig.