



EffizienzCluster
LogistikRuhr

Verbundprojekt OrGoLo:

Organisatorische Innovationen mit Good Governance in Logistik-Netzwerken

Dipl.-Inf. Martin Kowalski, Dipl.-Kfm. Hadet Kovacevic, B. Sc. Medical Management

State-of-the-art von CBR-Tools

Förderkennzeichen: 01IC10L20A



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

OrGoLo-Projektbericht Nr. 8

ISSN 1866-9255

Abstract

Um nachhaltige Wettbewerbsvorteile erzielen zu können und in langfristige betriebswirtschaftliche Erfolge umzusetzen, ist ein „ganzheitliches“ Verständnis der Struktur von und der Geschäftsprozesse in internationalen Supply Chains erforderlich. Dafür ist eine Neuausrichtung des Gestaltungsverständnisses für Supply Chains erforderlich, das die bislang dominierende Orientierung an rein quantitativen und „harten“ Erfolgskriterien für das operative Supply Chain Management keineswegs vernachlässigt. Aber diese neue Sichtweise wird um zusätzliche qualitative und „weiche“ Einflussgrößen des vor allem strategischen Supply Chain Managements erweitert, die sich oftmals nur indirekt, aber umso nachhaltiger auf Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmenserfolg auszuwirken vermögen. Die qualitativen und „weichen“ Einflussgrößen lassen sich nicht mehr mit simplen Kennzahlen und entsprechenden numerischen „Daten“ über Geschäftsprozesse adäquat erfassen, sondern erfordern komplexe kognitive Strukturen, die im Allgemeinen als „Wissen“ bezeichnet werden. Es sind erste Ansätze vorhanden, die es ermöglichen, z.B. erfahrungsbasiertes Wissen zu verarbeiten. Im Zentrum dieser Wissensverarbeitungstechniken stehen die Technik des Case-based Reasonings (CBR), die aus der Erforschung Künstlicher Intelligenz (KI) stammt, und die Technik der Ontologien. Ontologien dienen vor allem dazu, natürlichsprachlich repräsentiertes Wissen so aufzubereiten, dass es von Computern – gemeint ist hiermit vor allem entsprechende Software – inhaltlich verstanden und somit auch auf der semantischen Ebene, d.h. „verständnisvoll“ verarbeitet werden kann. In dieser Arbeit wird eine aktuelle Marktanalyse von verfügbaren CBR-Tools durchgeführt, und die identifizierten CBR-Tools werden mithilfe des Analytic Hierarchy Process (AHP) im Hinblick auf einen Einsatz in internationalen Supply-Chain-Projekten bewertet.

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Abkürzungs-, Akronym- und Symbolverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	IX
1 Einordnung der vorliegenden Arbeit.....	1
1.1 Realwirtschaftlicher Kontext	1
1.2 Wissenschaftliches Problem	2
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 Grundlagen des Case-based Reasonings	5
2.1 Die Funktionsweise des Case-based Reasonings.....	5
2.2 Die Unterprozesse des Case-based Reasonings	8
2.2.1 Retrieve.....	8
2.2.2 Reuse.....	9
2.2.3 Revise	10
2.2.4 Retain.....	10
2.3 Fallrepräsentation im Case-based Reasoning	11
2.4 Arten der Fallrepräsentation.....	12
2.4.1 Attribut-Wert-Paare	12
2.4.2 Objekt-orientierte Struktur.....	13
2.4.3 Frage-Antwort-Gruppen	15
2.4.4 Freier Text	15
2.5 Möglichkeiten der Fallrepräsentation	16
2.5.1 Hamming-Abstand.....	16
2.5.2 Globales-Lokales-Ähnlichkeitsmaß	17
2.5.3 Nearest-Neighbour-Algorithmus	18
2.6 Adaption innerhalb des Case-based Reasoning	18
2.7 Anwendungsgebiete des Case-based Reasonings	19
3 Grundlagen des Analytic Hierarchy Process	19
3.1 Hintergrund der Nutzung	19
3.2 Prozessablauf	20

3.3	Bewertungsskala des Analytic Hierarchy Process	22
3.4	Berechnung der relativen Bedeutungen	23
3.4.1	Vereinfachte Methode	23
3.4.2	Relativgewichte bei mehreren Kriterienebenen.....	24
3.5	Berücksichtigung der Konsistenz im Analytic Hierarchy Process	25
4	Vergleich der Case-based-Reasoning-Tools mittels des Analytic Hierarchy Process	27
4.1	Grundsätzliches zum Vergleich, zur Nutzung und zur Auswahl von Case-based-Reasoning-Tools	27
4.2	Festlegung von Kriterien für den Vergleich mittels des Analytic Hierarchy Process	28
4.2.1	Benutzerfreundlichkeit	28
4.2.2	Ähnlichkeitsmessung	29
4.2.3	Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank.....	29
4.2.4	Ontologie- und Wissensdarstellung	29
4.2.5	Berücksichtigung qualitativer Aspekte.....	29
4.2.6	Umgang mit halbstrukturierten Fällen.....	29
4.2.7	Interne Faktoren.....	30
4.2.8	Externe Faktoren.....	30
4.3	Darstellung der Case-based-Reasoning-Tools	30
4.3.1	AIAI CBR-Shell V. 2.42	30
4.3.2	CBRFlow	31
4.3.3	jColibri V. 1.1	32
4.3.4	myCBR V. 2.6.6	33
4.3.5	Ausgeschlossene Case-based-Reasoning-Tools	34
4.4	Gewichtung der Case-based-Reasoning-Tools	34
4.4.1	Ermittlung der spezifischen Kriteriengewichte	34
4.4.2	Benutzerfreundlichkeit	38
4.4.3	Ähnlichkeitsmessung	40
4.4.4	Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank	42
4.4.5	Ontologie- und Wissensdarstellung.....	44
4.4.6	Berücksichtigung qualitativer Aspekte.....	46
4.4.7	Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen	48
4.4.8	Interne Faktoren.....	50
4.4.9	Externe Faktoren.....	51

4.5	Synthese der ermittelten Bedeutungen und Empfehlung	53
5	Literaturverzeichnis	55
6	Anhang 1:.....	69
	Tabellen zur Berechnung des Eigenwertes λ_{\max} :	69
	Durchschnittsmatrix Benutzerfreundlichkeit	69
	Durchschnittsmatrix Ähnlichkeitsmessung.....	69
	Durchschnittsmatrix Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank.....	69
	Durchschnittsmatrix Ontologie- und Wissensdarstellung.....	69
	Durchschnittsmatrix Berücksichtigung qualitativer Aspekte	70
	Durchschnittsmatrix Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen	70
	Durchschnittsmatrix interne Faktoren.....	70
	Durchschnittsmatrix externe Faktoren	70

Abkürzungs-, Akronym- und Symbolverzeichnis

AHP	Analytic Hierarchy Process
AI	Artificial Intelligence
AIAI	Artificial Intelligence Applications Institute
AILOG	Artificial Intelligence and Logistics
Aufl.	Auflage
BC	British Columbia
B. Sc.	Bachelor of Science
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
C. I.	Consistency Index
C. R.	Consistency Ratio
CBR	Case-Based Reasoning
CCBR	Conversational Case-Based Reasoning
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CSCC	Circuits, Systems, Communications, Computers
CSV	Comma Separated Values
d.h.	das heißt
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
Dr.	Doktor
ECAI	European Conference on Artificial Intelligence
ECCBR	European Conference on Case-Based Reasoning
ed.	editor
eds.	editors
et al.	et alii
evtl.	eventuell
f.	folgende
FBS	Fallbasiertes Schließen
ff.	fortfolgende
FQAS	Flexible Query Answering Systems
GAIA	Group for Artificial Intelligence Applications

ggf.	gegebenenfalls
GUI	Graphical User Interface
Hrsg.	Herausgeber
http	hypertext transfer protocol
i.Br.	im Breisgau
ICCBR	International Conference on Case-Based Reasoning
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IL	Illinois
INRECA	Induction and Reasoning from Cases
ITHEA	Information Theories and Applications
IUCBRF	Indiana University Case-Based Reasoning Framework
m	Meter
min	Minuten
km	Kilometer
No.	Number
Nr.	Nummer
LKW	Lastkraftwagen
ODBC	Open Database Connectivity
o.ä.	oder ähnlichem
o. J.	ohne Jahresangabe
OWL	Web Ontology Language
OWL-DL	Web Ontology Language Description Logic
OWL-Full	Full Web Ontology Language
pdf	portable document format
R. I.	Random Index
S.	Seite
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
SCBR	Structural Case-Based Reasoning
SDK	Self Development Kit
SOA	Serviceorientierte Architektur
sog.	so genannte
SQL	Structured Query Language
TCBR	Textual Case-Based Reasoning

u. a.	unter anderem
u. ä.	und ähnliches
Univ.-Prof.	Universitätsprofessor
USA	United States of America
V.	Version
vgl.	vergleiche
Vol.	Volume
WA	Washington
WSEAS	World Scientific and Engineering Academy and Society
www.	World Wide Web
XML	eXtensible Markup Language
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionsweise des Case-based Reasonings.....	8
Abbildung 2: Darstellung einer Ontologie innerhalb einer Falldatenbank	12
Abbildung 3: Beispiel zur Darstellung eines Attribut-Wert-Paares	13
Abbildung 4: Beispiel zur Fallrepräsentation durch Attribut-Wert-Paare	13
Abbildung 5: Beispiel zur Darstellung einer objekt-orientierten Fallrepräsentation	14
Abbildung 6: Darstellung der Kriterienhierarchie für AHP.....	20
Abbildung 7: Prozessablauf innerhalb des AHP	21
Abbildung 8: Darstellung einer Evaluationsmatrix $A(a_{ij})$	23
Abbildung 9: GUI des CBR-Tools "AIAI CBR-Shell" V.2.42.....	31
Abbildung 10: GUI des CBR-Tools „CBRFlow“	31
Abbildung 11: GUI des CBR-Tools „jCOLIBRI V.1.1“	32
Abbildung 12: GUI des CBR-Tools „myCBR V.2.6.6“	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: 9-Punkte-Skala zur Bewertung innerhalb des AHP	22
Tabelle 2: Darstellung der Berechnung der Relativgewichte.....	24
Tabelle 3: Darstellung einer Durchschnittsmatrix	26
Tabelle 4: Zufallsindex R. I. im AHP	27
Tabelle 5: Überblick der ausgeschlossenen CBR-Tools	34
Tabelle 6: Evaluationsmatrix des Paarvergleichs der einzelnen Kriterien.....	36
Tabelle 7: Normalisierungsmatrix des Paarvergleichs der einzelnen Kriterien.....	37
Tabelle 8: Evaluationsmatrix im Kriterium „Benutzerfreundlichkeit“	40
Tabelle 9: Evaluationsmatrix im Kriterium „Ähnlichkeitsmessung“	42
Tabelle 10: Evaluationsmatrix im Kriterium „Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank“	44
Tabelle 11: Evaluationsmatrix im Kriterium „Ontologie- und Wissensdarstellung“	46
Tabelle 12: Evaluationsmatrix im Kriterium „Berücksichtigung qualitativer Aspekte“	47
Tabelle 13: Evaluationsmatrix im Kriterium „Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen“ ..	49
Tabelle 14: Evaluationsmatrix im Kriterium „interne Faktoren“	51
Tabelle 15: Evaluationsmatrix im Kriterium „externe Faktoren“	53
Tabelle 16: Ermittlung der globalen Relativgewichte $w_{rel(i)}$ der CBR-Tools	54

1 Einordnung der vorliegenden Arbeit¹

1.1 Realwirtschaftlicher Kontext

Der Begriff *Supply Chain* ist das englische Synonym des Begriffs *Logistikkette*² und bezeichnet die ganzheitliche Betrachtung der *Logistik*³ zwischen und innerhalb von Unternehmen, die sich von der Beschaffung über die innerbetriebliche Herstellung bis hin zur Distribution einzelner oder mehrerer *Logistikobjekte* – wie etwa Sachgütern oder Informationen⁴ – erstreckt.⁵ *Logistik* wird als ein fachübergreifender Wissenschaftsbereich angesehen⁶, in dem die *Informatik*⁷ eine zentrale Rolle einnimmt⁸. Diese Rolle lässt sich aus konkreten Problemen ableiten.

Ein relevantes Problem ergibt sich beispielhaft durch die Tourenplanung, einem Teilbereich der Distribution von *Logistikobjekten*⁹, deren Ziel es ist, eine Anzahl von Touren¹⁰ hinsichtlich spezifischer Aufgaben und Restriktionen zu generieren.¹¹ So kann etwa über die Auslieferungsreihenfolge von Sachgütern zu verschiedenen Standorten bei gleichzeitiger Minimierung der benötigten Gesamtzeit und Beachtung von unterschiedlichen Lieferzeiträumen zu entscheiden sein.¹² Dieses Problem kann durch die *Informatik* mithilfe von speziellen Computerprogrammen gelöst werden.¹³ Die exakte Lösung dieses Problems ist jedoch bei einer ansteigenden Anzahl spezifischer Aufgaben und Restriktionen innerhalb eines beschränkten Zeitraums nicht mehr durchführbar.¹⁴ Um dennoch zu

1) Diese Arbeit stellt eine inhaltliche Überarbeitung von KOVACEVIC (2011) dar.

2) Vgl. FLEISCHMANN (2008), S. 5.

3) Eine weitere Unterscheidung der Logistik, wie etwa nach mikro- oder makrologistischen Aspekten (vgl. GUDEHHUS (2010), S. 6 f.), erfolgt nicht. Eine Analyse der genannten Aspekte auf einer übergeordneten Ebene entspricht jedoch dem Sinn nach einer *Supply Chain* (vgl. EßIG (2008), S. 982 ff.).

4) Vgl. FLEISCHMANN (2008), S. 3.

5) Vgl. GUDEHHUS (2010), S. 889.

6) Vgl. FLEISCHMANN (2008), S. 4.

7) *Informatik* wird hier als Wissenschaft der automatisierten und methodischen Verarbeitung von Informationen angesehen (vgl. FINK/SCHNEIDEREIT/VOß (2005), S. 2).

8) Vgl. GUDEHHUS (2010), S. 889.

9) Vgl. WENGER (2010), S. 1.

10) Unter einer Tour wird hier die Erfüllung einer festgelegten Aufgabe mithilfe eines Transportmittels verstanden (vgl. SCHOLL (2008), S. 49).

11) Vgl. WENGER (2010), S. 40.

12) Vgl. GUDEHHUS (2010), S. 828.

13) Vgl. CLAUSEN/HESSE (2008), S. 520.

14) Vgl. GUDEHHUS (2010), S. 934 f.

einer brauchbaren Lösung des Problems zu gelangen, werden Techniken zur Vereinfachung der Lösungsfindung, wie etwa *Heuristiken*¹⁵, verwendet.¹⁶

Die Gesamtheit der theoretischen und praktischen Fertigkeiten und Erfahrungen zur Lösung von Problemen wird hier unter dem Begriff *Wissen* subsumiert.¹⁷ Dieses *Wissen* – nach SCHMITTING¹⁸ auch als *Heuristik* bezeichnet – ist als Unternehmensressource¹⁹ ein wichtiger Bestandteil der Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens²⁰, etwa im Hinblick auf das langfristige Bestehen gegenüber Konkurrenten im weltweiten Handel.²¹

1.2 Wissenschaftliches Problem

Aufgrund der genannten Wichtigkeit als Unternehmensressource ist die Erhaltung von *Wissen* ein bedeutender Teilaspekt im Konzept des Wissensmanagements.²² Eine stetige Vermehrung und Nutzung von *Wissen*²³, welches durch die Bereitstellung von eigenem und die Verwendung von fremdem *Wissen* gewährleistet wird²⁴, ist das Ziel des Wissensmanagements.

Im Bereich des Wissensmanagements werden zur Realisierung des genannten Ziels wissensbasierte Systeme der Künstlichen Intelligenz verwendet.²⁵ Die Künstliche Intelligenz – die durch die *Informatik* ermöglicht wird – beabsichtigt, menschliche Denkprozesse durch verschiedene computergestützte Techniken, wie etwa Regelbasiertes Schließen oder Maschinelles Lernen²⁶, nachzubilden.²⁷

15) Heuristiken können durch unterschiedliche vorgenommene Handlungen, wie etwa die Nutzung subjektiver Abbruchkriterien (vgl. SCHOEBEL (2008), S. 117) oder die Eingrenzung eines zulässigen Lösungsraums (vgl. WENGER (2010), S. 81) innerhalb der Lösungsfindung, zu einer brauchbaren Lösung finden. Eine Definition des Begriffs Heuristik erfolgt hier nicht, findet sich jedoch u.a. bei DENK (1956), S. 102 und bei STREIM (1975), S. 143 f.

16) Vgl. GUDEHUS (2010), S. 828.

17) Vgl. PROBST/RAUB/ROMHARDT (2010), S. 22. Eine weitere Untergliederung des Begriffs Wissen, etwa in explizites und implizites Wissen (vgl. MINOR (2006), S. 9 f.) oder in bewusstes, stilles oder latentes Wissen (vgl. BÄPPLER (2008), S. 13 f.).

18) Vgl. SCHMITTING (1999), S. 37.

19) Vgl. PORSCHEN (2008), S. 30.

20) Vgl. SCHOLZ-REITER/TOONEN/WINDT (2008), S. 590.

21) Vgl. STAAB (2002), S. 194.

22) Vgl. PROBST/RAUB/ROMHARDT (2010), S. 189.

23) Vgl. STAAB (2002), S. 194.

24) Vgl. BERGER/HIMMEL (2005), S. 382.

25) Vgl. MINOR (2006), S. 6.

26) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2006), S. 2 f.

27) Vgl. BODENDORF (2006), S. 147.

Innerhalb des Case-Based Reasonings (CBR)²⁸ – eine weitere Technik der Künstlichen Intelligenz²⁹ – wird das bereits erwähnte *Wissen*, welches hinsichtlich eines vergangenheitsbezogenen Problems gewonnen wurde, zusammen mit dem jeweiligen Problem als Fall in einer Falldatenbank gespeichert.³⁰

Die Anwendung des CBR wird durch verschiedene CBR-Tools ermöglicht.³¹ Hinsichtlich des möglichen Einsatzes von CBR-Tools innerhalb der *Logistik* zur Lösung relevanter Probleme ist es betriebswirtschaftlich wünschenswert, verfügbare CBR-Tools eingehend zu analysieren und deren Nützlichkeit und Einsatzfähigkeit zu untersuchen.

Innerhalb der einschlägigen Fachliteratur finden sich bereits Veröffentlichungen, die sich verschiedenen CBR-Tools widmen und teilweise eingehender untersuchen. Als State-of-the-art können folgende Veröffentlichungen genannt werden:

ALTHOFF³² liefert in seiner Veröffentlichung eine ausführliche Analyse über die zum damaligen Zeitpunkt (1995) erhältlichen CBR-Tools. Da die Analyse jedoch auf dem damaligen Stand der Technik beruhte, kann sie den heutigen technischen Anforderungen nicht gerecht werden. Zudem sind die untersuchten CBR-Tools zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr verfügbar.

Eine weitere Veröffentlichung, die von WATSON³³ verfasst wurde, widmet sich teilweise jenen CBR-Tools, die bereits von ALTHOFF³⁴ untersucht wurden, ergänzt die Analyse jedoch um weitere CBR-Tools. Der weitere Gang der Analyse liefert eine Produktbeschreibung der untersuchten CBR-Tools und eine Anleitung zur Schaffung einer Falldatenbank anhand eines CBR-Tools.

Die CBR-Tools, die in der Veröffentlichung von BELECHEANU³⁵ verglichen werden, sind nicht mehr verfügbar. Dennoch bieten die gewählten Kriterien einen möglichen Ansatzpunkt für einen Vergleich von CBR-Tools, obwohl bei der Bewertung durch eine fehlende Gewichtung der gewähl-

28) Vgl. MINOR (2006), S. 36. Case-based Reasoning wird ebenfalls als Fallbasiertes Schließen (FBS) bezeichnet. Diese Bezeichnung findet sich ebenfalls bei RICHTER (2003), S. 180 und HOFMANN (2009), S. 49, jedoch wird aufgrund einer besseren Lesbarkeit im weiteren Text das Akronym „CBR“ gewählt. Eine Ausführliche Erläuterung des CBR ist in diesem Abschnitt nicht vorgesehen, erfolgt jedoch in Kapitel 2.

29) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S 2 ff.

30) Vgl. HOFMANN (2009), S. 50. Die innerhalb der Falldatenbank gespeicherten Fälle werden aufgrund der englischen Bezeichnung Case-based Reasoning auch als „cases“ bezeichnet (vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 158), jedoch findet diese Bezeichnung hier keine Verwendung.

31) Der Begriff „CBR-Tools“ wird hier synonym für Software, Tools, System, Werkzeuge, Applikationen, Programme und Computerprogramme des CBR verwendet.

32) Vgl. ALTHOFF/BARLETTA/MANGO (1995), S. 46 ff.

33) Vgl. WATSON (1997), S. 117 ff.

34) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (1995), S. 46 ff.

35) Vgl. BELECHENAU/PAWAR/BARSON et al. (2003), S. 41.

ten Kriterien und eine unzureichende Objektivität Raum für „gewünschte“ Ergebnisse geschaffen wird.

Anhand von anderen Publikationen gibt die Veröffentlichung von LIAO³⁶ eine grundsätzliche Übersicht unterschiedlicher CBR-Tools in den verschiedenen Teilgebieten der Künstlichen Intelligenz, ohne diese jedoch zu untersuchen.

Unterschiedliche CBR-Tools werden in der Veröffentlichung von PRENTZAS³⁷ hinsichtlich mehrerer Ansätze kategorisiert, die sowohl CBR als auch Regelbasiertes Schließen erlauben, und auf einer Auflistung der Vor- und Nachteile beider Techniken beruhen.

Innerhalb der Veröffentlichung von ABDRABOU³⁸ erfolgt eine Übersicht mehrerer Entwicklungsumgebungen für CBR und verschiedener CBR-Tools, die auf der Publikation von WATSON³⁹ beruhen, ohne diese jedoch eingehender zu untersuchen.

Die in der Veröffentlichung von BERGMANN⁴⁰ genannten CBR-Tools sind teilweise nicht mehr verfügbar, geben jedoch eine grobe Übersicht möglicher Entwicklungsrichtungen und Bezugsquellen verfügbarer CBR-Tools.

Obwohl das Wissensmanagement bereits eingehend erforscht wurde⁴¹ und seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts zahlreiche CBR-Tools entwickelt⁴² und in der einschlägigen Fachliteratur bereits untersucht worden sind, ergeben sich dennoch zwei wissenschaftliche Probleme:

Zunächst besteht ein Erkenntnisproblem, da die genannten Veröffentlichungen eine ausführliche Analyse verfügbarer und dem heutigen Stand der Technik entsprechender CBR-Tools vermissen lassen. Des Weiteren besteht ein Implementierungsproblem, da der Einsatz eines CBR-Tools zur Speicherung von Erfahrungswissen aus internationalen Supply-Chain-Projekten keine eingehende Beachtung gefunden hat.

Die Lösung des Erkenntnisproblems sowie des Implementierungsproblems, die aufgrund der Diskrepanz von betriebswirtschaftlich Wünschenswertem und dem State-of-the-art der einschlägigen

36) Vgl. LIAO (2005), S. 97.

37) Vgl. PRENTZAS/HATZILYGEROUDIS (2007), S. 102 ff.

38) Vgl. ABDRABOU/SALEM (2008a), S. 783 f. Die Ergebnisse der Veröffentlichung finden sich in ähnlicher Form in ABDRABOU/SALEM (2008b), S. 39 f.

39) Vgl. WATSON (1997), S. 117 ff.

40) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 7 f.

41) Vgl. hierzu beispielhaft die Arbeiten von BEIERLE/KERN-ISBERNER et al. (2008), S. S. 144; VÖLKER/SAUER/SIMON (2007), S. 76 f., BODENDORF (2006), S. 92 und PROBST/RAUB/ROMHARDT (2010), S. 23.

42) Vgl. ABDRABOU/SALEM et al. (2008a), S. 781 und BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 9.

Fachliteratur aufgedeckt wurden, konstituiert das wissenschaftliche Problem, dieser wissenschaftlichen Arbeit.

1.3 Aufbau der Arbeit

Das erste Kapitel erläutert vor dem realwirtschaftlichen Kontext das vorliegende wissenschaftliche Problem sowie die damit verbundene Zielsetzung der Arbeit und liefert einen Überblick über den Aufbau.

Im zweiten Kapitel werden die Grundlagen des CBR ausführlich erläutert. Neben der grundsätzlichen Funktionsweise und Techniken hinsichtlich der Ähnlichkeitsmessung und der Adaption von Fällen, werden mögliche Einsatzgebiete sowie die Techniken zur Darstellung der Fälle der Falldatenbank erläutert.

Das dritte Kapitel erläutert ausführlich den Analytic Hierarchy Process (AHP) nach SAATY⁴³, der als Unterstützung für den Vergleich von CBR-Tools eingesetzt wird und durch mehrere definierte Rechenschritte innerhalb des AHP eine Favorisierung eines oder mehrerer CBR-Tools ermöglicht.

Auf Grundlage der vorherigen beiden Kapitel erfolgt im vierten Kapitel zunächst eine kurze Vorstellung verfügbarer CBR-Tools und der gewählten Kriterien für den Vergleich. Die vorgestellten CBR-Tools werden mittels des AHP bezüglich der gewählten Kriterien miteinander verglichen, um im Hinblick auf die gewünschte Nützlichkeit jenes CBR-Tool zu ermitteln, welches die Kriterien bestmöglich erfüllt.

Im abschließenden fünften Kapitel werden die realisierten Ergebnisse diskutiert und Ansatzpunkte für zukünftige Entwicklungen und nötige Verbesserungen, die aufgrund von Schwachstellen im Verlauf der Analyse zu Tage traten, aufgezeigt.

2 Grundlagen des Case-based Reasonings

2.1 Die Funktionsweise des Case-based Reasonings

Die Ursprünge des CBR finden sich u. a. in den Arbeiten von KOLODNER⁴⁴, die teilweise auf den Veröffentlichungen von SCHANK aufbauen und sich mit der Speicherung von langfristigen Erinnerungen sowie deren Rekonstruktionsprozess bei Anfragen durch Computerprogramme befassen.⁴⁵

43) Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 95 ff. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Akronym „AHP“ verwendet.

44) Vgl. KOLODNER (1993), S. 10. Vgl. hierzu ebenso etwa PRENTZAS/HATZILYGEROUDIS et al. (2007), S. 100, WATSON (1997), S. 18 oder LEAKE (1996), S. 1.

Durch die Ursprünge wurde die Vorgehensweise, die innerhalb des CBR⁴⁶ verwendet wird, auf der grundsätzlichen Annahme aufgebaut, dass ähnlich gelagerte Probleme ähnliche Lösungen besitzen.⁴⁷ Ausgehend von dieser Annahme wird jenes *Wissen*, das durch die gespeicherten Fälle innerhalb der Falldatenbank repräsentiert wird, zur Lösung von neuen und unbekanntem Problemen genutzt.⁴⁸ Die Falldatenbank ist eine spezifische Datenbank⁴⁹, in der die Fälle durch verschiedene Merkmale beschrieben⁵⁰ und aufgrund der Beschreibung in logischer Weise organisiert werden können.⁵¹ Ein einzelner Fall der Falldatenbank kann neben der konkreten Lösung eines spezifischen Problems auch zusätzliche Informationen beinhalten, wie etwa weitere Erklärungen oder mögliche Fehler einer früheren Lösung des Problems.⁵²

Um einen neuen Fall, der im CBR durch die Merkmale des neuen Problems beschrieben wird, zu lösen, ist es zunächst nötig, durch festgelegte Ähnlichkeitsmaße jenen Fall⁵³ aus der Falldatenbank abzurufen, der aufgrund seiner Nützlichkeit hinsichtlich eines bereits gelösten Problems die beste Grundlage zur Lösungsgenerierung des neuen Falls bildet.⁵⁴

Die Nutzung der Ähnlichkeit zwischen dem bereits gelösten und dem ungelösten neuen Fall ist der Grundgedanke des hier gebrauchten zyklischen Prozessmodells, das durch AAMODT und PLAZA⁵⁵ entwickelt wurde und als klassischer Ansatz im CBR bezeichnet wird.⁵⁶ Dieses Prozessmodell lässt

45) Vgl. KOLODNER (1983), S. 282.

46) In der einschlägigen Fachliteratur gibt es keinen Standard, der festlegt, ob CBR einen „Prozess“ (vgl. AHA/KIM/HAN (2006), S. 201), eine „Methode“ oder eine „Technik“ darstellt. LENZ (vgl. LENZ (1999), S. 4) sowie PAL (vgl. PAL/SHIU (2004), S. 27 f.) greifen diese Thematik auf, unterscheiden lediglich zwischen den beiden zuletzt genannten Begriffen und gehen eher von einer „Methode“ aus. Diese Bezeichnung findet sich u. a. bei SCHULZE (2001), S. 87 und ZHOU/SHI/ZHAO (2010), S. 333. Ebenso finden sich Veröffentlichungen, die CBR als „Technik“ ansehen, vgl. u.a. LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (1997), S. 23, FREUDENTHALER (2008), S. 9 oder RICHTER (2003), S. 183. Ausgehend von einem fehlenden Standard und aufbauend auf die im ersten Kapitel gewählte Bezeichnung wird CBR hier weiterhin als „Technik“ definiert.

47) Diese Annahme findet sich u. a. bei ONTANON/PLAZA/AMALGAMS et al. (2010), S. 257, FREUDENTHALER (2008), S. 130, STAHL (2007), S. 31 und SUN/FINNIE (2004), S. 142. RICHTER bezeichnet diese Annahme zwar als „naiv“ (vgl. RICHTER (2003), S. 181 f.), jedoch zeigen gegenwartsnahe Veröffentlichungen, dass diese Annahme weiterhin als Grundlage dient.

48) Vgl. SCHULZE (2001), S. 87.

49) Vgl. STAHL (2004), S. 69.

50) Vgl. BIERER (2008), S. 21.

51) Vgl. RIECKMANN (2001), S. 33 f.

52) Vgl. BIERER (2008), S. 21.

53) Es können auch mehrere Fälle abgerufen werden, jedoch soll hier davon zunächst abstrahiert werden.

54) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 166.

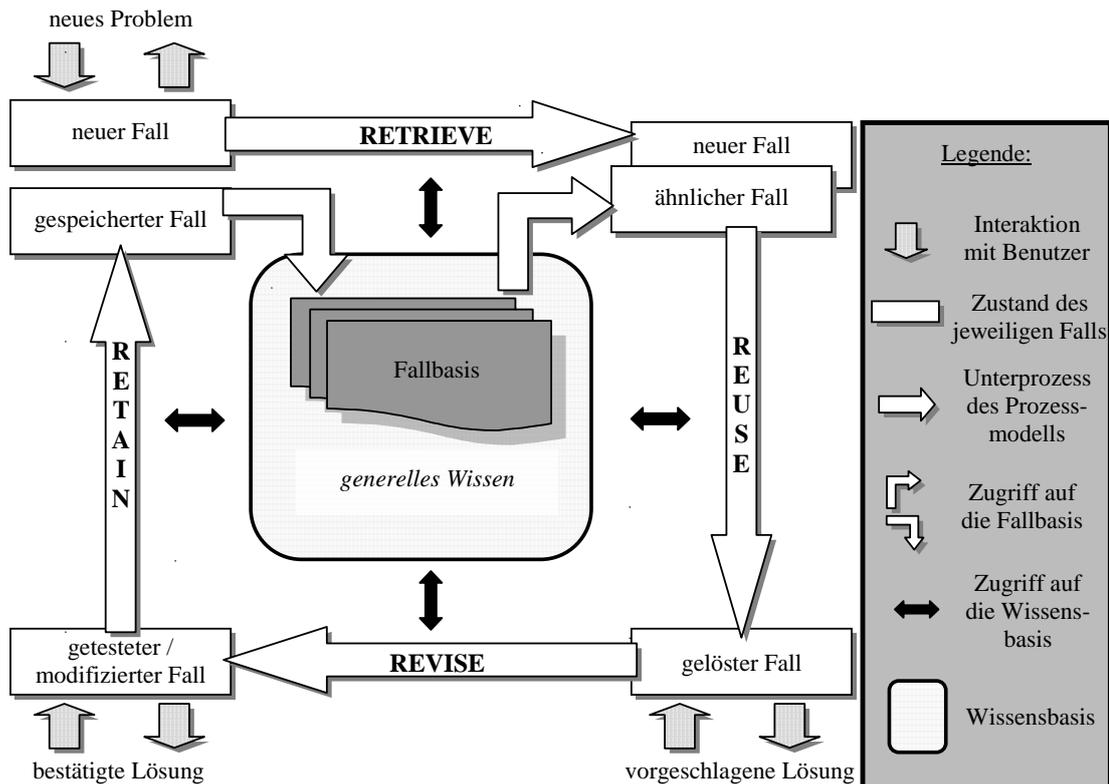
55) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 45.

56) Vgl. MINOR (2006), S. 37, ebenso zu finden bei HOFMANN (2009), S. 53 und LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (2006), S. 216. Eine andere mögliche Darstellung eines Ansatzes im CBR findet sich etwa bei LEAKE (1996), S. 8. Innerhalb dieser Herangehensweise wird, ausgehend von einem Raum für Problembeschreibungen, für ein neues Problem in einem Raum mit vorhandenen Lösungen eine adäquate Lösung für das neue Problem durch Adaption einer

sich in vier Unterprozesse – RETRIEVE, REUSE, REVISE und RETAIN⁵⁷ – aufgliedern, die hinsichtlich eines neuen Problems nacheinander in wiederkehrender Abfolge zur Lösungsgenerierung durchlaufen werden.⁵⁸ Innerhalb des Prozessmodells wird während der Lösungsgenerierung auf die Wissensbasis zugegriffen, die neben der Falldatenbank auch *generelles Wissen* beinhaltet.⁵⁹ *Generelles Wissen* dient zur Unterstützung des CBR⁶⁰ und kann sich etwa auf den jeweiligen Bereich beziehen, in dem CBR verwendet wird⁶¹ oder die Beschreibung zur Anpassung von vorhandenen Lösungen an neue Probleme einschließen.⁶² Abgesehen von dem neuen Problem und der zugehörigen Lösung, die als neuer Fall am Ende des Prozesses in der Falldatenbank abgelegt werden, können auch Fehlschläge bei der Lösungsgenerierung und deren mögliche Gründe als Information mit dem neuen Fall abgelegt werden, um bei ähnlichen Fällen vor Fehlschlägen zu warnen.⁶³

Aufgrund der Abfolge des zyklischen Prozessmodells, das einen dynamischen Um- und Aufbau der Wissensbasis ermöglicht, werden CBR-Tools in die Lage versetzt aus gemachten Erfahrungen hinsichtlich der Lösungsgenerierung zu „lernen“. ⁶⁴ Der Ablauf innerhalb des Prozessmodells des CBR wird in Abbildung 1 dargestellt. Die einzelnen Schritte des Prozessmodells werden im nachfolgenden Kapitel differenziert erläutert.

-
- vorhandenen Lösung generiert. Diese Herangehensweise findet aufgrund des im vierten Kapitel durchgeführten Vergleichs von CBR-Tools keine Beachtung.
- 57) Die Erläuterung der Unterprozesse erfolgt in den jeweiligen Unterkapiteln.
- 58) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 45. Eine deutschsprachige Übersetzung der vier Unterprozesse erfolgt hier nicht, da sowohl in der deutschsprachigen als auch englischsprachigen Fachliteratur die genannten Bezeichnungen wörtlich übernommen wurden. Vgl. hierzu u.a. FREUDENTHALER (2008), S. 26, SCHULZE (2001), S. 89, BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 167 und BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 34. Aufgrund der Unterprozesse finden sich u.a. ebenfalls folgende Bezeichnungen des Prozessmodells, wie etwa R4-Zyklus (vgl. BIERER (2008), S. 24 sowie LENZ (1999), S. 18) oder 4(-)RE (vgl. MUSTAFARAJ (2007), S. 10 und LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (2006), S. 216).
- 59) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 45.
- 60) Vgl. VOSKOGLOU (2010), S. 50.
- 61) Vgl. BELTRAN-FERRUZ/DIAZ-AGUDO/LAGERQUIST (2006), S. 444.
- 62) Vgl. BERGMANN/MOUGOUIE (2006a), S. 271.
- 63) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 169 f.
- 64) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 40, in ähnlicher Weise auch zu finden bei HOFMANN (2009), S. 50.

Abbildung 1: Funktionsweise des Case-based Reasonings⁶⁵

2.2 Die Unterprozesse des Case-based Reasonings

2.2.1 Retrieve

Dieser Unterprozess bildet den Anfangspunkt des Prozessmodells.⁶⁶ Bevor eine Auswahl relevanter Fälle in der Falldatenbank hinsichtlich der Lösungsgenerierung identifiziert werden kann, bedarf es zunächst einer Beschreibung des neuen Problems durch verschiedene Merkmale, die einen neuen Fall festlegen.⁶⁷ Da die Möglichkeit einer unvollständigen oder fehlerhaften Beschreibung besteht, kann durch den Rückgriff auf das *generelle Wissen* oder eine Rückfrage beim Benutzer dennoch eine Lösungsgenerierung des Falls ermöglicht werden.⁶⁸ Aufgrund der Beschreibung kann nun mit Hilfe eines definierten Ähnlichkeitsmaßes innerhalb der Falldatenbank eine Suche durchgeführt werden, bei der die Merkmale des neuen Falls mit den Merkmalen der gespeicherten Fälle vergli-

65) Eigene Darstellung in Anlehnung an AAMODT/PLAZA (1994), S. 45.

66) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 45. Eine andere Ansicht geht jedoch davon aus, dass der hier genannte Anfangspunkt des Prozessmodells bereits den zweiten Schritt darstellt, da die Falldatenbank durch Ähnlichkeitsrelationen mit einer möglichen Problemwelt und einer möglichen Lösungswelt zunächst definiert werden muss. Diese Herangehensweise erweitert das hier betrachtete Prozessmodell um einen vorgelagerten Schritt („Repartition“) und wird als R5-Modell bezeichnet (vgl. SUN/FINNIE (2004), S. 133 f., ebenso zu finden bei AVRAMENKO/KRASLAWSKI (2008), S. 61).

67) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 27.

68) Vgl. HOFMANN (2009), S. 54 f.

chen werden.⁶⁹ Die Merkmale der Fälle, die in einem Index hinterlegt sind, enthalten Attribute, deren Ausprägungen des jeweiligen gelösten Problems und der zugehörigen Lösung und dienen zur Unterscheidung der einzelnen Fälle.⁷⁰ Diese Suche zur Identifikation geeigneter Fälle wird im Index der Falldatenbank zunächst grob und darauf aufbauend innerhalb der identifizierten Fälle erneut genauer durchgeführt.⁷¹ In Abhängigkeit vom neuen Problem kann allerdings auch nach Teilen von mehreren Fällen gesucht werden.⁷² Die innerhalb der Suche identifizierten relevanten Fälle werden aufgrund der berechneten Werte des Ähnlichkeitsmaßes in eine Reihenfolge gebracht und es wird jener Fall ausgewählt, der hinsichtlich des neuen Falls die höchsten Übereinstimmungen aufweist.⁷³

Der betrachtete Unterprozess kann als wichtigster Teil des Prozessmodells angesehen werden, da durch die Auswahl des Ähnlichkeitsmaßes auch die Auswahl der relevanten Fälle und damit einhergehend der weitere Verlauf der Lösungsgenerierung maßgeblich beeinflusst werden.⁷⁴

2.2.2 Reuse

Ziel dieses Unterprozesses ist die Lösungsgenerierung für den neuen Fall, bei der das *Wissen*, das im aufgerufenen Fall gespeichert ist, auf den neuen Fall angewendet wird.⁷⁵ Die Beschreibung des neuen Falls ermöglicht Rückschlüsse auf die Art des vorliegenden neuen Problems.⁷⁶

Bei analytischen Problemen⁷⁷, die etwa zur Entscheidungsunterstützung oder Klassifikation gelöst werden müssen⁷⁸, kann die vorhandene Lösung des gewählten Falls oftmals ohne Modifikation, d.h.

69) Vgl. COULON (1997), S. 22.

70) Vgl. PAL/SHIU (2004), S. 12. Andere Möglichkeiten zur Fallrepräsentation sind ebenso realisierbar und werden im späteren Verlauf der Arbeit erläutert.

71) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 168. Die Suche nach geeigneten Fällen kann als Heuristik bezeichnet werden, da im Vorfeld nicht auf eine definitive Nützlichkeit der identifizierten Fälle hinsichtlich der Lösungsgenerierung geschlossen werden kann (vgl. STAHL (2004), S. 69).

72) Vgl. PAL/SHIU (2004), 15 f.

73) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 28. AAMODT und PLAZA gehen davon aus, dass innerhalb des RETRIEVE ein einzelner Fall ausgewählt wird (vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 51). Dieser Auffassung folgt der weitere Verlauf dieser Arbeit. Es ist jedoch auch möglich, dass mehrere Fälle in die weitere Lösungsgenerierung einfließen (vgl. etwa BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 166 oder STAHL (2003), S. 17). Bei Relevanz wird im Text darauf hingewiesen.

74) Vgl. HOFMANN (2009), S. 54. Ebenso zu finden bei SUN/FINNIE (2004), S. 34 f. und FREUDENTHALER (2008), S. 28.

75) Vgl. SCHULZE (2001), S. 90.

76) Vgl. RIECKMANN (2001), S. 35.

77) Nach KOLODNER kann CBR unterschieden werden in problemlösendes und interpretatives CBR. Beim problemlösenden CBR werden aus vorhandenen Lösungen als Anhaltspunkt Lösungen für neue Probleme abgeleitet, wohingegen beim interpretativen CBR neue Situationen im Kontext gespeicherter Situationen evaluiert werden (vgl. KOLODNER (1992), S. 6.).

durch einfaches Kopieren, übernommen werden.⁷⁹ Bei synthetischen Problemen, die etwa innerhalb eines Entwurfs oder einer Konfiguration auftreten⁸⁰, ist es nötig, vorhandene Lösungen auf das neue Problem bzw. den neuen Fall durch Adaptionstechniken⁸¹ zu übertragen, da aufgrund bestehender Unterschiede keine direkte Lösung des neuen Problems existiert.⁸² Die Übertragung kann auf der kompletten oder teilweisen Nutzung der Lösungen einzelner oder mehrerer gespeicherter Fälle beruhen.⁸³ Durch die Nutzung vorhandener Lösungen ist es durchaus möglich, dass die durch diesen Unterprozess generierte vorgeschlagene Lösung für das neue Problem nicht korrekt ist.⁸⁴

2.2.3 Revise

Innerhalb dieses Unterprozesses wird die vorgeschlagene Lösung überprüft und im Hinblick auf die Korrektheit bewertet.⁸⁵ Die Bewertung, die durch den Benutzer oder eine Simulation im Anwendungskontext erfolgen kann⁸⁶, orientiert sich an der Brauchbarkeit der Lösung hinsichtlich des neuen Problems.⁸⁷ Zusätzlich können auch Faktoren, wie etwa die Nachvollziehbarkeit der Lösung oder benötigte Mitarbeiter zur Umsetzung der Lösung, in die Bewertung einfließen.⁸⁸ Bei unkorrekten Lösungen werden Modifikationen vorgenommen, um eine zufrieden stellende Lösung zu generieren.⁸⁹

2.2.4 Retain

Dieser Unterprozess stellt den letzten Schritt⁹⁰ im Prozessablauf dar und dient zur Speicherung des neuen Problems und der generierten Lösung in der Falldatenbank.⁹¹ In Abhängigkeit vom gewon-

78) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 22.

79) Vgl. LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (2006), S. 226.

80) Vgl. HOFMANN (2009), S. 62.

81) Mögliche Adaptionstechniken werden im späteren Verlauf der Arbeit geklärt.

82) Vgl. SUN/FINNIE (2004), S. 37.

83) Vgl. RIECKMANN (2001), S. 35.

84) Vgl. SCHULZE (2001), S. 91.

85) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 52.

86) Vgl. COULON (1997), S. 24.

87) Vgl. HOFMANN (2009), S. 57.

88) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 29.

89) Vgl. SCHULZE (2001), S. 91 f.

90) Im Prozessmodell von AAMODT und PLAZA stellt dieser Unterprozess den letzten Schritt dar. In der einschlägigen Fachliteratur findet sich jedoch auch ein Ansatz, in dem zwei weitere Schritte („REVIEW“, „RESTORE“) hinzuzufügen sind. Zusammen mit dem letzten hier genannten Schritt RETAIN sind die Schritte für die Wartung der Wissensbasis zuständig, da laut Argumentation, die ersten drei Unterprozesse nicht für die Änderung der Wissens-

nenen *Wissen* ist zu entscheiden, ob ein neuer Fall anzulegen ist oder ob es ausreicht, einen vorhandenen Fall um den Bereich, indem die auf dem Fall basierende vorhandene Lösung genutzt werden kann, zu erweitern.⁹²

Neben der Lösung des Problems können auch Lösungsschritte, Erklärungen oder Informationen über die Fehler, die im Verlauf der Lösungsgenerierung entstanden sind, in der Falldatenbank abgelegt werden.⁹³ Die Speicherung in der Falldatenbank führt zu einer Aktualisierung der Merkmale der gespeicherten Fälle und ggf. zu einer Erweiterung des Indexes aufgrund des neu angelegten Falls.⁹⁴ Durch die Aktualisierung der Falldatenbank sowie des Indexes wird der gelöste Fall in die bereits vorhandenen Fälle eingeordnet und kann für künftige Probleme oder bei einem Testlauf zur Überprüfung des letzten gelösten Problems genutzt werden.⁹⁵

2.3 Fallrepräsentation im Case-based Reasoning

Im CBR können die Fälle der Falldatenbank in Abhängigkeit vom einem gewählten Datenkonzept auf unterschiedliche Arten repräsentiert werden.⁹⁶ Die Möglichkeit der Fallrepräsentation beeinflusst nicht nur die Nutzung des Ähnlichkeitsmaßes im ersten Unterprozess⁹⁷, sondern auch die Art und Weise, wie gespeichertes Wissen in den Fällen aufgefunden werden kann.⁹⁸ Daher ist bei der Auswahl der Art der Fallrepräsentation auf folgende Kriterien zu achten⁹⁹:

- Die Art der Fallrepräsentation sollte durch einen Index der gespeicherten Fälle die Ähnlichkeitssuche unterstützen sowie die Erstellung einer Reihenfolge der identifizierten Fälle erlauben.
- Die Fallrepräsentation sollte bei allen gespeicherten Fällen und allen hinzukommenden Fällen die gleiche Form aufweisen.
- Neben der Nutzung gespeicherter Fälle hinsichtlich künftiger Probleme sollte ebenso die Speicherung neuer Fälle innerhalb der Falldatenbank möglich sein.

basis zuständig sind und es im CBR hinsichtlich der Wissensspeicherung einer grundsätzlichen Erweiterung des Modells um spezifische Wartungsmethoden, die hier nicht weiter erläutert werden sollen, bedarf (vgl. IGLEZAKIS/REINARTZ/ROTH.BERGHOFFER (2004), S. 230).

91) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 7.

92) Vgl. RIECKMANN (2001), S. 36.

93) Vgl. BIERER (2008), S. 26.

94) Vgl. HOFMANN (2009), S. 58.

95) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 18 f.

96) Vgl. CHEETHAM/SHIU/WEBER (2006), S. 267.

97) Vgl. SPASIC/ANANIADOU/TSUJII (2005), S. 2751.

98) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 19.

99) Vgl. SCHULZE (2001), S. 93.

Zur Fallrepräsentation ist es zudem notwendig, ein geeignetes Vokabular, d.h. eine Ontologie, zu wählen, die es erlaubt, die Strukturen, die innerhalb der Falldatenbank anzutreffen sind, wie etwa Datentypen oder Beziehungen zwischen den Fällen, zu definieren.¹⁰⁰ Abbildung 2 stellt beispielhaft eine mögliche Ontologie dar.

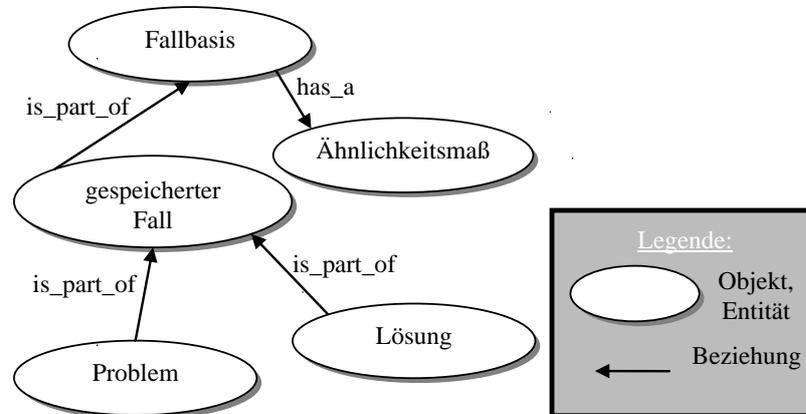


Abbildung 2: Darstellung einer Ontologie innerhalb einer Falldatenbank¹⁰¹

In der einschlägigen Fachliteratur finden sich zahlreiche Möglichkeiten zur Fallrepräsentation, die im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht alle erläutert werden.¹⁰² Dennoch ist es notwendig, jene Möglichkeiten zu erläutern, die eine weite Verbreitung innerhalb des CBR gefunden haben und hauptsächlich in CBR-Tools genutzt werden.¹⁰³

2.4 Arten der Fallrepräsentation

2.4.1 Attribut-Wert-Paare

Innerhalb dieser Art der Fallrepräsentation, die sich etwa für die Lösung von analytischen Problemen eignet¹⁰⁴, werden jene Merkmale, die einen gespeicherten Fall beschreiben, als Paar einer fest vorgegebenen oder variierenden Menge von Attributen und den zugehörigen Werten dargestellt.¹⁰⁵

Die Ausprägungen der jeweiligen Attribute können verschiedene Formen annehmen, wie etwa

100) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 6.

101) Eigene Darstellung in Anlehnung an SOYLU/CAUSMAECKRT/DESMET (2009), S. 998.

102) Vgl. BERGMANN/KOLONDER/PLAZA (2006b), S. 209. Es ist z.B. realisierbar, Fälle neben den hier genannten Möglichkeiten als „konzeptuale Graphen“ (vgl. RECIO-GARCIA/DIAZ-AGUDO/BELEN et al. (2010), S. 11) sowie durch „Aussagenlogik“ (vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 176) oder „Regeln“ (in Form von „Wenn... (Bedingung), dann... (Aktion)“, vgl. hierzu PAL/SHIU (2004), S. 41) darzustellen.

103) Vgl. hierzu etwa LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA et al. (2006), S. 219; STAHL (2003), S. 5 und POLICASTRO/CARVALHO/DELBEM (2008), S. 102.

104) Vgl. SCHULZE (2001), S. 93.

105) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 34.

Symbole, ganze oder reelle Zahlen aus einem bereits definierten Bereich¹⁰⁶, und werden entweder zur Problembeschreibung oder zur Lösungsbeschreibung genutzt.¹⁰⁷ Ein Paar aus Attribut und zugehörigem Wert kann eine Form annehmen, wie sie in Abbildung 3 dargestellt ist:

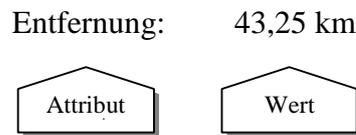


Abbildung 3: Beispiel zur Darstellung eines Attribut-Wert-Paares¹⁰⁸

Die Gesamtheit der Merkmale, die innerhalb der Fallrepräsentation zur Problembeschreibung und zur Lösungsbeschreibung genutzt werden kann, wird in der einschlägigen Fachliteratur auch als Attribut-Wert-Vektor¹⁰⁹ bezeichnet und ist beispielhaft in Abbildung 3 dargestellt.

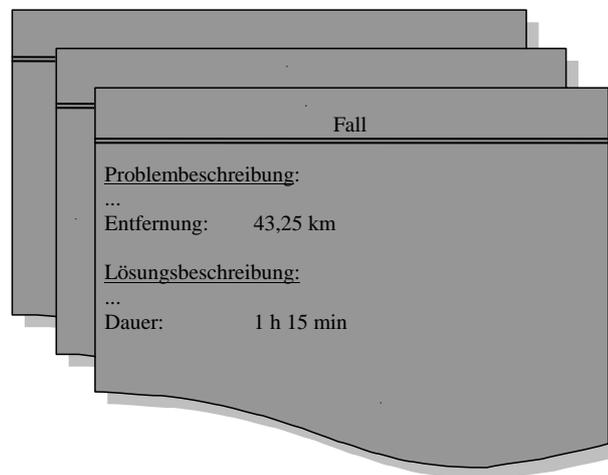


Abbildung 4: Beispiel zur Fallrepräsentation durch Attribut-Wert-Paare¹¹⁰

2.4.2 Objekt-orientierte Struktur

Als weitere Art der Fallrepräsentation können Fälle durch eine Zusammenstellung von Objekten dargestellt werden.¹¹¹ Objekte sind selbständige Einheiten und werden durch eine feste Menge zusammenhängender Merkmale aber auch durch durch Methoden, die durch Attribut-Wert-Paare be-

106) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 26.

107) Vgl. SUN/FINNIE (2004), S. 31.

108) Eigene Darstellung in Anlehnung an BACH/REICHLER/ALTHOFF (2009), S. 393.

109) Vgl. BERGMANN/KOLONDER/PLAZA (2006b), S. 209 und ALTHOFF (1997), S. 7.

110) Eigene Darstellung in Anlehnung an POLICASTRO/CARVALHO/DELBEM (2008), S. 103.

111) Vgl. SUN/FINNIE (2004), S. 32. In der einschlägigen Fachliteratur findet sich auch die Bezeichnung Structural CBR (SCBR), die als ein übergeordneter Begriff der Fallrepräsentation durch Attribut-Wert-Paare und durch objekt-orientierte Strukturen aufgefasst werden kann; vgl. Bergmann et al. (2003), S. 21. Für den weiteren Verlauf der Arbeit wird das Akronym „SCBR“ gewählt und bezieht sich auf die genannten beiden Arten zur Fallrepräsentation.

schrieben werden, charakterisiert.¹¹² Die Klassen, denen die einzelnen Objekte zugerechnet werden, sind als Hierarchie angeordnet und bestimmen jene Attribute, die in den Objekten genutzt werden.¹¹³ Die Anordnung der Klassen innerhalb der Hierarchie kann auf folgenden Beziehungen basieren und wirkt sich auf die Attribute innerhalb der Klassen aus¹¹⁴:

- Bei kompositionellen Beziehungen können Attribute ebenfalls durch Objekte dargestellt werden.
- Bei taxonomischen Beziehungen werden die Attribute der übergeordneten Klasse an die untergeordneten Klassen durch Vererbung weitergegeben.

Diese Art der Fallrepräsentation eignet sich für komplexe Bereiche, bei denen die Struktur der einzelnen Fälle in unterschiedlicher Art auftreten kann.¹¹⁵ Abbildung 5 zeigt einen möglichen hierarchischen Aufbau einer Fallrepräsentation durch eine objekt-orientierte Struktur.

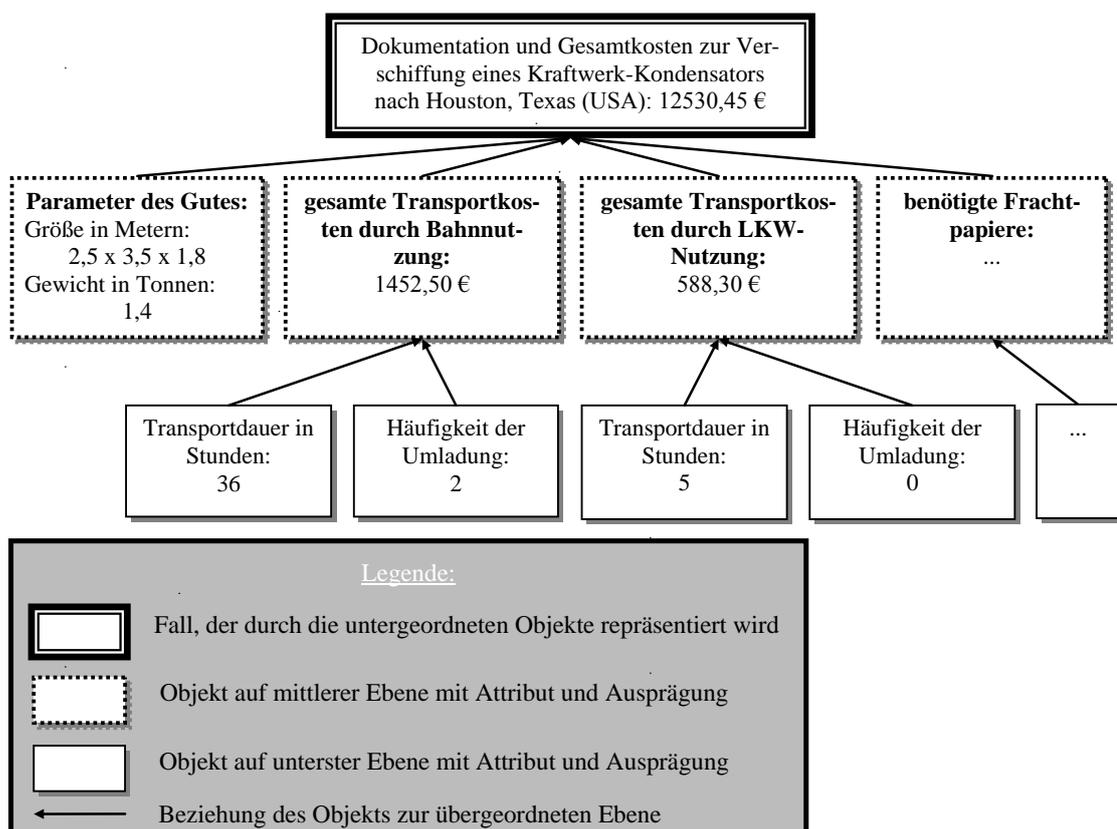


Abbildung 5: Beispiel zur Darstellung einer objekt-orientierten Fallrepräsentation¹¹⁶

112) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 36.

113) Vgl. LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (2006), S. 221.

114) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 37 ff.

115) Vgl. BERGMANN/KOLONDER/PLAZA (2006b), S. 211.

116) Eigene Darstellung in Anlehnung an POLICASTRO/CARVALHO/DELBEM (2008), S. 103.

2.4.3 Frage-Antwort-Gruppen

Diese Art der Fallrepräsentation, die in der einschlägigen Fachliteratur als Conversational CBR (CCBR) bezeichnet wird, legt Fälle als eine spezifische Gruppe von Fragen und zugehörigen Antworten hinsichtlich eines gelösten Problems in der Falldatenbank an und zielt auf eine Minimierung der zur Lösung nötigen Fragen des neuen Problems.¹¹⁷ Innerhalb der Falldatenbank werden die Fälle zwar anhand der vorliegenden Fragen unterschieden, jedoch ist es möglich, dass die einzelnen Fälle keine standardisierte Form aufweisen – etwa durch eine unterschiedliche Anzahl von Fragen.¹¹⁸ Um einen neuen Fall zu lösen wird der Benutzer aufgrund der Beschreibung des neuen Problems durch einen interaktiven Dialog von gespeicherten und ähnlich gelagerten Fragen geführt.¹¹⁹ Aufgrund der Möglichkeit der Interaktivität ist es nicht nötig, dass eine komplette Beschreibung des neuen Problems vorliegt, sondern die Problembeschreibung kann im Verlauf der Fragestellung generiert werden.¹²⁰ Zur Beendigung des Prozesses kann der gesamte Dialog entweder aufgrund der Auswahl einer vorgeschlagenen Lösung durch den Benutzer oder aufgrund festgelegter Kriterien durch das CBR-Tool beendet werden.¹²¹ Diese Art der Fallrepräsentation eignet sich für Bereiche, in denen durch eine hohe Standardisierung wiederkehrende und einfach gelagerte Probleme gelöst werden können.¹²²

2.4.4 Freier Text

Jene Fälle oder Probleme und die zugehörigen Lösungen, die durch diese Fallrepräsentation dargestellt werden, weisen keine gemeinsame Struktur auf und werden als freier Text in der Falldatenbank abgelegt.¹²³ Dieses auf freiem Text beruhendes CBR wird in der einschlägigen Fachliteratur als Textual CBR (TCBR) bezeichnet.¹²⁴ Die Fälle der Falldatenbank sind durch Schlüsselwörter beschrieben.¹²⁵ Schlüsselwörter können als Informationseinheiten angesehen werden, die die Nütz-

117) Vgl. MCSHERRY/HASSAN/BUSTARD (2008), S. 342. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird für diese Form der Fallrepräsentation das Akronym „CCBR“ gewählt.

118) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 23.

119) Vgl. WILSON (2001), S. 67.

120) Vgl. WEBER/REICHERT/RINDERLE-MA et al. (2009), S. 9.

121) Vgl. AHA/MCSHERRY/YANG (2006b), S. 247.

122) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 21.

123) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 5.

124) Vgl. WEBER/ASHLEY/BRÜNINGHAUS (2006), S. 255. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird für diese Form der Fallrepräsentation das Akronym „TCBR“ gewählt.

125) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 18.

lichkeit des gespeicherten Falles in einem gegebenen Kontext darstellen.¹²⁶ Da die Schlüsselwörter, die gewählt werden, um die abgelegten Fälle zu beschreiben, mehrere Bedeutungen haben können, ist es nötig, dass neben dem *generellen Wissen* auch *linguistisches Wissen* zur Fallrepräsentation genutzt wird.¹²⁷ Nachdem ein neuer Fall in freier Textform in das CBR-Tool eingegeben wurde, dienen die Schlüsselwörter, die in dem Index der Falldatenbank hinterlegt sind, zur Identifizierung der relevanten Fälle.¹²⁸ Diese Art der Fallrepräsentation eignet sich zur Nutzung in Bereichen, in denen bereits eine umfangreiche Anzahl von Fällen in Form von Dokumenten in der Falldatenbank abgelegt ist und der Benutzer diese direkt zur Problemlösung nutzen kann.¹²⁹

2.5 Möglichkeiten der Fallrepräsentation

2.5.1 Hamming-Abstand

Um innerhalb des CBR geeignete Fälle aus der Falldatenbank auszuwählen, ist es zunächst nötig, ein Ähnlichkeitsmaß auszuwählen, das jene Fälle erfassen soll, die für das gegebene neue Problem als mögliche Lösungen in Betracht kommen.¹³⁰ Zur Berechnung der Ähnlichkeit werden die Merkmale der einzelnen Fälle miteinander verglichen und es wird ein numerischer Wert generiert, der bspw. bei einem Wert von 0,95 auf einer Skala von 0 bis 1 eine hohe Ähnlichkeit des Falles oder der Fälle darstellt.¹³¹

Nach BEIERLE kann ein Ähnlichkeitsmaß folgendermaßen definiert werden¹³²:

Als formale Repräsentation werden zunächst die Merkmale eines Falls \mathbf{x} einem Tupel \mathbf{n} zugeordnet. Es wird festgelegt, dass jedes x_i aus einem Wertebereich eines i -ten Merkmals stammt, d.h.

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n), \quad (1)$$

und die gewählten x_i reelle Zahlen darstellen müssen.

126) Vgl. BERGMANN/KOLONDER/PLAZA (2006b), S. 211.

127) Vgl. RAGHUNANDAN/CHAKRABORTIKHEMNAI(2009), S. 271.

128) Vgl. GÖKER/HOWLETT/PRICE (2006), S. 278. Zur Identifikation der relevanten Schlüsselwörter können verschiedene Herangehensweisen genutzt werden. Eine mögliche Herangehensweise wird als „N-Gram matching“ bezeichnet. Bei dieser Herangehensweise werden die Schlüsselwörter in Buchstabenfolgen von festgelegter Reihenfolge und Länge dekomponiert, wobei das „N“ für die Anzahl der betrachteten Buchstaben steht. So geschieht eine Dekomposition des Wortes „Verschiffung“ bei einem „4-Gram matching“ in jeweils vier Buchstaben des Wortes mit den folgenden Bestandteilen: Vers, ersc, rsch, schi, chif, hiff, iffu, ffun, fung. Vgl. hierzu VARMA (2001), S. 627 und MUSTAFARAJ (2007), S. 43.

129) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003), S. 21.

130) Vgl. LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (2006), S. 219 f.

131) Vgl. FREUDENTHALER (2008), S. 44 f.

132) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), 188 f. Die Formeln wurden ohne Modifikation übernommen.

Bei jenen Fällen, deren gesamte Attribute eine binäre Ausprägung annehmen können, wie etwa „ja“ oder „nein“ sowie „wahr“ oder „falsch“, kann ein simples Ähnlichkeitsmaß berechnet werden. Dazu werden die binären Attribute zweier Fälle \mathbf{x} und \mathbf{y} zunächst beschrieben als $\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i \in \{0, 1\}$. Durch diese Beschreibung kann der HAMMING-Abstand \mathbf{dist}_H von zwei Fällen folgendermaßen definiert werden:

$$\mathbf{dist}_H(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|. \quad (2)$$

Bei Übereinstimmung aller Attribute der Fälle \mathbf{x} und \mathbf{y} , ist kein Abstand zwischen beiden Fällen vorhanden, bei vollkommener Ungleichheit ist der Abstand zwischen beiden maximal. Durch die Umwandlung des HAMMING-Abstandes kann nun folgendes Ähnlichkeitsmaß \mathbf{sim}_H definiert werden als:

$$\mathbf{sim}_H(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|}{n}, \quad (3)$$

wobei n für die Anzahl der Attribute steht.

2.5.2 Globales-Lokales-Ähnlichkeitsmaß

Ein weiteres Ähnlichkeitsmaß, das neben den Attributen auch deren Gewichtung hinsichtlich des Falls berücksichtigt, berechnet die Ähnlichkeit von Fällen anhand einer lokalen Ähnlichkeit und kann nach STAHL folgendermaßen definiert werden¹³³:

Bei einer Anzahl von n Attributen, kann hinsichtlich eines neuen Falls \mathbf{q} und eines gespeicherten Falls \mathbf{c} die Ähnlichkeit $\mathbf{sim}(\mathbf{q}, \mathbf{c})$ wie folgt berechnet werden

$$\mathbf{sim}(\mathbf{q}, \mathbf{c}) = \sum_{i=1}^n w_i \times \mathbf{sim}(q_i, c_i) \quad (4)$$

wobei w_i die Gewichtung und \mathbf{sim}_i das lokale Ähnlichkeitsmaß des Attributes i hinsichtlich des neuen Falls \mathbf{q} und des gespeicherten Falls \mathbf{c} darstellen und die Ähnlichkeit $\mathbf{sim}(\mathbf{q}, \mathbf{c})$ die globale Ähnlichkeit des Falles repräsentiert.

133) Vgl. STAHL/ROTH-BERGHOFER (2008), S. 621. Die Formel wurde ohne Modifikation übernommen.

2.5.3 Nearest-Neighbour-Algorithmus

Eine weitere Möglichkeit zur Ähnlichkeitsmessung wird als Nearest-Neighbour-Algorithmus bezeichnet.¹³⁴ Innerhalb des Nearest-Neighbour-Algorithmus bestimmt eine gewählte Anzahl k , bspw. „3“, die Anzahl jener Fälle, die aus der Falldatenbank aufgerufen werden, die aufgrund der festgestellten Ähnlichkeit zur Problembeschreibung des neuen Falls nützlich erscheinen.¹³⁵ Nach LIAO kann der Nearest-Neighbour-Algorithmus wie folgt definiert werden¹³⁶:

Für zwei Fälle \mathbf{x} und \mathbf{y} wird die Ähnlichkeit berechnet durch

$$\text{sim}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times \text{sim}(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (5)$$

wobei für n die Anzahl der Attribute in einem Fall, w_i die Gewichtung des Attributes i und $\text{sim}(x_i, y_i)$ die Ähnlichkeit von zwei Ausprägungen desselben Attributes i darstellen.

2.6 Adaption innerhalb des Case-based Reasoning

Neben der Darstellung und Speicherung von *Wissen* in Form von gelösten Problemen innerhalb der Falldatenbank ist die Nutzung von *Wissen* hinsichtlich neuer Probleme ein weiterer wichtiger Aspekt des CBR.¹³⁷ Da es möglich ist, dass die Lösungen der Fälle, die im ersten Unterprozess hinsichtlich der berechneten Ähnlichkeit aufgerufen wurden, nicht vollständig zur Lösung des neuen Problems nutzbar sind, ist es nötig, durch Techniken der Adaption die Lösungen der gespeicherten Fälle anzupassen.¹³⁸

Innerhalb der Adaption durch Transformation werden mittels *Heuristiken*, die auf festgelegten Regeln basieren, Anpassungen der Lösung hinsichtlich der Problembeschreibung aufgrund von vorhandenen Unterschieden – zwischen den aufgerufenen Fällen und dem neuen Fall – durchgeführt.¹³⁹

134) Vgl. BIERER (2008), S. 190.

135) Vgl. BOGAERTS/LEAKE (2005), S. 11. In der einschlägigen Fachliteratur findet sich für diesen Algorithmus auch die Bezeichnung „k-NN“, vgl. hierzu etwa AHN/KIM/HAN (2006), S. 292 und Delany (2009), S. 137.

136) Vgl. LIAO (2004), S. 125. Die Formel wurde ohne Modifikation übernommen. Ebenso zu finden bei HOFMANN (2008), S. 166 und AHN/KIM/HAN (2006), S. 292.

137) Vgl. POLICASTRO/CARVALHO/DELBEM (2008), S. 102.

138) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008), S. 199. Die Adaption wird innerhalb des CBR zum Teil noch als ein klassisches Problem (vgl. LEAKE/POWELL (2008), S. 284) oder als offene Frage (vgl. PAL/SHIU (2004), S. 7) angesehen, kann aber bei etwa analytischen Problemen dennoch ohne Modifikation der vorgeschlagenen Lösung durchgeführt werden (vgl. BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 6).

139) Vgl. SCHULZE (2001), S. 91.

Eine weitere Möglichkeit ist die Adaption jenes Prozesses, die bei dem aufgerufenen Fall zur gespeicherten Lösung geführt hat.¹⁴⁰ Ebenso ist es möglich, dass bei der generativen Adaption durch einen „generativen Problemlöser“ eine Lösung aufgrund des *generellen Wissens* in der Falldatenbank generiert wird, ohne dass die aufgerufenen Fälle zur direkten Lösung genutzt werden.¹⁴¹

2.7 Anwendungsgebiete des Case-based Reasonings

Abgesehen von der geplanten Nutzung in internationalen *Supply Chains*, wird die Technik des CBR bereits in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Ein möglicher Bereich ist das strategische Management, in dem CBR zur Entscheidungsunterstützung in komplexen und mit Unsicherheit verbundenen Situationen aufgrund bereits gemachter Erfahrungen in ähnlichen Situationen eingesetzt wird.¹⁴² Ebenso kann CBR zur Anreicherung des *generellen Wissens* in der Falldatenbank durch im Internet verfügbare und frei zugängliche „Wissensquellen“ genutzt werden.¹⁴³

3 Grundlagen des Analytic Hierarchy Process

3.1 Hintergrund der Nutzung

Hinsichtlich des Vergleichs von CBR-Tools im vierten Kapitel wird an dieser Stelle das Verfahren des AHP erläutert, durch das es möglich ist, eine komplexe Entscheidung auf Grundlage von definierten Kriterien systematisch und rational nachvollziehbar zu treffen.¹⁴⁴

Der hierarchische Aufbau innerhalb des AHP erlaubt auf der obersten Hierarchieebene die Definition eines Oberziels, welches durch Kriterien auf einer tiefer gelegenen Ebene – ggf. sind auch mehrere Ebenen mit Unterkriterien möglich – beeinflusst wird.¹⁴⁵ Die Kriterien, die sich auf einer Ebene befinden, dürfen sich nicht beeinflussen, da sonst eine Entscheidung hinsichtlich des Hauptziels nicht sinnvoll getroffen werden kann.¹⁴⁶ Auf der untersten Ebene befinden sich jene Alternativen,

140) Vgl. HOFMANN (2008), S. 57.

141) Vgl. BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009), S. 7.

142) Vgl. SURMA (2010), S. 83.

143) Vgl. LEAKE/POWELL (2010), S. 189.

144) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 114.

145) Vgl. KATZ (2010), S. 83 f.

146) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 114.

die hinsichtlich des definierten Hauptziels auf der obersten Hierarchieebene im Rahmen der Kriterien, jeweils paarweise zu bewerten sind.¹⁴⁷

Die analytische Unterstützung im Hinblick auf das Treffen von komplexen Entscheidungen wird innerhalb des AHP durch die Nutzung von numerischen und mathematisch nutzbaren Werten ermöglicht.¹⁴⁸

Aufgrund des prozessorientierten Ablaufs innerhalb des AHP wird die Nachvollziehbarkeit der ermittelten Ergebnisse ermöglicht und es kann eine Ermittlung des Ergebnisses unter gleich bleibenden Bedingungen wiederholt werden.¹⁴⁹

Die Nutzung des AHP ermöglicht nicht nur den Vergleich von quantitativen Kriterien, sondern gestattet auch eine Bewertung hinsichtlich qualitativer Kriterien, die durch Präferenzen ausgedrückt werden können.¹⁵⁰

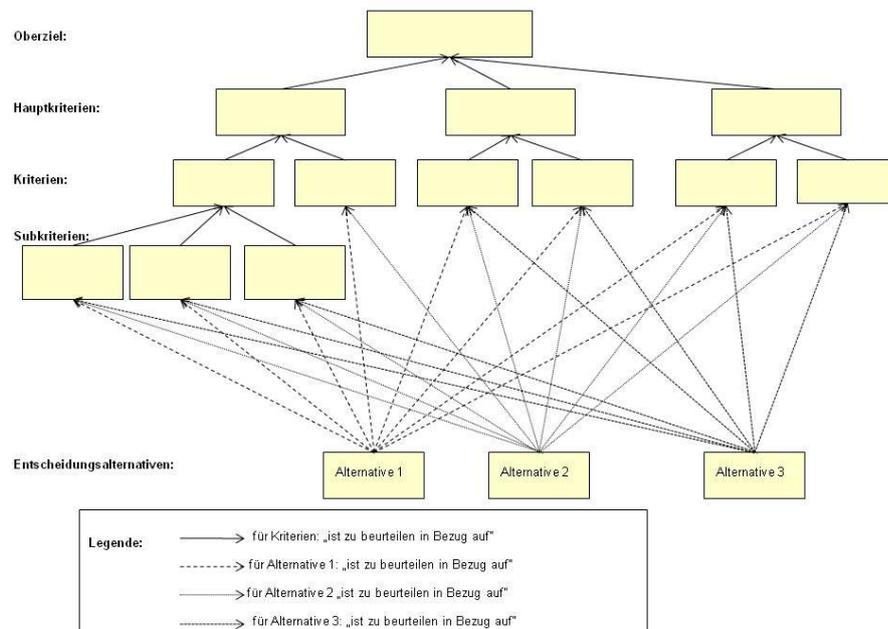


Abbildung 6: Darstellung der Kriterienhierarchie für AHP¹⁵¹

3.2 Prozessablauf

Wegen dem hierarchischen Aufbau des AHP lässt sich der Prozess des AHP in mehrere voneinander unterscheidbare Schritte untergliedern. Zunächst erfolgt eine Definition des Hauptziels und die

147) Vgl. SAATY (2004), S. 12.

148) Vgl. KATZ (2010), S. 86.

149) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 114.

150) Vgl. BUSCHER/WELS/FRAKE (2010), S. 32.

151) Eigene Darstellung.

Bildung einer Hierarchie (①¹⁵²), die das Hauptziel vollständig durch vorhandene Unterebenen und in Betracht kommende Alternativen formuliert.¹⁵³ Darauf aufbauend werden auf den einzelnen Unterebenen die jeweiligen Elemente einer Ebene durch einen paarweisen Vergleich zueinander in Beziehung gesetzt (②).¹⁵⁴ Im folgenden Schritt werden die Prioritäten der einzelnen Paarvergleiche innerhalb einer Matrix des durchgeführten Vergleichs ermittelt (③).¹⁵⁵ Im anschließenden Schritt werden die ermittelten Teilgewichte aufgrund eines festgelegten Konsistenzmaßes auf Konsistenz überprüft und ggf. bei hinreichend vorhandener Inkonsistenz wird ein erneuter Vergleich im zweiten Schritt durchgeführt (④).¹⁵⁶ Im letzten Schritt werden die ermittelten und konsistenten Teilgewichte zur Auswahl jener Alternative, die hinsichtlich des Hauptziels die höchste Bewertung aufweist, zusammengeführt und nach einer erneuten Prüfung der Konsistenz sowie einer möglichen Sensitivitätsanalyse interpretiert (⑤).¹⁵⁷ Die Durchführung des AHP wird in Abbildung 7 grafisch dargestellt.

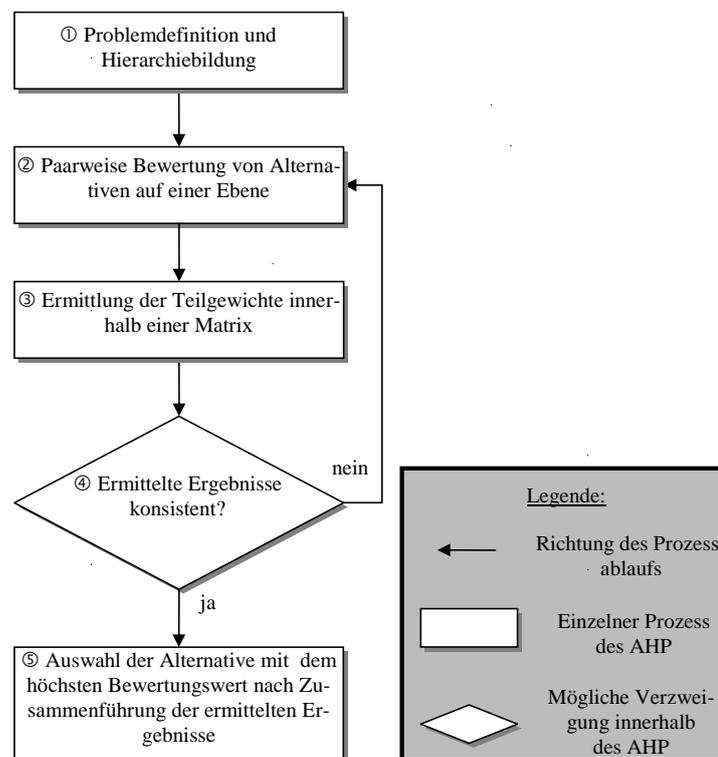


Abbildung 7: Prozessablauf innerhalb des AHP¹⁵⁸

152) Die eingekreisten Zahlen stellen die einzelnen durchzuführenden Schritte in Abbildung 7 dar.

153) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 133.

154) Vgl. KATZ (2010), S. 91.

155) Vgl. WENGER (2010), S. 16.

156) Vgl. RIEDL (2006), S. 103.

157) Vgl. KATZ (2010), S. 91 f.

158) Eigene Darstellung in Anlehnung an SHARMA/MOON/BAE (2009), S. 259. Eine erweiterte Darstellung findet sich u.a. bei MEIXNER/HAAS (2002), S. 34 und KATZ (2010), S. 92.

3.3 Bewertungsskala des Analytic Hierarchy Process

Zur Durchführung von paarweisen Vergleichen innerhalb der Kriterien wird im AHP eine fest vorgegebene 9-Punkte-Skala genutzt, durch die die relativen Wichtigkeiten der einzelnen Alternativen i und j hinsichtlich der verschiedenen Kriterien ausgedrückt werden sollen.¹⁵⁹ Aufgrund der gewählten Abstufung der 9-Punkte-Skala wird sowohl eine sinnvolle Aussage über die Prioritäten zugelassen als auch eine Überforderung des Entscheiders hinsichtlich einer Skala mit einer größeren Abstufung vermieden.¹⁶⁰ Die möglichen Ausprägungen eines Paarvergleichs a_{ij} innerhalb des AHP annehmen kann, sowie deren Bedeutung, finden sich in Tabelle 1.

mögliche Werturteile innerhalb des Paarvergleichs a_{ij}	Definition	Erklärung
1	gleiche Ausprägung der Alternativen i und j	beide Alternativen i und j haben die gleiche Bedeutung hinsichtlich der übergeordneten Ebene
3	etwas größere Ausprägung der Alternative i gegenüber der Alternative j	aufgrund einer gegebenen Erfahrung hat die Alternative i eine etwas größere Bedeutung
5	wesentlich größere Ausprägung der Alternative i gegenüber der Alternative j	aufgrund einer gegebenen Erfahrung hat die Alternative i eine wesentlich größere Bedeutung
7	sehr viel größere Ausprägung der Alternative i gegenüber der Alternative j	aufgrund einer gegebenen Erfahrung hat die Alternative i eine sehr viel größere Bedeutung
9	größtmögliche Ausprägung der Alternative i gegenüber der Alternative j	aufgrund einer gegebenen Erfahrung hat die Alternative i die größtmögliche Bedeutung
2, 4, 6, 8	Zwischenwerte des Paarvergleichs	
$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Reziprokwerte, d. h. Kehrwerte, bei der die Alternative j eine größere Ausprägung gegenüber der Alternative i besitzt	

Tabelle 1: 9-Punkte-Skala zur Bewertung innerhalb des AHP¹⁶¹

Die Werturteile der Paarvergleiche a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$) auf einer Hierarchieebene werden zur Ermittlung der Beurteilung der relativen Bedeutungen der Alternativen hinsichtlich der Kriterien zunächst in einer $n \times n$ -Matrix dargestellt, wobei die Variable n für die Anzahl der verglichenen Alternativen genutzt wird.¹⁶² Die Form einer solchen $n \times n$ -Matrix, die in der einschlägigen Fachliteratur auch als Evaluationsmatrix bezeichnet wird¹⁶³, ist in Abbildung 8 dargestellt.

159) Vgl. SAATY/RAMSNUMAM (1983), S. 316 f.

160) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 138.

161) Eigene Darstellung, vgl. hierzu etwa SAATY/RAMANUMAM (1983), S. 317; SAATY (1990), S. 15; SAATY (2004), S. 6; SAATY (2008), S. 86 und SAATY/SODENKAMP (2010), S. 95.

162) Vgl. AVRAM/STROUD/XIROCHAKIS (2011), S. 817.

163) Vgl. hierzu etwa MEIXNER/HAAS (2002), S. 142 und PETERS/SCHÜTTE/ZELEWSKI (2006), S. 5.

	A_1	A_2	\dots	A_n		
A_1	a_{11}	a_{12}	\dots	a_{1n}	Es gilt:	
A_2	a_{21}	a_{22}	\dots	a_{2n}	$a_{ij} > 0$	für alle $i, j = 1, \dots, n$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	$a_{ij} = 1$	für alle $i = j$
A_n	a_{n1}	a_{n2}	\dots	a_{nn}	$a_{ji} = 1/a_{ij}$	für alle $i, j = 1, \dots, n$

Abbildung 8: Darstellung einer Evaluationsmatrix $A(a_{ij})$ ¹⁶⁴

3.4 Berechnung der relativen Bedeutungen

3.4.1 Vereinfachte Methode

Um jene Alternative zu ermitteln, die hinsichtlich des festgelegten Hauptziels die größte Bedeutung besitzt, ist es nötig, die Werturteile der Paarvergleiche a_{ij} zu normalisieren und dadurch eine Bedeutungen der einzelnen Alternativen in Bezug auf die einzelnen Kriterien zu erhalten.¹⁶⁵ Die Normalisierung erfolgt im AHP durch die Berechnung eines Eigenvektors der Evaluationsmatrix, die auf zwei Arten durchgeführt werden kann und zunächst durch eine vereinfachte Methode dargestellt werden soll.¹⁶⁶

Die Normalisierung wird in der vereinfachten Methode über ein Näherungsverfahren durchgeführt, bei dem zunächst die Summen (c_i) der einzelnen Spalten in der Evaluationsmatrix $A(a_{ij})$ berechnet und nachfolgend in der Normalisierungsmatrix ($\text{Matrix}_{\text{Norm}}$) der Quotient zwischen den Werturteilen eines Paarvergleichs a_{ij} und den jeweiligen Summen (c_i) der einzelnen Spalten gebildet wird.¹⁶⁷ Für eine Ermittlung der relativen Bedeutungen (w_i) innerhalb der jeweiligen Kriterien werden nun die Summen (r_i) der Zeilen der Normalisierungsmatrix berechnet und nachfolgend der Quotient aus den Summen der Zeilen (r_i) und der Anzahl der Alternativen n , die der Summe der jeweiligen Summen der Spalten der Normalisierungsmatrix entspricht, gebildet.¹⁶⁸

In Tabelle 2 ist die auf einer Evaluationsmatrix basierende Berechnung der relativen Gewichte dargestellt.

164) Eigene Darstellung in Anlehnung an SHARMA/MOON/BAE (2008), S. 260 f. Vgl. hierzu ebenso BUSCHER/WELS/FRAKE (2010), S. 31.

165) Vgl. SAATY (1990), S. 12.

166) Vgl. KATZ (2010), S. 98.

167) Vgl. RIEDL (2006), S. 107.

168) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 145.

	$Matrix_{Eval}$				$Matrix_{Norm}$					<i>relative Bedeutungen</i>
	a_1	a_2	\dots	a_n	a_1	a_2	\dots	a_n	r_i	w_i
a_1	$a_{11} = 1$	a_{12}	\dots	a_{1n}	a_{11}/c_1	a_{12}/c_2	\dots	a_{1n}/c_n	r_1	$w_1 = r_1/n$
a_2	$a_{21} = 1/a_{12}$	1	\dots	a_{2n}	a_{21}/c_1	a_{22}/c_2	\dots	a_{2n}/c_n	r_2	$w_2 = r_2/n$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots	\vdots
a_n	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	a_{2n}	\dots	$a_{nn} = 1$	a_{n1}/c_1	a_{n2}/c_2	\dots	a_{nn}/c_n	r_n	$w_n = r_n/n$
c_i	$c_1 = \sum_{i=1}^n a_{i1}$	$c_2 = \sum_{i=1}^n a_{i2}$	\dots	c_n	1	1	\dots	1	n	1

Tabelle 2: Darstellung der Berechnung der Relativgewichte¹⁶⁹

Neben der Einbeziehung qualitativer Kriterien, die über die Bewertung der 9-Punkte-Skala realisiert wird, ist es im AHP möglich, quantitative Kriterien durch direkte Umrechnung in Verhältniszahlen in die Auswahl der zur Verfügung stehenden Alternativen einzubeziehen.¹⁷⁰ Die Umrechnung in ein Relativgewicht w_i erfolgt entweder durch Bildung eines Quotienten einer einzelnen Ausprägung einer Alternative a_i und der Summe der Ausprägungen aller Alternativen, d.h.

$$w_i = \frac{a_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad \text{für alle } i = 1, \dots, n, \quad (8)$$

oder durch die Bildung eines Quotienten aus den Reziprokwerten der einzelnen Ausprägungen und der Summe der Ausprägungen aller Alternativen, d. h.

$$w_i = \frac{\frac{1}{a_i}}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_n}} \quad \text{für alle } i = 1, \dots, n, \quad (9)$$

wobei die Bildung eines Quotienten aus den Reziprokwerten nur bei jenen Ausprägungen genutzt wird, bei denen eine höhere Ausprägung eine geringere relative Bedeutung bedeutet.¹⁷¹

3.4.2 Relativgewichte bei mehreren Kriterienebenen

Bei einer oder mehreren Unterebenen eines Kriteriums ist es nötig, die ermittelten relativen Bedeutungen einer Ebene, sog. lokale relative Bedeutung, mit der relativen Bedeutung der übergeordneten Ebene zu multiplizieren, um durch diesen Rechenschritt sog. globale relative Bedeutung zu ermit-

¹⁶⁹Eigene Darstellung in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 146.

¹⁷⁰Vgl. KATZ (2010), S. 97.

¹⁷¹Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 158 f.

teln, die hinsichtlich des hierarchischen Aufbaus im AHP die Bedeutung der jeweiligen Alternativen innerhalb eines Unterkriteriums widerspiegeln.¹⁷² Die Berechnung eines globalen relativen Bedeutung $w_{rel(i)}$ wird durch folgende Formel ermöglicht:

$$w_{rel(i)} = w_{n(i)} \times w_{(n-1)i}, \quad (10)$$

wobei $w_{n-1(i)}$ die relative Bedeutung einer untergeordneten und $w_{n(i)}$ die relative Bedeutung der jeweils übergeordneten Ebene bezeichnet.¹⁷³

3.5 Berücksichtigung der Konsistenz im Analytic Hierarchy Process

Für die Konsistenz einer Evaluationsmatrix im AHP ist es notwendig, dass folgende Bedingung für die Werturteile der Paarvergleiche a_{ij} , a_{jk} und a_{ik} erfüllt ist:

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik} \text{ für alle } i, j, k = 1, \dots, n. \quad (11)$$

Da die Werturteile der Paarvergleiche gemäß der 9-Punkte-Sakla im AHP auf gegebenen Erfahrungen des Entscheiders beruhen, ist es möglich, dass innerhalb der Evaluationsmatrix Inkonsistenzen entstehen können und die genannte Bedingung nicht erfüllt werden kann.¹⁷⁵ So würde sich nach obiger Bedingung folgendes Beispiel als inkonsistent erweisen:

Falls Alternative A eine dreimal größere Gewichtung erhält als Alternative B hinsichtlich eines spezifischen Kriteriums und Alternative B eine dreimal größeren Gewichtung als Alternative C, Alternative A gegenüber Alternative C jedoch eine fünfmal größere Gewichtung erhält, obwohl nach obiger Bedingung Alternative A gegenüber Alternative C eine neunmal größere Gewichtung erhalten müsste.¹⁷⁶ Zur Überprüfung der Konsistenz wird im AHP ein Konsistenzindex C. I. verwendet, der sich aus dem maximalen Eigenwert λ_{max} und der Anzahl der Elemente n einer Evaluationsmatrix errechnet, so dass gilt¹⁷⁷:

$$C. I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (12)$$

Zur Berechnung des Konsistenzindex C. I. ist es zunächst nötig, die ermittelten relativ Gewichte w_i einer Zeile einer Evaluationsmatrix erneut mit den Werturteilen der Paarvergleiche a_{ij} einer Spalte

172) Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 113.

173) Vgl. KATZ (2010), S. 106.

174) Vgl. hierzu etwa SAATY (1990), S. 12; SAATY (2004), S. 3 und FAZLOLLAHTABAR/MADAVI/ASHOORI et al. (2011), S. 1043.

175) Vgl. AVRAM/STROUD/XIROCHAKIS (2011), S. 817.

176) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 168.

177) Vgl. etwa SAATY/RAMANUJAM (1983), S. 317 und SAATY (1990), S. 13.

zu multiplizieren und anschließend die Zeilensummen \bar{r}_i zu ermitteln, d. h. es wird eine Durchschnittsmatrix gebildet, die eine in Tabelle 3 dargestellte Form annehmen kann.¹⁷⁸

	A_1	A_2	\dots	A_n	\bar{r}_i
A_1	$w_1 \times a_{11}$	$w_2 \times a_{12}$	\dots	$w_n \times a_{1n}$	$\bar{r}_1 = \sum_{i=1}^n w_i \times a_{1i}$
A_2	$w_1 \times a_{21}$	$w_2 \times a_{22}$	\dots	$w_n \times a_{2n}$	$\bar{r}_2 = \sum_{i=1}^n w_i \times a_{2i}$
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
A_n	$w_1 \times a_{n1}$	$w_2 \times a_{n2}$	\dots	$w_n \times a_{nn}$	$\bar{r}_n = \sum_{i=1}^n w_i \times a_{ni}$

Tabelle 3: Darstellung einer Durchschnittsmatrix¹⁷⁹

Nachfolgend wird der Eigenwert λ der Durchschnittsmatrix berechnet, indem die ermittelten Zeilensummen \bar{r}_i durch jene Werte dividiert werden, die auf der Diagonalen der Durchschnittsmatrix liegen, d.h.

$$\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \bar{r}_1 \\ \bar{r}_2 \\ \vdots \\ \bar{r}_n \end{array} \right] \\ \diagdown \\ \left[\begin{array}{c} w_1 \times a_{11} \\ w_2 \times a_{22} \\ \vdots \\ w_n \times a_{nn} \end{array} \right] \end{array} = \left[\begin{array}{c} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{array} \right] \text{ für alle } i = 1, \dots, n. \quad (13)$$

Zur Berechnung des maximalen Eigenwerts λ_{\max} wird die Summe der ermittelten Eigenwerte λ_i durch die Anzahl n der betrachteten Alternativen innerhalb der Durchschnittsmatrix dividiert, d.h.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n} \text{ für alle } i = 1, \dots, n. \quad (14)$$

Nach SAATY ist eine Matrix vollständig konsistent, wenn der maximale Eigenwert der Anzahl der betrachteten Elemente entspricht, d.h. wenn gilt: $\lambda_{\max} = n$.¹⁸² Es ist jedoch möglich, eine gewisse Inkonsistenz zu akzeptieren.¹⁸³ Zur Berechnung des Konsistenzverhältnisses C. R., das die Inkon-

178) Vgl. KATZ (2010), S. 100 f.

179) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

180) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

181) Vgl. MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

182) Vgl. SAATY/RAMANUJAM (1983), S. 317.

183) Vgl. KATZ (2010), S. 102.

sistenz ausdrückt, wird ein Quotient aus dem Konsistenzindex C. I. und einem Zufallsindex R. I., der auf bereits berechneten, reziproken Zufallsmatrizen basiert, gebildet, d.h.

$$C. R. = \frac{C.I.}{R.I.} \cdot 184 \quad (15)$$

Der Zufallsindex wird einer Tabelle entnommen, die durch die Anzahl der Elemente n den einzusetzenden Zufallsindex R. I. vorgibt.¹⁸⁵

Anzahl der Elemente n	2	3	4	5	6	7	8
Zufallsindex R. I.	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40

Tabelle 4: Zufallsindex R. I. im AHP¹⁸⁶

Bei einem Konsistenzverhältnisses C. R. > 0,10 ist eine inakzeptable Inkonsistenz vorhanden und könnte entweder durch eine Neubewertung der Alternativen oder durch die Beseitigung eines inkonsistenten Ergebnisses gesenkt werden.¹⁸⁷

4 Vergleich der Case-based-Reasoning-Tools mittels des Analytic Hierarchy Process

4.1 Grundsätzliches zum Vergleich, zur Nutzung und zur Auswahl von Case-based-Reasoning-Tools

Nachdem im zweiten und dritten Kapitel die Grundlagen für den Vergleich von CBR-Tools mittels AHP vermittelt worden sind, gilt es im Vorfeld des Vergleichs jene Kriterien festzulegen, die aufgrund ihrer Nützlichkeit für den Einsatz in internationalen *Supply Chains* zu berücksichtigen sind. Die festgelegten Kriterien werden zunächst in einer Evaluationsmatrix miteinander verglichen, um die relativen Bedeutungen der jeweiligen Kriterien zu ermitteln, die als Grundlage der Berechnung des bevorzugten CBR-Tools dienen.

Die Nutzung von CBR-Tools kann entweder an den Erwerb von kostenpflichtigen Lizenzen gebunden sein oder kann für eine festgelegte Nutzungsdauer kostenfrei mit eingeschränkten Programmfunktionen erfolgen, sog. „Shareware“, um nach der festgelegten Nutzungsdauer über den Erwerb

184) Vgl. SAATY/RAMANUJMAM (1983), S. 317 f.

185) Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 99.

186) Vgl. etwa Saaty et al. (2010), S. 99 und SAATY (2004), S. 23. In abweichender Form ebenso zu finden bei SAATY/RAMANUJMAM (1983), S. 318.

187) Vgl. SAATY/SODENKAMP (2010), S. 100.

von Lizenzen zu entscheiden.¹⁸⁸ Des Weiteren ist es möglich, frei verfügbare CBR-Tools zu nutzen, die von den jeweiligen Entwicklern zum kostenfreien Gebrauch zur Verfügung gestellt werden, sog. „Freeware“.¹⁸⁹ Bei frei verfügbaren CBR-Tools kann zudem die Möglichkeit bestehen, dass durch die Offenlegung und Modifizierbarkeit des Programmcodes eine individuelle Anpassung und Weiterentwicklung der CBR-Tools, sog. „Open Source“, gestattet wird.¹⁹⁰

Im Rahmen der Recherche dieser Arbeit von in Frage kommenden CBR-Tools konnten unterschiedliche Arten von CBR-Tools identifiziert werden. Allerdings sind für eine Berücksichtigung der CBR-Tools hinsichtlich des Vergleichs mittels AHP folgende K.o.-Kriterien zu erfüllen, die bei einer Nichterfüllung des vorgegebenen Auswahlkriteriums zu einem Ausschluss des CBR-Tools hinsichtlich des Vergleichs führen. Es sind folgende Auswahlkriterien zu erfüllen, die im Hinblick auf eine Nützlichkeit relevante Punkte darstellen:

- Verfügbarkeit, d.h. es, ist grundsätzlich möglich, kostenfrei eine Version des CBR-Tools zu erhalten.
- Betriebsfähigkeit, d.h., das CBR-Tool kann separat oder in einer vorhandenen System- oder Entwicklungsumgebung gestartet werden.
- Vorhandene grafische Benutzeroberfläche („GUI“)¹⁹¹, d.h., das CBR-Tool kann zunächst ohne eine nötige Programmierung genutzt werden.
- Erweiterbarkeit, d.h., das CBR-Tool kann in bestimmten Bereichen erweitert werden.

4.2 Festlegung von Kriterien für den Vergleich mittels des Analytic Hierarchy Process

4.2.1 Benutzerfreundlichkeit

Es ist zu klären, wie die Benutzerfreundlichkeit¹⁹² der CBR-Tools gestaltet ist, d.h. ist das GUI des CBR-Tools einfach und verständlich aufgebaut¹⁹³ und bei geringer Komplexität intuitiv bedienbar.¹⁹⁴

188) Vgl. LASSMANN/SCHWARZER/ROGGE et al. (2006), S. 128.

189) Vgl. SPINDLER (2008), S. 100.

190) Vgl. SPINDLER (2008), S. 91. Eine weitere Untergliederung des Begriffs „Open Source“ hinsichtlich der unterschiedlichen Lizenzmöglichkeiten erfolgt hier nicht, findet sich jedoch u.a. bei VON BUSSE (2002), S. 10 f.

191) Das Akronym „GUI“ steht für den Begriff „Graphical User Interface“ (vgl. WENGER (2010), S. 138) und wird im weiteren Verlauf der Arbeit als Bezeichnung für eine grafische Benutzeroberfläche gewählt.

192) Es ist jedoch anzumerken, dass „Benutzerfreundlichkeit“ per se nur bedingt objektiv nachvollziehbar bewertet werden kann (vgl. FINK/SCHNEIDERREIT/VOß et al. (2005), S. 183).

193) Vgl. WENGER (2010), S. 136.

194) Vgl. SCHMIDT (2010), S. 249.

4.2.2 Ähnlichkeitsmessung

Hinsichtlich des Unterprozesses RETRIEVE ist es relevant zu klären, wie die Ähnlichkeitsmessung innerhalb der CBR-Tools aufgebaut ist oder durchgeführt wird und wie diese ggf. geändert werden kann, um etwa eine erweiterte Fallauswahl zu ermöglichen.

4.2.3 Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank

Ebenfalls zu klären ist, wie neue Fälle in der Falldatenbank gespeichert und gespeicherte Fälle aus der Falldatenbank auf neue Probleme angewendet werden können, d.h. ob die Unterprozesse RETRIEVE, REUSE, REVISE und RETAIN des Prozessmodells nach AAMODT und PLAZA¹⁹⁵ durchgeführt werden können.

4.2.4 Ontologie- und Wissensdarstellung

Hinsichtlich des Aufbaus der Wissensbasis ist zu klären, ob und wie es ermöglicht wird, das *Wissen* der Falldatenbank und das *generelle Wissen* durch Beziehungen in einem sinnvollen repräsentativen Zusammenhang darzustellen, etwa hinsichtlich der genutzten Sprache zur Darstellung von Ontologien.¹⁹⁶

4.2.5 Berücksichtigung qualitativer Aspekte

Es ist ebenfalls zu klären, wie qualitative Ausprägungen durch die CBR-Tools umgesetzt werden können, d.h. ob und wie gespeicherte Fälle Ausdrücke etwa in Form von Eigenschaften der Attribute unterschieden werden können.

4.2.6 Umgang mit halbstrukturierten Fällen

Aufgrund der Tatsache, dass Fälle in unterschiedlicher Weise dargestellt werden können¹⁹⁷, ist es relevant zu klären, ob und wie die CBR-Tools mit Fällen, die als Texte vorliegen, umgehen und wie

195) Vgl. AAMODT/PLAZA (1994), S. 44 f.

196) Bei der Darstellung von Ontologien kann etwa auf die „Web Ontology Language“ (OWL) zurückgegriffen werden, die sich in drei Untersprachen (OWL-Lite, OWL-DL, OWL-Full) mit unterschiedlichen Schwerpunkten hinsichtlich der Darstellung der Beziehungen zwischen den einzelnen Objekten klassifizieren lässt (vgl. hierzu etwa Shahri et al. (2009), S. 419 sowie BAADER/LUTZ/TURHAN (2010), S. 25).

197) Vgl. BERGMANN/KOLONDER/PLAZA (2006b), S. 210 f.

neue Fälle hinsichtlich künftiger Fälle in der Falldatenbank abgelegt werden können.¹⁹⁸ Relevant ist ebenfalls, ob und wie die CBR-Tools mit jenen Fällen umgehen können, die sowohl als Text eine Struktur als auch eine Zusammenstellung von bestimmten Begriffen vorweisen, wie dies bspw. bei einer Stellenausschreibung der Fall sein kann.¹⁹⁹

4.2.7 Interne Faktoren

Hinsichtlich der Nützlichkeit ist ebenfalls zu klären, ob und wie eine Installation des CBR-Tools bewerkstelligt werden kann und ob und wie sich der Einstieg in eine ggf. benötigte System- oder Entwicklungsumgebung des CBR-Tools gestalten lässt.

4.2.8 Externe Faktoren

Zudem sind die Möglichkeiten der Einbindung von webbasierten und anderen Programmschnittstellen zu klären, die die Einbindung von bereits vorhandener Informations- und Kommunikationstechnologie zulassen. Ebenso ist es relevant zu ermitteln, welche Arten genutzter Datenbanken die Speicherung der Wissensbasis ermöglichen.

4.3 Darstellung der Case-based-Reasoning-Tools

4.3.1 AIAI CBR-Shell V. 2.42

Das CBR-Tool „AIAI CBR-Shell V. 2.42“²⁰⁰ kann auf der Internetseite des „Artificial Intelligence Applications Institute“ der Universität Edinburgh ohne Registrierung als Demoversion heruntergeladen werden. Es wurde u.a. vor dem Hintergrund entwickelt, Unregelmäßigkeiten innerhalb der Versicherungswirtschaft aufzuzeigen und Diagnosen hinsichtlich von Defekten an Flugzeugturbinen zu ermöglichen.²⁰¹ Das CBR-Tool wurde in der Programmiersprache „Java“²⁰² geschrieben und kann nach der Installation als separates CBR-Tool unter den Betriebssystemen „Windows Vista“ oder „Windows XP“ genutzt werden. Das GUI des gestarteten CBR-Tools ist in Abbildung 9 dargestellt.

198) Vgl. hierzu etwa ROTH-BERGHOFER/ADRIAN/DENGEL (2010), S. 452 f., oder PRASATH/OZTÜRK (2010), S. 151.

199) Vgl. BRÜNINGHAUS/ASHLEY (2001), S. 76.

200) Im weiteren Verlauf der Arbeit wird auf eine Nennung der Versionsnummer verzichtet.

201) Vgl. AITKEN (o.J.).

202) Vgl. FINK/SCHNEIDEREIT/VOB (2005), S. 15.



Abbildung 9: GUI des CBR-Tools "AIAI CBR-Shell" V.2.42

4.3.2 CBRFlow

Das CBR-Tool „CBRFlow“ wurde u.a. innerhalb der „Quality Engineering Research Group“ der Universität Innsbruck entwickelt und kann als Vollversion zur Darstellung von Arbeitsprozessen genutzt werden.²⁰³ Das CBR-Tool ist durch eine Anfrage bei der „Quality Engineering Research Group“²⁰⁴ als Demoversion verfügbar. Es wurde in der Programmiersprache „Java“²⁰⁵ geschrieben und wird für eine Nutzung in die Entwicklungsumgebung „Eclipse V. 3.6.1“²⁰⁶ innerhalb des Betriebssystems „Windows Vista“ importiert. Die hier genutzte Demoversion des CBR-Tools ist als CCBR-Tool ausgelegt und liefert eine Falldatenbank, in der Fälle im Hinblick auf Geschäftsreisen abgelegt sind. Das GUI des innerhalb der Entwicklungsumgebung gestarteten CBR-Tools ist in Abbildung 10 dargestellt.

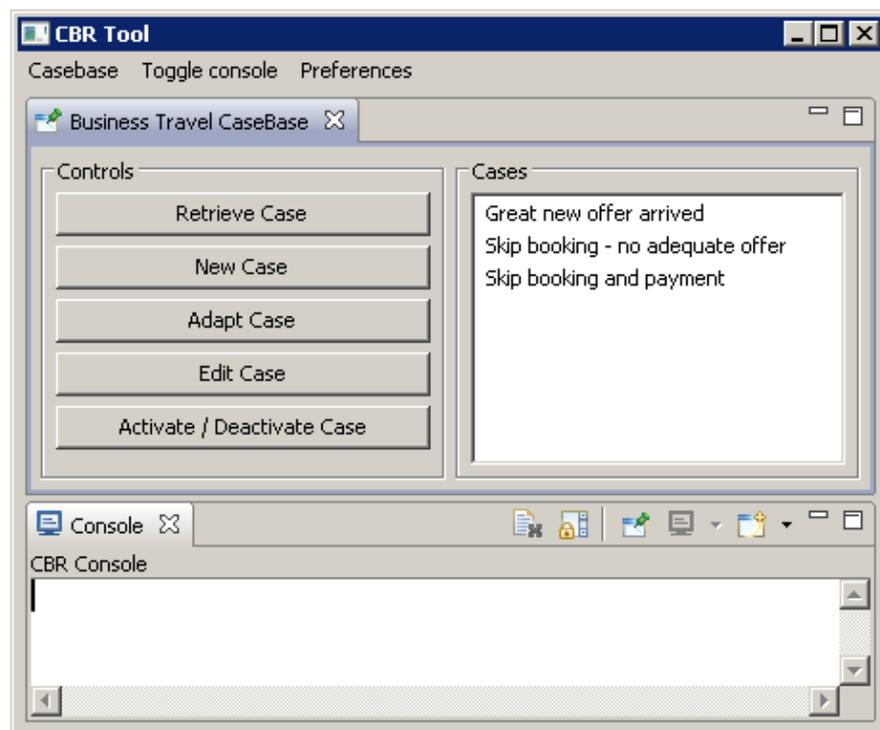


Abbildung 10: GUI des CBR-Tools „CBRFlow“

203) Vgl. WEBER/WILD/BREU (2004), S. 443.

204) Vgl. WEBER (o.J.). Die angegebene Seite verweist lediglich auf die Profilseite der Kontaktperson, über die ein Bezug des CBR-Tools möglich ist.

205) Vgl. FINK/SCHNEIDERREIT/VOB (2005), S. 15.

206) Vgl. ECLIPSE FOUNDATION (2010).

4.3.3 jColibri V. 1.1

Das CBR-Tool „jCOLIBRI V. 1.1“²⁰⁷ kann auf der Internetseite der „Group for Artificial Intelligence Applications“ des Departments of Software Engineering der Universität Complutense Madrid ohne Registrierung heruntergeladen werden²⁰⁸ und wurde hinsichtlich der Erstellung von CBR-Tools entwickelt.²⁰⁹ Es wurde in der Programmiersprache „Java“²¹⁰ geschrieben und kann ohne eine direkte Installation auf dem Betriebssystem „Windows Vista“ gestartet werden, sofern eine „Java-Laufzeitumgebung“²¹¹ im Computer installiert ist. Das GUI des gestarteten CBR-Tools ist in Abbildung 11 dargestellt.

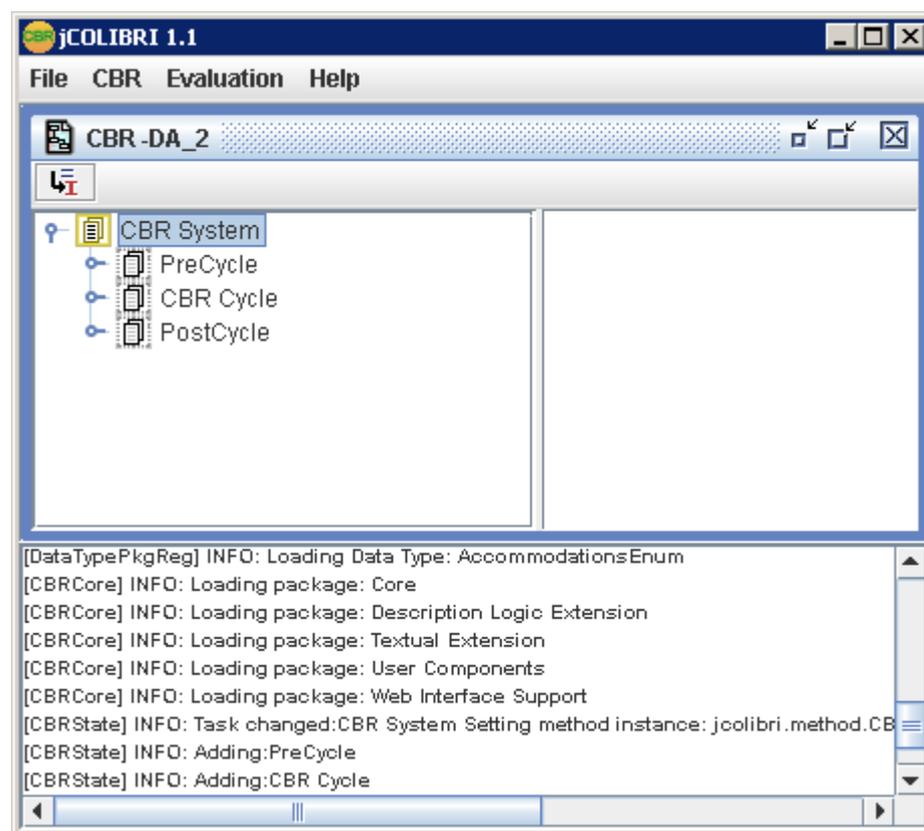


Abbildung 11: GUI des CBR-Tools „jCOLIBRI V.1.1“

207) Im weiteren Verlauf der Arbeit wird auf eine Nennung der Versionsnummer verzichtet. Mittlerweile existiert eine neuere Version von jCOLIBRI (V.2.3). Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit stand nur die Version 1.1 zur Verfügung.

208) Vgl. GAIA (2009).

209) Vgl. DIAZ-AGUDO/GONZALES-CALERO/RECIO-GARCIA et al. (2007), S. 70.

210) Vgl. FINK/SCHNEIDEREIT/VOB (2005), S. 15.

211) Der Begriff „Laufzeitumgebung“ kann als ein im Hintergrund startender übergeordneter Systemprozess aufgefasst werden, der zur Ausführung des zu startenden CBR-Tools benötigt wird (vgl. SCHICKER (2008), S. 150 f.). Eine weitere Erläuterung des Begriffs erfolgt nicht.

4.3.4 myCBR V. 2.6.6

Das CBR-Tool „myCBR V. 2.6.6“²¹² wurde durch die „Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH“ entwickelt, um hinsichtlich Forschung und Lehre ein CBR-Tool zur Verfügung zu stellen, das neben einem einfachen Gebrauch und schnellem Prototyping²¹³ ebenfalls Erweiterungsmöglichkeiten und die Integration von aktuellen Entwicklungen innerhalb des CBR bietet. Es kann auf der Internetseite des DFKI ohne Registrierung heruntergeladen werden.²¹⁴ Es wurde in der Programmiersprache „Java“²¹⁵ geschrieben und wird für eine Nutzung in die Systemumgebung „Protégé V. 3.4.4“²¹⁶ innerhalb des Betriebssystems „Windows Vista“ importiert. Das GUI des gestarteten CBR-Tools ist in Abbildung 12 dargestellt.

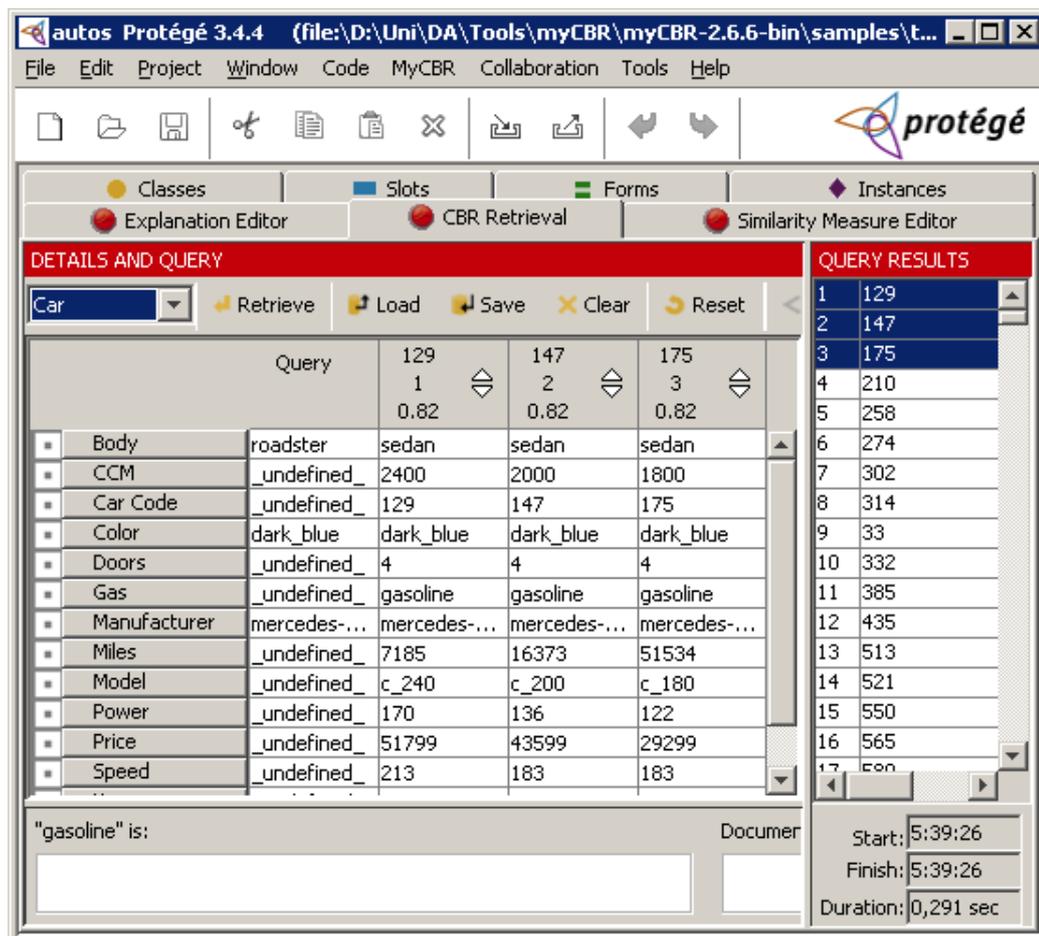


Abbildung 12: GUI des CBR-Tools „myCBR V.2.6.6“

212) Im weiteren Verlauf der Arbeit wird auf eine Nennung der Versionsnummer verzichtet.

213) Der Begriff „Prototyping“ bezeichnet die zügige Entwicklung einer in Ansätzen nutzbaren Vorversion eines Anwendungsprogramms, das als Basis hinsichtlich der weiteren Entwicklung des Anwendungsprogramms dient (vgl. FINK/SCHNEIDERREIT/VOB (2005), S. 188). Eine Unterscheidung hinsichtlich der Arten des „Prototyping“ findet sich u.a. bei WIECZORREK/MERTENES (2011), S. 92 ff.

214) Vgl. DFKI GMBH (2010). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Akronym „DFKI“ gewählt.

215) Vgl. FINK/SCHNEIDERREIT/VOB (2005), S. 15.

216) Vgl. STANFORD CENTER FOR BIOMEDICAL INFORMATICS RESEARCH (2011).

4.3.5 Ausgeschlossene Case-based-Reasoning-Tools

Innerhalb der Recherche zur Identifikation verfügbarer CBR-Tools konnten unterschiedliche CBR-Tools ermittelt werden, die zwar hinsichtlich dieses Vergleichs aufgrund der K.o.-Kriterien keine Berücksichtigung fanden, jedoch in anderen Bereichen genutzt werden könnten. Tabelle 5 gibt einen Überblick verfügbarer, jedoch ausgeschlossener CBR-Tools und die jeweiligen Ausschlussgründe.

Innerhalb der Recherche identifizierte und verfügbare CBR-Tools	Ausschlussgrund
CAKE.OfficeWorkflow	GUI nicht vorhanden
Camus: Case Assembly, Maintenance & Usage System.	GUI nicht vorhanden
CASPIAN	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden
CBTV	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden
FreeCBR	Erweiterbarkeit nicht vorhanden
Induce-It	Nicht kostenfrei
IUCBRF	GUI nicht vorhanden
jColibri V. 2.1	GUI nicht vorhanden
myCBR SDK 3.0.0 BETA 0.2	GUI nicht vorhanden
PRODIGY	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden
SAYPHI-Planer	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden
SHYSTER	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden
SWALE	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden
WIN-PROLOG	Betriebsfähigkeit nicht vorhanden

Tabelle 5: Überblick der ausgeschlossenen CBR-Tools

4.4 Gewichtung der Case-based-Reasoning-Tools

4.4.1 Ermittlung der spezifischen Kriteriengewichte

Im Hinblick auf das übergeordnete Hauptziel der Nützlichkeit sind nun auf der untergeordneten Ebene die relativen Bedeutungen der einzelnen Kriterien zu ermitteln, die mithilfe von Paarvergleichen zwischen den einzelnen Kriterien ermöglicht werden. Es werden zunächst die Kriterien hinsichtlich der jeweiligen separaten Bedeutung dargestellt, um eine Nachvollziehbarkeit der Paarvergleiche zu ermöglichen. Anschließend sollen exemplarisch zwei Paarvergleiche zwischen den einzelnen Kriterien begründet werden, deren Ergebnisse in der Tabelle 6 dargelegt werden.²¹⁷ Die separaten Bedeutungen der Kriterien:

- Benutzerfreundlichkeit (Kriterium K1 in Tabelle 6): Aufgrund der Tatsache, dass die Gestaltung der Benutzerfreundlichkeit mit der Akzeptanz und der damit verbundenen Nut-

²¹⁷Da im Hinblick auf die gesamte Anzahl der gewählten Kriterien eine ausführliche Erläuterung aller einzelnen Paarvergleiche nicht den Schwerpunkt dieser Arbeit bildet, wird aufgrund dessen auf eine ausführliche Erläuterung verzichtet.

zung²¹⁸ eines CBR-Tools einhergeht, wird der Benutzerfreundlichkeit ein hoher Wert zugewiesen, da durch eine intensive Nutzung neue Fälle generiert werden können und ein Ausbau der Falldatenbank ermöglicht wird.

- Ähnlichkeitsmessung (Kriterium K2 in Tabelle 6): Es wurde bereits dargelegt, dass die Ähnlichkeitsmessung eine entscheidende Rolle hinsichtlich der Fallauswahl im Unterprozess RETRIEVE spielt.²¹⁹ Dementsprechend wird einer möglichen Modifikation der Ähnlichkeitsmessung ein hoher Wert zugewiesen.
- Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank (Kriterium K3 in Tabelle 6): Aufgrund der Tatsache, dass die Adaption innerhalb des CBR noch nicht hinreichend geklärt ist²²⁰, wird der Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank hier ein unterordneter Wert zugewiesen.
- Ontologie- und Wissensdarstellung (Kriterium K4 in Tabelle 6): Durch eine Darstellung von Ontologien innerhalb der *Logistik*²²¹ und *Supply Chains* könnte dem Benutzer des CBR-Tools visuell ein besseres Verständnis des aufgerufenen Falls oder ähnlich gelagerten Fällen vermittelt werden. Aufgrund dessen wird der Ontologie- und Wissensdarstellung ein sehr hoher Wert zugewiesen.
- Berücksichtigung qualitativer Aspekte (Kriterium K5 in Tabelle 6): Da die qualitativen Ausprägungen innerhalb der aufgerufenen Fälle durch den Benutzer des CBR-Tools beurteilt und diese Beurteilung ebenfalls nach subjektiven Kriterien gefällt werden kann, wird der Berücksichtigung qualitativer Aspekte ein untergeordneter Wert zugewiesen.
- Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen (Kriterium K6 in Tabelle 6): Es ist zwar wünschenswert eine Fallrepräsentation als Text durch ein CBR-Tool auszuführen. Diese kann aber durch die unterschiedlichen Möglichkeiten der Fallrepräsentation²²² ggf. anderweitig aufgefangen werden. Aufgrund dessen wird dem Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen ein untergeordneter Wert zugewiesen.
- interne Faktoren (Kriterium K7 in Tabelle 6): Hinsichtlich der Installation eines CBR-Tools sowie ggf. einer benötigten System- oder Entwicklungsumgebung, die in der Regel einen einmaligen Vorgang darstellen, wird den internen Faktoren ein untergeordneter Wert zugewiesen.

218) Vgl. FINK/SCHNEIDEREIT/VOB (2005), S. 79 f.

219) Vgl. u.a. HOFMANN (2009), S. 54 und SUN/FINNIE (2004), S. 34 f.

220) Vgl. LEAKE/POWELL (2008), S. 284.

221) Vgl. HOXHA/SCHEUERMANN/BLOEHDORN (2010), S. 75.

222) Vgl. RECIO-GARCIA/DIAZ-AGUDO/BELEN et al. (2010), S. 11.

- externe Faktoren (Kriterium K8 in Tabelle 6): Zur Nutzung von bereits vorhandenem Wissen, etwa in Form von Datenbanken o.ä., sowie von bereits vorhandener Informations- und Kommunikationstechnologie ist es wünschenswert, dass das CBR-Tool über entsprechende Schnittstellen zur Einbindung verfügt. Daher wird den externen Faktoren ein hoher Wert zugewiesen. Der Paarvergleich in Tabelle 6, der bspw. zwischen den Kriterien „Ähnlichkeitsmessung“ und „externe Faktoren“ im Feld der zweiten Zeile und achten Spalte (a_{28}) durchgeführt wird, weist dem Kriterium „externe Faktoren“ eine etwas größere Bedeutung ($1/3$) zu, da hinsichtlich künftiger technischer Entwicklungen, etwa innerhalb der Datenspeicherung, eine Einbindung des CBR-Tools weiterhin ermöglicht werden sollte. Der ebenfalls in Tabelle 6 durchgeführte Paarvergleich zwischen den Kriterien „Lern- und Adaptionsfähigkeit der Falldatenbank“ und „Berücksichtigung qualitativer Aspekte“ im Feld der dritten Zeile und fünften Spalte (a_{35}) weist dem Kriterium „Lern- und Adaptionsfähigkeit der Falldatenbank“ einen Zwischenwert (2) zu, da aufgrund des Zusammenhangs zwischen den in der Falldatenbank abgelegten Fällen und der damit verbundenen Qualität der jeweiligen Fälle beide Kriterien als nahezu gleichwertig erachtet werden. Die gesamten Paarvergleiche der jeweiligen Kriterien werden in Tabelle 6 als Evaluationsmatrix dargestellt.

		Kriterium ($Matrix_{Eval}$)							
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K r i t e r i u m	K1	1	3	5	1/3	7	2	3	2
	K2	1/3	1	2	1/4	3	2	3	1/3
	K3	1/5	1/2	1	1/5	2	1/2	1/2	1/6
	K4	3	4	5	1	8	6	5	2
	K5	1/7	1/3	1/2	1/8	1	1/3	1/4	1/7
	K6	1/2	1/2	2	1/6	3	1	2	1/4
	K7	1/3	1/3	2	1/5	4	1/2	1	1/5
	K8	1/2	3	4	1/2	7	4	5	1
Summe		6,0095	12,6667	21,5	2,775	35	16,3333	19,75	6,0929

Tabelle 6: Evaluationsmatrix des Paarvergleichs der einzelnen Kriterien²²³

Durch die Werte der Evaluationsmatrix ergibt sich die in Tabelle 7 dargestellte Normalisierungsmatrix und die ermittelten relativen Bedeutungen²²⁴ w_i der einzelnen Kriterien.

223) Eigene Darstellung, in Anlehnung an SAATY (2001), S. 32.

224) In den folgenden Tabellen auch Relativgewichte genannt.

		Kriterium (Matrix _{Norm})								Zeilen- summe r _i	Relativ- gewicht w _i
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8		
K r i t e r i u m	K1	0,1664	0,2368	0,2326	0,1201	0,2121	0,1224	0,1519	0,3283	1,5706	0,1963
	K2	0,0555	0,0789	0,0930	0,0901	0,0909	0,1224	0,1519	0,0547	0,7375	0,0922
	K3	0,0333	0,0395	0,0465	0,0721	0,0606	0,0306	0,0253	0,0274	0,3352	0,0419
	K4	0,4992	0,3158	0,2326	0,3604	0,2424	0,3673	0,2532	0,3283	2,5991	0,3249
	K5	0,0238	0,0263	0,0233	0,0450	0,0303	0,0204	0,0127	0,0234	0,2052	0,0257
	K6	0,0832	0,0395	0,0930	0,0601	0,0909	0,0612	0,1013	0,0410	0,5702	0,0713
	K7	0,0555	0,0263	0,0930	0,0721	0,1212	0,0306	0,0506	0,0328	0,4822	0,0603
	K8	0,0832	0,2368	0,1860	0,1802	0,1515	0,2449	0,2532	0,1641	1,5000	0,1875
Summe		1	1	1	1	1	1	1	1	8	1

Tabelle 7: Normalisierungsmatrix des Paarvergleichs der einzelnen Kriterien²²⁵

Es wurde bereits dargelegt, dass es innerhalb des AHP zu Inkonsistenzen innerhalb der Evaluationsmatrix kommen kann. Eine Evaluationsmatrix ist inkonsistent, wenn gemäß Gleichung (11) in Kapitel 3.6 für die Werturteile der Paarvergleiche a_{ij} , a_{jk} und a_{ik} die folgende Bedingung nicht erfüllt wird:

$$a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik} \text{ für alle } i, j, k = 1, \dots, n,^{226}$$

d.h. innerhalb Tabelle 6 ergeben sich Inkonsistenzen etwa bei den Werturteilen der Paarvergleiche a_{15} , a_{53} und a_{13} , da aufgrund obiger Bedingung für das Werturteil des Paarvergleichs a_{13} $7 \times 1/2 = 3,5$ gelten müsste, jedoch für das Werturteil des Paarvergleichs a_{13} der in Tabelle 6 der Wert 5 angegeben wurde. Es ist daher notwendig, die Konsistenz der Evaluationsmatrix mithilfe des in Gleichung (15) in Kapitel 3.6 dargestellten Konsistenzverhältnisses C. R.²²⁷ nachzuprüfen.

Für die in Tabelle 6 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 8,5474$.²²⁸ Durch den maximalen Eigenwert λ_{\max} lässt sich zunächst der Konsistenzindex C. I. und anschließend das Konsistenzverhältnis C. R.²²⁹ wie folgt berechnen:

$$C. I. = \frac{8,3697 - 8}{8 - 1} \approx 0,0528 \qquad C. R. = \frac{0,0528}{1,40} \approx 0,0377$$

Es wurde dargelegt, dass die Evaluationsmatrix hinsichtlich bestimmter Paarvergleiche nicht konsistent ist, allerdings liegt der errechnete Wert des Konsistenzverhältnisses C. R. unter der Bedin-

225) Eigene Darstellung, in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 146.

226) Vgl. u.a. SAATY (1990), S. 13.

227) Vgl. u.a. SAATY (2001), S. 56 f.

228) Die Tabelle zur Berechnung des Eigenwertes λ_{\max} befindet sich im Anhang A1.

229) Der Nenner des Konsistenzverhältnisses C. R. ist der Tabelle des Zufallsindex R. I. entnommen. Vgl. hierzu u.a. SAATY (2001), S. 57.

gung, dass eine Matrix zu überarbeiten ist, falls das Konsistenzverhältnis $C. R.$ über einem Wert von 0,10 liegt.²³⁰ Somit werden die ermittelten Relativgewichte w_i der einzelnen Kriterien für eine spätere Gewichtung der CBR-Tools berücksichtigt.

4.4.2 Benutzerfreundlichkeit

Innerhalb eines betrachteten Kriteriums werden zunächst die jeweiligen Eigenschaften eines CBR-Tools dargestellt, um aufgrund dessen die Eigenschaften als Grundlage für die anschließende Bewertung innerhalb einer Evaluationsmatrix des jeweiligen Kriteriums zu nutzen.

Es wurde bereits dargelegt, dass die Benutzerfreundlichkeit einen wichtigen Aspekt hinsichtlich der Anwendung eines CBR-Tools darstellt. Innerhalb der einzelnen CBR-Tools stellen sich die Eigenschaften bezüglich der Benutzerfreundlichkeit wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Nach dem Start des CBR-Tools wird dem Benutzer neben dem GUI ein Programmfenster angezeigt, das eine Einführung bezüglich der Anwendung des CBR-Tools beinhaltet. Innerhalb der Einführung werden die durchzuführenden Schritte zum Laden einer Falldatenbank, der Beschreibung des zu suchenden Falles, welche sich an einem neuen Problem orientieren kann, und der jeweiligen zu bestimmenden Systemparameter angezeigt. Das GUI ist übersichtlich und strukturiert aufgebaut und ermöglicht eine intuitive Anwendung aufgrund der auf dem GUI angeordneten verschiedenartigen Bildsymbole, die den Benutzer in verschiedene Untermenüs, etwa zur Einstellung der Systemparameter, führen. Es verfügt ebenfalls über eine Hilfefunktion, die die Möglichkeiten des CBR-Tools größtenteils erläutert.
- **CBRFlow:** Der Start des CBR-Tools erfolgt ohne die Anzeige eines Programmfensters, das dem Benutzer eine Einführung hinsichtlich der Anwendung des CBR-Tools aufzeigt. Das GUI des CBR-Tools ist übersichtlich und strukturiert aufgebaut, nutzt jedoch keine Bildsymbole, sondern Beschriftungen, um den Benutzer in verschiedene Untermenüs, etwa um einen neuen Fall in der Falldatenbank abzulegen, zu führen. Innerhalb des GUI ist ein Statusfenster untergebracht, das dem Benutzer detaillierte Rückmeldungen über die jeweils vorgenommenen Handlungen innerhalb des CBR-Tools vermittelt. Innerhalb des CBR-Tools wurde keine Hilfefunktion eingebettet. Eine intuitive Anwendung des CBR-Tools ist dennoch teilweise möglich.
- **jCOLIBRI:** Nachdem Start des CBR-Tools kann der Benutzer ein bereits gespeichertes System, welches durch das CBR-Tool generiert wurde, aufrufen oder ein neues System ge-

230) Vgl. u.a. SAATY (1990), S. 13.

nerieren, wobei der Benutzer aufgefordert wird, die Erweiterungen des neuen Systems auszuwählen. Die Erweiterungen des neuen Systems lassen neben der möglichen Einbindung einer sog. „DL-Unterstützung“²³¹, einer TCBR-Unterstützung sowie von benutzerdefinierten Komponenten, auch die Kopplung an eine webbasierte Schnittstelle zu. Das GUI des CBR-Tools ist übersichtlich und strukturiert aufgebaut und nutzt Bildsymbole mit Beschriftungen, um den Benutzer durch die verschiedenen Untermenüs zu führen. Das GUI beinhaltet neben weiteren Fenstern ein Statusfenster, das dem Benutzer detaillierte Rückmeldungen über die jeweiligen Handlungen des innerhalb des CBR-Tools gestarteten Systems vermittelt. Die eingebettete Hilfefunktion verweist zwar auf die Internetseite der „Group for Artificial Intelligence Applications“, jedoch sind auf der angegebenen Internetseite keine Informationen hinterlegt. Die intuitive Anwendung des CBR-Tools ist durch die Gestaltung des GUI möglich.

- **myCBR:** Dem Benutzer wird nach dem Start des CBR-Tools kein Programmfenster hinsichtlich der Einführung in die Anwendung des CBR-Tools angezeigt. Zur Anwendung des CBR-Tools sind in der Konfiguration der Systemumgebung „Protégé“ maximal drei sog. Tabs anzuwählen. Das GUI des CBR-Tools ist übersichtlich und strukturiert aufgebaut und nutzt sowohl einzelne Bildsymbole als auch Bildsymbole mit Beschriftungen, um den Benutzer durch die verschiedenen Untermenüs zu führen. Das GUI ist, je nach genutztem Tab des CBR-Tools, in mehrere Fenster unterteilt, die u. a. zur Modifikation der gespeicherten Fälle oder zur Erklärung der gespeicherten Fälle genutzt werden können. Eine eingebettete Hilfefunktion findet sich im Tab zur Modifikation der Ähnlichkeit. Durch die umfangreichen Darstellungsmöglichkeiten des GUI ist eine intuitive Anwendung des CBR-Tools möglich.

Die geschilderten Eigenschaften zeigen, dass im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit den CBR-Tools „AIAI CBR-Shell“ und „myCBR“ gegenüber den übrigen CBR-Tools eine größere Bedeutung beigemessen wird. In Tabelle 8 finden sich die jeweiligen Werturteile der Paarvergleiche im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit sowie die ermittelten relativen Bedeutungen w_i der CBR-Tools.

231) Der Begriff „DL-Unterstützung“ bezeichnet die Nutzung von „Description Logic“. Vgl. hierzu etwa BAADER/LUTZ/TURHAN (2010), S. 25. Eine weitere Erläuterung des Begriffs erfolgt nicht.

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „Benutzerfreundlichkeit“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „Benutzerfreundlichkeit“				Zeilen-	Relativ-
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	r _i	w _i
AIAI CBR-Shell	1	6	3	2	0,5000	0,3333	0,4800	0,5490	1,8624	0,4656
CBRFlow	1/6	1	1/4	1/7	0,0833	0,0556	0,0400	0,0392	0,2181	0,0545
jCOLIBRI	1/3	4	1	1/2	0,1667	0,2222	0,1600	0,1373	0,6861	0,1715
myCBR	1/2	7	2	1	0,2500	0,3889	0,3200	0,2745	1,2334	0,3083
Summe	2,0000	18,0000	6,2500	3,6429	1	1	1	1	4	1

Tabelle 8: Evaluationsmatrix im Kriterium „Benutzerfreundlichkeit“²³²

Für die in Tabelle 8 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,0826$. Durch den maximalen Eigenwert λ_{\max} lässt sich zunächst der Konsistenzindex C. I. und anschließend das Konsistenzverhältnis C. R.²³³ wie folgt berechnen:

$$\text{C. I.} = \frac{4,0826 - 4}{4 - 1} \approx 0,0275 \qquad \text{C. R.} = \frac{0,0275}{0,89} \approx 0,0309$$

Aufgrund der hinreichenden Konsistenz ist die Evaluationsmatrix nicht zu überarbeiten.

4.4.3 Ähnlichkeitsmessung

Ein weiterer wichtiger Punkt der CBR-Tools, der bereits dargelegt wurde, sind die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Ähnlichkeitsmessung. Hinsichtlich der Ähnlichkeitsmessung stellen sich die Eigenschaften der CBR-Tools wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Das CBR-Tool liegt für diesen Vergleich zwar in einer Demoversion vor²³⁴, verfügt jedoch über umfangreiche Möglichkeiten zur Ähnlichkeitsmessung. Neben der Möglichkeit, einen prozentualen Schwellenwert der Ähnlichkeit der aufgerufenen Fälle zu bestimmen, können durch einen Nearest-Neighbour-Algorithmus maximal neun ähnliche Fälle aufgerufen werden. Zudem können durch einen adaptiven prozentualen Schwellenwert mehrere Suchdurchläufe innerhalb der Falldatenbank durchgeführt werden, um die gewünschte Fallanzahl aufzurufen. Es können für die einzelnen numerischen Werte und Zeichenketten in der Falldatenbank zwar separate Gewichte, sog. Metagewichte, hinsichtlich der Ähnlichkeitsmessung festgelegt werden, jedoch wird in der hier vorliegenden Demover-

232) Eigene Darstellung in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

233) Der Nenner des Konsistenzverhältnisses C. R. ist der Tabelle des Zufallsindex R. I. entnommen (vgl. hierzu etwa SAATY (2001), S. 57) und wird im weiteren Verlauf der Arbeit aufgrund der festgelegten Anzahl an CBR-Tools nicht mehr geändert.

234) Auch auf Anfrage beim „Artificial Intelligence Applications Institute“ konnte keine vollständige Version für diesen Vergleich zur Verfügung gestellt werden.

sion des CBR-Tools dem keine Beachtung gewidmet. Ebenso keine Beachtung durch das CBR-Tool finden die Möglichkeiten zur Festlegung von Werten unter Ungewissheit, die durch das CBR-Tool mit Hilfe der sog. Fuzzy Logic²³⁵ dargestellt werden.

- **CBRFlow:** Die Ähnlichkeitsmessung innerhalb des CBR-Tools bezieht sich auf für die Beantwortung von festgelegten Fragen hinterlegten Fallbeschreibungen. Die Fragen der jeweiligen Fälle in der hier vorliegenden Demoversion können etwa „Ja“, „Nein“ oder eine individuell eingegebene Antwort akzeptieren. Die Ähnlichkeit der Fälle wird nach der Eingabe von Suchbegriffen durch die Summe der zutreffenden Antworten auf die jeweiligen Fragen bestimmt.
- **jCOLIBRI:** Innerhalb des CBR-Tools kann eine lokale Ähnlichkeitsmessung auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Es ist möglich, für die einzelnen Attribute der Fallbeschreibung die Art der lokalen Ähnlichkeitsmessung zu bestimmen. So kann eine lokale Ähnlichkeitsmessung hinsichtlich der Länge der Zeichenketten, sog. „strings“²³⁶, oder hinsichtlich ganzzahliger Werte, sog. „integer“²³⁷, durchgeführt werden. Die lokale Ähnlichkeitsmessung erfolgt dann bspw. durch einen definierten Schwellenwert hinsichtlich der Ähnlichkeit oder innerhalb eines festgelegten Intervalls. Ebenfalls kann etwa die lokale Ähnlichkeit eines Falls mit einem anderen Fall, bspw. hinsichtlich der enthaltenen Zeichen, oder bei der Darstellung von Ontologien, bspw. hinsichtlich der Länge der zwischen den einzelnen Objekten vorhandenen Kanten, bestimmt werden. Der lokalen Ähnlichkeitsmessung wird jeweils eine Gewichtung im Intervall von [0,1] zugeordnet.
- **myCBR:** Die Ähnlichkeitsmessung des CBR-Tools wird über ein separates Tab definiert, über das die Ähnlichkeit der Fälle visuell dargestellt und modifiziert werden kann. Eine Modifikation kann etwa hinsichtlich der Art der aufgerufenen Fälle durchgeführt werden, bspw. bis zu welchem Wert eines spezifischen Attributes, der über dem Wert des neuen Falls liegt, sollen Fälle in die Ähnlichkeitsmessung einbezogen werden. Ebenso kann die Ähnlichkeit der in der Falldatenbank hinterlegten Bezeichnungen der Attribute, etwa durch das sog. „N-Gram matching“²³⁸ oder durch das Verhältnis der Übereinstimmung von eingegebenen Wörtern des neuen Falls zu den im gespeicherten Fall vorhandenen Wörtern bestimmt werden. Zudem können durch einen scriptbasierten Editor individuelle Ähnlichkeitsmaße definiert werden. Des Weiteren können bei bestimmten Attributen, die keine direkte numerische Vergleichbarkeit erlauben, wie etwa qualitativer Art, innerhalb einer Ta-

235) Vgl. hierzu u.a. KOYUNCU (2009), S. 537.

236) Vgl. hierzu u.a. BERGMANN (2002), S. 83 f.

237) Vgl. hierzu u.a. BERGMANN (2002), S. 83 f.

238) Vgl. hierzu etwa VARMA (2001), S. 627.

belle durch Paarvergleiche der einzelnen Attribute – ähnlich dem hier im AHP genutzten Paarvergleich – individuelle Werte zugeordnet werden, wobei der Paarvergleich symmetrisch oder asymmetrisch durchgeführt werden kann.

Die geschilderten Eigenschaften zeigen, dass im Hinblick auf die Ähnlichkeitsmessung den CBR-Tools „myCBR“ und „jCOLIBRI“ gegenüber den übrigen CBR-Tools eine größere Bedeutung beigemessen wird. In Tabelle 9 finden sich die jeweiligen Werturteile der Paarvergleiche im Bezug auf die Ähnlichkeitsmessung sowie die ermittelten Relativgewichte w_i der CBR-Tools.

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „Ähnlichkeitsmessung“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „Ähnlichkeitsmessung“				Zeilen-summe r_i	Relativ-gewicht w_i
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR		
AIAI CBR-Shell	1	4	1/4	1/5	0,0976	0,2000	0,1321	0,0602	0,4898	0,1224
CBRFlow	1/4	1	1/7	1/8	0,0244	0,0500	0,0755	0,0376	0,1875	0,0469
jCOLIBRI	4	7	1	2	0,3902	0,3500	0,5283	0,6015	1,8700	0,4675
myCBR	5	8	1/2	1	0,4878	0,4000	0,2642	0,3008	1,4527	0,3632
Summe	10,2500	20,0000	1,8929	3,3250	1	1	1	1	4	1

Tabelle 9: Evaluationsmatrix im Kriterium „Ähnlichkeitsmessung“²³⁹

Für die in Tabelle 9 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,1976$. Durch den maximalen Eigenwert λ_{\max} lässt sich zunächst der Konsistenzindex C. I. und anschließend das Konsistenzverhältnis C. R. wie folgt berechnen:

$$\text{C. I.} = \frac{4,1976 - 4}{4 - 1} \approx 0,0659 \qquad \text{C. R.} = \frac{0,0659}{0,89} \approx 0,0740$$

Aufgrund der hinreichenden Konsistenz ist die Evaluationsmatrix nicht zu überarbeiten.

4.4.4 Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank

Aufgrund der dargelegten Tatsache, dass die Falldatenbank einen zentralen Aspekt im CBR darstellt, ist der Aufbau einer Falldatenbank durch die Eigenschaften der CBR-Tools zu untersuchen.

Die Eigenschaften der CBR-Tools stellen sich wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Innerhalb der hier vorliegenden Demoversion konnte kein Zugriff auf die Falldatenbank erlangt werden, da durch die Funktionsbeschränkung die Lern-Komponente des CBR-Tools nicht aktiviert werden kann. Es ist lediglich möglich, die im Systemverzeichnis bereits hinterlegten Fallbasen, die durch Attribut-Wert-Paare repräsentiert werden,

239) Eigene Darstellung in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

in das CBR-Tool zu laden und auf Grundlage der geladenen Fallbasen Ähnlichkeitsmessungen durchzuführen. Ebenso ist es nicht möglich, eine selbst erstellte Falldatenbank zu generieren.

- **CBRFlow:** Die Möglichkeit, innerhalb der vorliegenden Demoversion einen Lern- oder Adaptionsvorgang durchzuführen, ist nicht gegeben. Es können lediglich manuell neue Fälle in der Falldatenbank durch Frage-Antwort-Gruppen und Fallbeschreibungen abgelegt werden. Numerische Werte der Fälle u. ä. können nicht verarbeitet werden. Die Frage-Antwort-Gruppen können durch eine integrierte Kalenderfunktion zeitlich begrenzt werden, etwa um bestimmte Frage-Antwort-Gruppen zu einem spezifischen Zeitpunkt erscheinen zu lassen.
- **jCOLIBRI:** Das CBR-Tool ist darauf ausgelegt, die vier Unterprozesse RETRIEVE, REUSE, REVISE und RETAIN auszuführen, die sich jeweils in verschiedene Unterpunkte aufgliedern lassen. Die Unterpunkte beinhalten etwa die Einstellungen zu der Anzahl aufgerufener Fälle oder die einem Text entnommenen Schlüsselwörter. Zudem können bspw. sowohl die Methoden der durchgeführten Adaption als auch die Methoden zur Speicherung in der Falldatenbank definiert werden. Trotz zahlreicher unterschiedlicher Herangehensweisen konnte keine geladene Falldatenbank dauerhaft im CBR-Tool hinterlegt werden, um einen gesamten Durchlauf des Prozessmodells des CBR innerhalb der Falldatenbank durchzuführen, obwohl ein Programmfenster zur Generierung einer Anfrage eingeblendet und eine Abschlussmeldung hinsichtlich der Anfrage angezeigt wurde.
- **myCBR:** Das CBR-Tool verfügt über keine eigenständige Lern- oder Adaptionsfähigkeit der Falldatenbank. Zur Erweiterung der Attribute innerhalb der Falldatenbank können sog. „CSV-Dateien“²⁴⁰ importiert werden, die nicht die gleiche Tabellenform aufweisen müssen, die bereits durch jene in der Falldatenbank gespeicherten Fälle vorgegeben wird. Neue Fälle können ebenfalls manuell eingefügt werden. Innerhalb der Falldatenbank ist es zudem möglich durchgeführte Suchen als Fälle zu speichern und bei künftigen Suchen zu berücksichtigen.

Die geschilderten Eigenschaften zeigen, dass im Hinblick auf die Lern- und Adaptionsfähigkeit der Falldatenbank den CBR-Tools „myCBR“ und „jCOLIBRI“ gegenüber den übrigen CBR-Tools eine wesentlich größere Bedeutung beigemessen wird. In Tabelle 10 finden sich die jeweiligen Werturteile der Paarvergleiche im Hinblick auf die Lern- und Adaptionsfähigkeit der Falldatenbank sowie die ermittelten relativen Bedeutungen w_i der CBR-Tools.

240) Der Begriff „CSV-Dateien“ bezeichnet Dateien, die durch „Comma Separated Values“ bspw. in Form einer Tabelle repräsentiert und zur Darstellung von Attribut-Wert-Paaren verwendet werden können (vgl. ROTH-BERGHOFER/ADRIAN/DENGEL (2010), S. 455). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Akronym „CSV“ ohne weitere Erklärungen genutzt.

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „Lern- und Adaptionfähigkeit der Fallbasis“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „Lern- und Adaptionfähigkeit der Fallbasis“				Zeilen-	Relativ-
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	summe	gewicht
AIAI CBR-Shell	1	3	1/8	1/6	0,0652	0,1500	0,0796	0,0387	0,3335	0,0834
CBRFlow	1/3	1	1/9	1/7	0,0217	0,0500	0,0708	0,0331	0,1757	0,0439
jCOLIBRI	8	9	1	3	0,5217	0,4500	0,6372	0,6961	2,3050	0,5763
myCBR	6	7	1/3	1	0,3913	0,3500	0,2124	0,2320	1,1857	0,2964
Summe	15,3333	20,0000	1,5694	4,3095	1	1	1	1	4	1

Tabelle 10: Evaluationsmatrix im Kriterium „Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank“²⁴¹

Für die in Tabelle 10 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,2128$. Durch den maximalen Eigenwert λ_{\max} lassen sich zunächst der Konsistenzindex C. I. und anschließend das Konsistenzverhältnis C. R. wie folgt berechnen:

$$\text{C. I.} = \frac{4,2128 - 4}{4 - 1} \approx 0,0709 \qquad \text{C. R.} = \frac{0,0709}{0,89} \approx 0,0797$$

Aufgrund der hinreichenden Konsistenz ist die Evaluationsmatrix nicht zu überarbeiten.

4.4.5 Ontologie- und Wissensdarstellung

Zur Veranschaulichung des in der Falldatenbank gespeicherten *Wissens* sind die Eigenschaften der CBR-Tools hinsichtlich einer visuellen Darstellung zu untersuchen. Die Eigenschaften der CBR-Tools stellen sich wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Das CBR-Tool hat keine Möglichkeit zur Darstellung von Ontologien. Die Darstellung des gespeicherten *Wissens* erfolgt über ein Programmfenster, das die Ergebnisse der jeweiligen Ähnlichkeitsmessung innerhalb der Falldatenbank als Attribut-Wert-Paare anzeigt, etwa als prozentuale Werte hinsichtlich einer durchgeführten Risikoeinschätzung. Es werden ebenfalls eine Zusammenfassung der aufgerufenen Fälle und die jeweiligen Werte der Ähnlichkeitsmessung geliefert.
- **CBRFlow:** Eine Möglichkeit zur Darstellung von Ontologien ist durch das CBR-Tool nicht gegeben. Zur Darstellung des gespeicherten *Wissens* werden alle in der Falldatenbank abgelegten Fälle in jener Reihenfolge angezeigt, in der sie in der Falldatenbank abgelegt worden sind. Eine zum besseren Überblick durchgeführte Sortierung der Fälle, etwa nach alphabetischen oder numerischen Gesichtspunkten, kann innerhalb der Falldatenbank nicht umgesetzt werden.

241) Eigene Darstellung in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

- **jCOLIBRI:** Innerhalb des CBR-Tools können Ontologien dargestellt werden. Zur Darstellung von Ontologien ist eine bereits existierende Fallstruktur in Form einer OWL-Datei²⁴² in das CBR-Tool zu importieren, auf deren Grundlage die Fallbeschreibung beruht. Die einzelnen Attribute der Fallbeschreibung werden durch eine Baumstruktur dargestellt und können durch unterschiedliche Beziehungsarten, die innerhalb des CBR-Tools etwa die Form „HAS-CATEGORY“ oder „HAS-PRICE“ aufweisen²⁴³, miteinander verbunden werden. Eine Erweiterung oder Änderungen der Beziehungsarten können durch das CBR-Tool nicht realisiert werden, da die Beziehungsarten abhängig sind von der existierenden Fallstruktur, die importiert wurde.
- **myCBR:** Eine Möglichkeit zur Darstellung von Ontologien ist durch das CBR-Tool nicht gegeben, kann aber durch eine Erweiterung der Konfiguration der Systemumgebung „Protégé“ realisiert werden. Zur Realisierung kann etwa in der Konfiguration zusätzlich das Tab „Jambalaya“²⁴⁴ angeklickt werden, das auf die in der Falldatenbank abgelegten Fälle zugreift und sie grafisch darstellt. Die grafische Darstellung erfolgt, indem die Fälle der Falldatenbank als Instanzen einer spezifischen Klasse zugeordnet werden. Die Instanzen einer Klasse enthalten die jeweiligen Attribut-Wert-Paare der Fallbeschreibung. Es ist möglich weitere Klassen innerhalb der Ontologie zu erstellen, die durch unterschiedliche Beziehungsarten, wie etwa „HAS-SUBCLASS“, miteinander verbunden werden können. Eine Modellierung von Ontologien kann durch die Systemumgebung „Protégé“ ebenfalls ermöglicht werden, bspw. um Beziehungen sowohl innerhalb als auch zwischen Klassen zu definieren.

Die geschilderten Eigenschaften zeigen, dass im Hinblick auf die Ontologie- und Wissensdarstellung den CBR-Tools „myCBR“ und „jCOLIBRI“ gegenüber den übrigen CBR-Tools eine wesentlich größere Bedeutung beigemessen wird. In Tabelle 11 finden sich daher die jeweiligen Werturteile der Paarvergleiche im Bezug auf die Ontologie- und Wissensdarstellung sowie die ermittelten Relativgewichte w_i der CBR-Tools.

242) Eine OWL-Datei wird zur Darstellung der „Web Ontology Language“ (vgl. SHAHRI/JAMIL (2009), S. 419 f.) genutzt und muss zur Nutzung in dem hier vorliegenden CBR-Tool die Endung „.owl“ aufweisen.

243) Vgl. hierzu u.a. HEFKE/ABECKER (2006), S. 539.

244) Das Tab „Jambalaya“ wurde durch die CHISEL Group der Universität Victoria zur Visualisierung einer Wissensbasis entwickelt und ist in der Systemumgebung „Protégé“ enthalten, vgl. CHISEL GROUP (2008).

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „Ontologie- und Wissensdarstellung“ ²⁴⁵				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „Ontologie- und Wissensdarstellung“				Zeilen-	Relativ-
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	r_i	w_i
AIAI CBR-Shell	1	3	1/5	1/8	0,0698	0,1765	0,0458	0,0781	0,3701	0,0925
CBRFlow	1/3	1	1/6	1/7	0,0233	0,0588	0,0382	0,0892	0,2095	0,0524
jCOLIBRI	5	6	1	1/3	0,3488	0,3529	0,2290	0,2082	1,1390	0,2847
myCBR	8	7	3	1	0,5581	0,4118	0,6870	0,6245	2,2815	0,5704
Summe	14,3333	17,0000	4,3667	1,6012	1	1	1	1	4	1

Tabelle 11: Evaluationsmatrix im Kriterium „Ontologie- und Wissensdarstellung“²⁴⁵

Für die in Tabelle 11 dargestellte Evaluationsmatrix wird ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,2423$ ermittelt. Durch den maximalen Eigenwert λ_{\max} können nun zunächst der Konsistenzindex C. I. und im Anschluss das Konsistenzverhältnis C. R. wie folgt berechnet werden:

$$C. I. = \frac{4,2423 - 4}{4 - 1} \approx 0,0808 \qquad C. R. = \frac{0,0709}{0,89} \approx 0,0907$$

Da die Evaluationsmatrix hinreichend konsistent ist, wird sie nicht überarbeitet.

4.4.6 Berücksichtigung qualitativer Aspekte

Im Hinblick auf den Umgang mit nicht qualitativen Ausprägungen im Rahmen der Fallbeschreibungen, wie etwa die Beschaffenheit eines Attributes, sind die Eigenschaften der CBR-Tools zu untersuchen. Die Eigenschaften der CBR-Tools stellen sich innerhalb des betrachteten Kriteriums wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Eine Berücksichtigung qualitativer Aspekte kann das CBR-Tool nicht durchführen, da zur Fallbeschreibung numerische Werte in Form Attribut-Wert-Paaren genutzt werden. Hinsichtlich der hier vorliegenden Demoversion konnte nicht geklärt werden, ob in einer Vollversion des CBR-Tools qualitative Aspekte beachtet werden könnten.
- **CBRFlow:** Das CBR-Tool verfügt nicht über die Möglichkeit, qualitative Aspekte zu berücksichtigen, jedoch könnte durch bestimmte Frage-Antwort-Gruppen die Beschaffenheit eines Attributes umschrieben werden, wenn etwa die Fragen mehrere Antwortmöglichkeiten bieten.
- **jCOLIBRI:** Die Berücksichtigung qualitativer Aspekte durch das CBR-Tool ist zwar prinzipiell möglich, etwa durch die Auswahl von vorgegebenen Ausprägungen eines qualitati-

245) Eigene Darstellung, in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

ven Aspekts, kann jedoch auf Grund der Tatsache, dass eine geladene Falldatenbank nicht dauerhaft im CBR-Tool hinterlegbar ist, nicht eingehend untersucht werden.

- **myCBR:** Innerhalb des CBR-Tools können qualitative Aspekte, wie die Farbe eines Kraftfahrzeugs in der hier genutzten Falldatenbank, durch numerische Werte beschrieben werden. Dies kann, wie bereits innerhalb des Kriteriums „Ähnlichkeitsmessung“ dargelegt, über einen Paarvergleich der einzelnen qualitativen Aspekte durchgeführt werden. Ebenso lassen sich qualitative Aspekte als Taxonomien²⁴⁶ darstellen, bei der untergeordnete Klassen oder Instanzen die qualitativen Aspekte der übergeordneten Klassen bzw. Instanzen annehmen. Die Taxonomien besitzen eine Baumstruktur, bei der bspw. den innen liegenden Knoten durch eine bestimmte Semantik Ähnlichkeitswerte zugeordnet werden können.

Die geschilderten Eigenschaften zeigen, dass die Berücksichtigung qualitativer Aspekte hauptsächlich durch numerische Werte erfolgt. Aufgrund dessen wird den CBR-Tools „myCBR“ und „jCOLIBRI“ gegenüber den restlichen CBR-Tools eine größere Bedeutung zugemessen. In Tabelle 12 finden sich die jeweiligen Werturteile der durchgeführten Paarvergleiche im Hinblick auf die Berücksichtigung qualitativer Aspekte sowie die ermittelten relativen Bedeutungen w_i der CBR-Tools.

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „Berücksichtigung qualitativer Aspekte“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „Berücksichtigung qualitativer Aspekte“				Zeilen- summe τ_i	Relativ- gewicht w_i
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR		
AIAI CBR-Shell	1	2	1/4	1/7	0,0800	0,1176	0,0566	0,0892	0,3435	0,0859
CBRFlow	1/2	1	1/6	1/8	0,0400	0,0588	0,0377	0,0781	0,2146	0,0537
jCOLIBRI	4	6	1	1/3	0,3200	0,3529	0,2264	0,2082	1,1075	0,2769
myCBR	7	8	3	1	0,5600	0,4706	0,6792	0,6245	2,3344	0,5836
Summe	12,5000	17,0000	4,4167	1,6012	1	1	1	1	4	1

Tabelle 12: Evaluationsmatrix im Kriterium „Berücksichtigung qualitativer Aspekte“²⁴⁷

Für die in Tabelle 12 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,0853$. Angesichts des maximalen Eigenwerts λ_{\max} können nun zunächst der Konsistenzindex C. I. und anschließend das Konsistenzverhältnis C. R. wie folgt berechnet werden:

$$C. I. = \frac{4,0853 - 4}{4 - 1} \approx 0,0284 \qquad C. R. = \frac{0,0284}{0,89} \approx 0,0391$$

246) Vgl. hierzu u.a. REICHENBERGER (2010), S. 202 f.

247) Eigene Darstellung in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

Es ist nicht nötig, die Evaluationsmatrix zu überarbeiten, da diese wegen $C. R. < 0,10$ hinreichend konsistent ist.

4.4.7 Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen

Hinsichtlich einer möglichen Nutzung jener Fälle, die entweder als Text oder durch die Kombination der Struktur eines Textes und einer Zusammenstellung von bestimmten Begriffen vorliegen, durch die CBR-Tools sind die jeweiligen Eigenschaften diesbezüglich zu untersuchen. Die Eigenschaften der CBR-Tools stellen sich wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Der Umgang mit Texten oder halbstrukturierten Fällen ist durch das CBR-Tool nicht durchführbar, da einerseits die in der vorliegenden Demoversion zur Verfügung stehenden Fallbasen diesbezüglich nicht erweitert werden konnten und andererseits das GUI keine entsprechende Nutzungsmöglichkeit aufweist.
- **CBRFlow:** Das CCBR-Tool, das in der hier vorliegenden Demoversion verwendet wird, kann Texte und halbstrukturierte Fälle dahingehend nutzen, indem zur Auswahl ähnlicher Fälle Wörter in das Programmfenster des CCBR-Tools eingegeben und die Fallbeschreibungen der in der Falldatenbank abgelegten Fälle als Texte – sowohl als Struktur als auch unstrukturiert – repräsentiert werden können.
- **jCOLIBRI:** Innerhalb des CBR-Tools können Texte und halbstrukturierte Fälle verarbeitet werden. So ist es bspw. möglich, Methoden zu wählen, um in das Programmfenster eingegebene Begriffe mit den in der Falldatenbank abgelegten Fällen in Verbindung zu setzen. Dies kann das CBR-Tool bspw. mithilfe des sog. „Jaccard Coefficient“²⁴⁸ durchführen. Ebenso können Methoden gewählt werden, durch die Eigennamen aus dem Text extrahiert oder spezifische Zeichen innerhalb des Textes gefiltert werden. Zudem können durch bestimmbare Methoden Phrasen eines Textes durch das CBR-Tool mit einem Oberbegriff in Verbindung gebracht werden. Die genannten Methoden beziehen sich ebenfalls auf halbstrukturierte Fälle. Innerhalb des CBR-Tools waren die genannten Methoden verfü- und anwählbar, dennoch konnte, wie bereits erwähnt, eine geladene Falldatenbank nicht dauerhaft im CBR-Tool hinterlegt werden, um die genannten Methoden genauer zu untersuchen.
- **myCBR:** Ein direkter Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen konnte durch das CBR-Tool nicht durchgeführt werden. Dennoch wird in naher Zukunft eine Erweiterung des CBR-Tools erwartet, die den Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen ermöglichen

248) Beim sog. „Jaccard Coefficient“ wird die Schnittmenge von zwei Paaren A und B durch die Vereinigungsmenge der zwei Paare A und B dividiert, um ein Verhältnis der Gemeinsamkeiten zu ermitteln (vgl. u.a. CAMPANA (2009), S. 644 f. und RECIO-GARCIA/DIAZ-AGUDO/GOMEZ-MARTIN (2005), S. 430).

soll.²⁴⁹ Ein indirekter Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen könnte sich jedoch auf die Weise realisieren lassen, dass bei „CSV-Dateien“, die die Grundlage der Falldatenbank bilden, numerische Werte bspw. durch spezifische Begriffe oder Schlüsselwörter ersetzt werden, um einzelne Fälle zu charakterisieren.

Durch die geschilderten Eigenschaften wurde gezeigt, dass den CBR-Tools „CBRFlow“ und „jCOLIBRI“ eine größere Bedeutung beigemessen wird, das CBR-Tool „myCBR“ jedoch hinsichtlich des indirekten Umgangs mit Texten und halbstrukturierten Fällen ebenfalls eine etwas größere Bedeutung beigemessen wird als dem CBR-Tool „AIAI CBR-Shell“. In Tabelle 13 finden sich aufgrund der geschilderten Eigenschaften die jeweiligen Werturteile der durchgeführten Paarvergleiche in Bezug auf den Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen sowie die ermittelten relativen Bedeutungen w_i der CBR-Tools.

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen“				Zeilen-summe	Relativ-gewicht
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	r_i	w_i
AIAI CBR-Shell	1	1/4	1/8	1/4	0,0588	0,0345	0,0794	0,0370	0,2097	0,0524
CBRFlow	4	1	1/4	1/2	0,2353	0,1379	0,1587	0,0741	0,6060	0,1515
jCOLIBRI	8	4	1	5	0,4706	0,5517	0,6349	0,7407	2,3980	0,5995
myCBR	4	2	1/5	1	0,2353	0,2759	0,1270	0,1481	0,7863	0,1966
Summe	17,0000	7,2500	1,5750	6,7500	1	1	1	1	4	1

Tabelle 13: Evaluationsmatrix im Kriterium „Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen“²⁵⁰

Es ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,1699$ für die in Tabelle 13 dargestellte Evaluationsmatrix. Aufgrund des maximalen Eigenwerts λ_{\max} können nun zunächst der Konsistenzindex C. I. und nachfolgend das Konsistenzverhältnis C. R berechnet werden:

$$C. I. = \frac{4,1699 - 4}{4 - 1} \approx 0,0566 \qquad C. R. = \frac{0,0566}{0,89} \approx 0,0636$$

Aufgrund der Tatsache, dass die Evaluationsmatrix hinreichend konsistent ist, wird diese nicht überarbeitet.

249) Vgl. ROTH-BERGHOFER/ADRIAN/DENGEL (2010), S. 451 f. Eine Nachfrage bei der DFKI GmbH ergab, dass bezüglich der in der Quelle genannten Erweiterung „SCOOBIE“ noch kein offizieller Veröffentlichungstermin feststeht.

250) Eigene Darstellung, in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

4.4.8 Interne Faktoren

Zur Nutzung eines CBR-Tools sind jene Eigenschaften zu ermitteln, durch die eine Nutzung grundsätzlich ermöglicht wird. Die Eigenschaften der CBR-Tools stellen sich wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Eine Installation des CBR-Tools zur Nutzung innerhalb des Vergleichs konnte problemlos auf dem Betriebssystem „Windows Vista“ durchgeführt werden. Es wurde keine System- oder Entwicklungsumgebung für die Nutzung des CBR-Tools benötigt. Anzumerken ist, dass mehrere Programminstanzen des CBR-Tools im Hintergrund des Betriebssystems verbleiben können, falls das CBR-Tool nach der Nutzung nicht über das betreffende Bildsymbol des GUI abgeschaltet wird.
- **CBRFlow:** Das CBR-Tool benötigt, wie bereits in Kapitel 4.3.2 dargelegt, die Systemumgebung „Eclipse V. 3.6.1“²⁵¹. Nach dem Import in die Systemumgebung, die als Installation des CBR-Tools aufgefasst werden kann, ist eine eigenständige Nutzung des CBR-Tools möglich. Es lassen sich bspw. gespeicherte Fälle aufrufen oder neue Fälle manuell in der Falldatenbank anlegen.
- **jCOLIBRI:** Eine Nutzung des CBR-Tools wird ohne eine direkte Installation ermöglicht, falls, wie bereits in Kapitel 4.3.3 dargelegt, eine „Java-Laufzeitumgebung“ innerhalb des Betriebssystems vorhanden ist. Innerhalb des CBR-Tools ist es nicht möglich, gleichzeitig unterschiedliche, durch das CBR-Tool generierte Systeme zu nutzen, bspw. hinsichtlich einer TCBR- und einer „DL-Unterstützung“.
- **myCBR:** In Kapitel 4.3.4 wurde bereits dargelegt, dass zur Nutzung des CBR-Tools die Systemumgebung „Protégé V. 3.4.4“²⁵² benötigt wird, da eine eigenständige Nutzung des CBR-Tools nicht möglich ist. Es wird die genannte Version der Systemumgebung benötigt, da eine aktuellere Version die Funktionen des CBR-Tools nicht unterstützen kann.

Die geschilderten Eigenschaften der CBR-Tools zeigen, dass den CBR-Tools „AIAI CBR-Shell“ und „jCOLIBRI“ aufgrund des geringeren Aufwandes einer Installation hinsichtlich der Nutzung eine größere Bedeutung beigemessen wird als den übrigen CBR-Tools. Aufgrund der geschilderten Eigenschaften finden sich in Tabelle 14 die jeweiligen Werturteile der durchgeführten Paarvergleiche im Hinblick auf die internen Faktoren der CBR-Tools und die ermittelten relativen Bedeutungen w_i .

251) Vgl. ECLIPSE FOUNDATION (2010).

252) Vgl. STANFORD CENTER FOR BIOMEDICAL INFORMATICS RESEARCH (2011).

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „interne Faktoren“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „interne Faktoren“				Zeilen-	Relativ-
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	summe	gewicht
AIAI CBR-Shell	1	5	3	7	0,5966	0,4167	0,6316	0,6667	2,3115	0,5779
CBRFlow	1/5	1	1/4	1/2	0,1193	0,0833	0,0526	0,0476	0,3029	0,0757
jCOLIBRI	1/3	4	1	2	0,1989	0,3333	0,2105	0,1905	0,9332	0,2333
myCBR	1/7	2	1/2	1	0,0852	0,1667	0,1053	0,0952	0,4524	0,1131
Summe	1,6762	12,0000	4,7500	10,5000	1	1	1	1	4	1

Tabelle 14: Evaluationsmatrix im Kriterium „interne Faktoren“²⁵³

Für die in Tabelle 14 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,1184$. Durch den maximalen Eigenwert λ_{\max} können der Konsistenzindex C. I. und nachfolgend das Konsistenzverhältnis C. R berechnet werden:

$$\text{C. I.} = \frac{4,1184 - 4}{4 - 1} \approx 0,0395 \qquad \text{C. R.} = \frac{0,0395}{0,89} \approx 0,0443$$

Da die Evaluationsmatrix hinreichend konsistent ist, wird diese nicht überarbeitet.

4.4.9 Externe Faktoren

Die CBR-Tools sind im Hinblick auf die mögliche Einbindung in die bereits vorhandene Informations- und Kommunikationstechnologie zu untersuchen. Die Eigenschaften der CBR-Tools stellen sich wie folgt dar:

- **AIAI CBR-Shell:** Es besteht keine Möglichkeit, dass das CBR-Tool in der hier vorliegenden Demoversion auf vorhandene Informations- und Kommunikationstechnologien zugreift, da die entsprechenden Importierungs- und Exportierungsfunktionen des GUI hinsichtlich eines Datenbankzugriffs²⁵⁴ deaktiviert sind. Lediglich die innerhalb des CBR-Tools genutzten Datei-Typen²⁵⁵ können verarbeitet und genutzt werden.
- **CBRFlow:** Aufgrund der hier vorliegenden Demoversion des CBR-Tools ist die Einbindung in eine bereits vorhandene Informations- und Kommunikationstechnologie nicht möglich, allerdings kann bei einer Vollversion des CBR-Tools bspw. ein webbasiertes CCBR-

253) Eigene Darstellung, in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

254) Die Datenbanken, die dem GUI nach in einer Vollversion des CBR-Tools genutzt werden können, sind „ODBC“ (Open Database Connectivity, (vgl. u.a. BELECHEANU/PAWAR/BARSON et al. (2003), S. 41) und „dBase“ (vgl. u.a. ALTHOFF/BARLETTA/MANGO (1995), S. 110).

255) Das CBR-Tool benötigt zur Nutzung einer Falldatenbank und zur Durchführung einer Ähnlichkeitssuche jeweils drei systemeigene Datei-Typen, die gleichzeitig innerhalb des CBR-Tools geladen sein und folgende Endungen aufweisen müssen: „.cbr“, „.key“, „.tst“.

Tool geschaffen werden.²⁵⁶ Die in der Falldatenbank abgelegten Fälle des CBR-Tools werden innerhalb des Statusfensters des GUI durch die Nutzung der sog. „XML (eXtensible Markup Language)“²⁵⁷ repräsentiert und bieten daher die Möglichkeit einer maschinellen Weiterverarbeitung²⁵⁸. Da das CBR-Tool zur Nutzung in die Entwicklungsumgebung „Eclipse V. 3.6.1“²⁵⁹ importiert wurde, besteht bspw. die Möglichkeit, einzelne Programmbausteine des CBR-Tools zu überarbeiten. Es konnten zudem Programmbausteine identifiziert werden, die zwar auf eine mögliche Nutzung des Datenbank-Management Systems „mySQL“²⁶⁰ sowie einen möglichen Zugriff auf den webbasierten Server-Dienst „Apache“²⁶¹ hinweisen, aber nicht genutzt werden konnten.

- **jCOLIBRI:** Die Einbindung des CBR-Tools in bereits vorhandene Informations- und Kommunikationstechnologie ist durchführbar. So kann bspw. die Fallstruktur der in der Falldatenbank abgelegten Fälle durch „XML“ dargestellt werden. Ebenso kann das CBR-Tool mit einer Datenbank verbunden werden, die durch sog. „SQL (Structured Query Language)“²⁶² repräsentiert wird. Die Verbindung erfolgt mit Hilfe eines sog. „Connectors“, der jeweils spezifisch für jenes System gewählt werden muss, das durch das CBR-Tool generiert wird, wie bspw. für TCBR. Zudem ist es möglich, durch eine Schnittstelle, die innerhalb des CBR-Tools mithilfe einer sog. „Tomcat Bridge“²⁶³ aufgebaut wird, die Technik des CBR auf webbasierte Anwendungen zu übertragen. Es konnten jedoch die geschilderten Eigenschaften aufgrund einer nicht dauerhaft im CBR-Tool hinterlegbaren Falldatenbank nicht weiter untersucht werden.
- **myCBR:** Innerhalb des CBR-Tools ist es zwar nicht durchführbar, direkt in bereits vorhandene Informations- und Kommunikationstechnologie eingebunden zu werden, jedoch ist es möglich, die jeweiligen Ähnlichkeitsmaße, die für die einzelnen Attribute der Fälle bestimmt wurden, als Daten in „XML“ zu exportieren. Zudem kann durch die Systemumge-

256) Vgl. WEBER/WILD/BREU (2004), S. 441 f.

257) Vgl. hierzu etwa MAZURAN/QINTARELLI/TANCA (2009), S. 287 und VARMA/AGGOUR/BONISSONE (2005), S. 601. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Akronym „XML“ verwendet.

258) Vgl. GUGGENBERGER (2010), S. 256.

259) Vgl. ECLIPSE FOUNDATION (2010).

260) Vgl. MONTANI/ANGLANO (2006), S. 496.

261) Vgl. LASSMANN/SCHWARZER/ROGGE et al. (2006), S. 130.

262) Der Begriff „SQL (Structured Query Language)“ bezeichnet eine relationale Datenbanksprache, die eine Definition, Manipulation und Abfrage von Daten ermöglicht (vgl. FINK/SCHNEIDERREIT/VOß (2005), S. 165). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Akronym „SQL“ gewählt.

263) Die sog. „Tomcat Bridge“ benutzt zum Aufbau der Schnittstelle eine Umgebung, in der die Programmiersprache „Java“ (vgl. FINK/SCHNEIDERREIT/VOß (2005), S. 15) über das sog. „Apache Tomcat“ (vgl. APACHE SOFTWARE FOUNDATION (2011)) in webbasierten Anwendungen ausgeführt werden kann.

bung „Protégé“ die gesamte Falldatenbank als sog. „HTML“-Daten²⁶⁴ exportiert werden, bei denen sowohl die Fälle einzeln aufrufbar sind als auch die gesamte Klassenhierarchie dargestellt wird. Ebenfalls ist es möglich, durch die Systemumgebung „Protégé“ die Falldatenbank als OWL-Datei zu exportieren.

Aufgrund der geschilderten Eigenschaften wird den CBR-Tools „jCOLIBRI“ und „myCBR“ eine größere Bedeutung beigemessen als den übrigen CBR-Tools. In Tabelle 15 finden sich hinsichtlich der geschilderten Eigenschaften die Werturteile der durchgeführten Paarvergleiche im Hinblick auf die externen Faktoren der CBR-Tools und die ermittelten relativen Bedeutungen w_i .

CBR-Tools	Evaluationsmatrix des Kriteriums „externe Faktoren“				Normalisierungsmatrix des Kriteriums „externe Faktoren“				Zeilen-summe	Relativ-gewicht
	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR		
AIAI CBR-Shell	1	1/2	1/8	1/6	0,0588	0,0370	0,0852	0,0262	0,2072	0,0518
CBRFlow	2	1	1/7	1/5	0,1176	0,0741	0,0973	0,0314	0,3205	0,0801
jCOLIBRI	8	7	1	5	0,4706	0,5185	0,6813	0,7853	2,4557	0,6139
myCBR	6	5	1/5	1	0,3529	0,3704	0,1363	0,1571	1,0166	0,2542
Summe	17,0000	13,5000	1,4679	6,3667	1	1	1	1	4	1

Tabelle 15: Evaluationsmatrix im Kriterium „externe Faktoren“²⁶⁵

Für die in Tabelle 15 dargestellte Evaluationsmatrix ergibt sich ein maximaler Eigenwert $\lambda_{\max} = 4,2588$. Aufgrund des maximalen Eigenwerts λ_{\max} können zunächst der Konsistenzindex C. I. und anschließend das Konsistenzverhältnis C. R berechnet werden:

$$C. I. = \frac{4,2588 - 4}{4 - 1} \approx 0,0863 \qquad C. R. = \frac{0,0863}{0,89} \approx 0,0969$$

Da die Evaluationsmatrix hinreichend konsistent ist, wird diese nicht überarbeitet.

4.5 Synthese der ermittelten Bedeutungen und Empfehlung

Zur Ermittlung jenes CBR-Tools, das hinsichtlich des Einsatzes in internationalen *Supply-Chain-Projekten* die höchste Nützlichkeit aufweist, sind nun die relativen Bedeutungen der einzelnen CBR-Tools innerhalb der Kriterien mit den spezifischen Kriteriengewichten zusammenzuführen. Die Zusammenführung erfolgt, indem die ermittelte relative Bedeutung eines CBR-Tools innerhalb eines Kriteriums mit der ermittelten relativen Bedeutung des jeweiligen Kriteriums multipliziert

264) Das Akronym „HTML“ steht für den Begriff „Hypertext Markup Language“ (vgl. Fink et al. (2005), S. 51).

265) Eigene Darstellung in Anlehnung an MEIXNER/HAAS (2002), S. 170.

wird, um gemäß Gleichung (10)²⁶⁶ in Kapitel 3.4.2 die globale relative Bedeutung $w_{rel(i)}$ des CBR-Tools hinsichtlich des Kriteriums zu erhalten. Die Summe der globalen relativen Bedeutungen $w_{rel(i)}$ eines CBR-Tools stellt dessen Bedeutung in Bezug auf das gewählte Hauptziel der Nützlichkeit dar. In Tabelle 16 werden die durch die übergeordneten spezifischen Kriteriengewichte ermittelten globalen relativen Bedeutungen $w_{rel(i)}$ der einzelnen CBR-Tools wiedergegeben.

		spezifische Kriteriengewichte								Summe der globalen Relativgewichte $w_{rel(i)}$
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	
		0,1963	0,0922	0,0419	0,3249	0,0257	0,0713	0,0603	0,1875	
Relativgewichte der CBR-Tools innerhalb der jeweiligen Kriterien	AIAI CBR-Shell	0,0914	0,0113	0,0035	0,0301	0,0022	0,0037	0,0348	0,0097	0,1867
	CBRFlow	0,0107	0,0043	0,0018	0,0170	0,0014	0,0108	0,0046	0,0150	0,0656
	jCOLIBRI	0,0337	0,0431	0,0241	0,0925	0,0071	0,0427	0,0141	0,1151	0,3724
	myCBR	0,0605	0,0335	0,0124	0,1853	0,0150	0,0140	0,0068	0,0477	0,3752

Tabelle 16: Ermittlung der globalen Relativgewichte $w_{rel(i)}$ der CBR-Tools²⁶⁷

Durch die Ermittlung der numerischen Werte der globalen relativen Bedeutungen $w_{rel(i)}$ ergeben sich folgende Präferenzen der CBR-Tools:

$$\text{„myCBR“} \succ \text{„jCOLIBRI“} \succ \text{„AIAI CBR-Shell“} \succ \text{„CBRFlow“}.$$

Das Ziel dieser Arbeit war es, das bestehende Erkenntnisproblem, das eine ausführliche Analyse verfügbarer und dem heutigen Stand der Technik entsprechender CBR-Tools vermissen lässt, zu lösen. Es wurden jene CBR-Tools identifiziert, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen und kostenlos verfügbar sind.

266) Zur Erinnerung sei hier nochmals Gleichung (11) angeführt: $w_{rel(i)} = w_{n(i)} \times w_{(n-1)i}$, wobei $w_{(n-1)i}$ als untergeordnetes Relativgewicht eines CBR-Tools innerhalb eines Kriteriums und $w_{n(i)}$ als übergeordnete relative Bedeutung des jeweiligen Kriteriums aufgefasst wird.

267) Eigene Darstellung, in Anlehnung an SAATY (2001), S. 200.

5 Literaturverzeichnis

Vorbemerkungen:

- Alle Quellen werden im Literaturverzeichnis wie folgt aufgeführt: In der ersten Zeile wird der *Referenztitel* der Quelle angegeben. Er entspricht der Form, die im Text Verwendung findet, wenn auf die Quelle hingewiesen wird.
- Bei der Vergabe der Referenztitel wird bei *einem* Autor dessen Nachname, gefolgt von dem Erscheinungsjahr der Quelle in Klammern, verwendet. Existieren *zwei* oder *drei* Autoren, werden diese getrennt von einem Schrägstrich („/“) aufgeführt. Bei mindestens *vier* Autoren werden nur die ersten drei Autoren mit dem Zusatz „et al.“ aufgeführt.
- Zu *Internetquellen* wird die dafür verantwortliche Instanz aufgeführt. Dies können sowohl natürliche als auch juristische Personen sein. Zu den Internetquellen werden die zum Zugriffsdatum gültige Internetadresse (URL) und das Zugriffsdatum angegeben.

AAMODT/PLAZA (1994)

Aamodt, A.; Plaza, E.: Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. In: AI Communications. IOS Press, Vol. 7 (1994), No. 1, S. 39-59.

ABDRABOU/SALEM (2008a)

Abdrabou, E. A. M. L.; Salem, A. B. M.: Case-Based Reasoning Tools from Shells to Object-Oriented Frameworks. In: Mastorakis, N. E.; Mladenov, V.; Bojkovic, Z.; Simian, D.; Kartalopoulos, S.; Varonides, A.; Udriste, C.; Kindler, E.; Narayanan, S.; Lloret Mauri, J.; Parsiani, H.; Man, K. L. (eds.): Recent Advances in Computer Engineering; Proceedings of the 12th WSEAS international conference on Computers. Heraklion, Greece 2008. Stevens Point 2008, S. 781-786.

ABDRABOU/SALEM (2008b)

Abdrabou, E.; Salem, A.-B.: Case-Based Reasoning Tools From Shells to Object-Oriented Frameworks. In: Markov, K.; Ivanova, K.; Mitov, I. (eds.): Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering – Supplement to the International Journal “INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE”, Vol. 2 (2008). International Book Series “INFORMATION SCIENCE & COMPUTING”, No. 4. Sofia 2008, Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA, S. 37-45. Im Internet unter: http://www.foibg.com/ibs_isc/ibs-04/IBS-04.pdf, Zugriff erfolgte am 04.02.2011.

AHA/MARLING/WATSON (2006a)

Aha, D. W.; Marling, C.; Watson, I.: Case-based reasoning commentaries: introduction. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 201-202.

AHA/MCShERRY/YANG (2006b)

Aha, D. W.; McSherry, D.; Yang, Q.: Advances in conversational case-based. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 247-254.

AHN/KIM/HAN (2006)

Ahn, H.; Kim, K.-J.; Han, I.: Global optimization of feature weights and the number of neighbors that combine in a case-based reasoning system. In: Expert Systems, Vol. 23 (2006), No. 5, S. 290-301.

AITKEN (o.J.)

Aitken, S.: CBR Projects. Artificial Intelligence Applications Institute, Universität Edinburgh, o.J. Im Internet unter: <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/cbr/cbrprojects.html>, Zugriff erfolgte am 06.01.2011.

ALTHOFF/BARLETTA/MANGO (1995)

Althoff, K.-D.; Auriol, E.; Barletta, R.; Manago, M.: A Review of Industrial Case-Based Reasoning Tools. Oxford 1995.

ALTHOFF (1997)

Althoff, K.-D.: Evaluating Case-Based Reasoning Systems – The INRECA Case Study. Habilitationsschrift, Universität Kaiserslautern 1997. Im Internet unter: <http://www.iis.uni-hildesheim.de/files/staff/althoff/Publications/althoff-habil-1997-07-09.pdf>, Zugriff erfolgte am 18.01.2011.

APACHE SOFTWARE FOUNDATION (2011)

The Apache Software Foundation: Apache Tomcat. Im Internet unter: <http://tomcat.apache.org/>, Zugriff erfolgte am 03.03.2011.

AVRAM/STROUD/XIROUCHAKIS (2011)

Avram, O.; Stroud, I.; Xirouchakis, P.: A multi-criteria decision method for sustainability assessment of the use phase of machine tool systems. In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 53 (2011), No. 5-8, S. 811-828.

AVRAMENKO/KRASLAWASKI (2008)

Avramenko, Y.; Kraslawski, A.: Case Based Design – Applications in Process Engineering. Berlin – Heidelberg 2008.

BAADER/LUTZ/TURHAN (2010)

Baader, F.; Lutz, C.; Turhan, A.-Y.: Small is Again Beautiful in Description Logics. In: Künstliche Intelligenz, Vol. 24 (2010), No. 1, S. 25-33.

BACH/REICHLER/ALTHOFF (2009)

Bach, K.; Reichle, M.; Althoff, K.-D.: A Value Supplementation Method for Case Bases with Incomplete Information. In: McGinty, L.; Wilson, D. C. (eds.): Case-Based Reasoning – Research and Development. 8th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2009, Seattle, WA, USA, July 20-23, 2009, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2009, S. 389-402.

BÄPPLER (2008)

Bäppler, E.: Nutzung des Wissensmanagements im Strategischen Management – Zur interdisziplinären Verknüpfung durch den Einsatz von IKT. Dissertation, Universität Freiburg i.Br. Wiesbaden 2008.

BEIERLE/KERN-ISBERNER (2008)

Beierle, C.; Kern-Isberner, G.: Methoden wissensbasierter Systeme – Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen. 4. Aufl., Wiesbaden 2008.

BELECHEANU/PAWAR/BARSON et al. (2003)

Belecheanu, R.; Pawar, K. S.; Barson, R. J.; Bredehorst, B.; Weber, F.: The application of case based reasoning to decision support in new product development. In: Integrated Manufacturing Systems, Vol. 14 (2003), No. 1, S. 36-45.

BELTRAN-FERRUZ/DIAZ-AGUDO/LAGERQUIST (2006)

Beltran-Ferruz, P.; Diaz-Agudo, B.; Lagerquist, O.: Retrieval over Conceptual Structures. In: Roth-Berghofer, T. R.; Göker, M. H.; Güvenir, H. A. (eds.): Advances in Case-Based Reasoning. 8th European Conference, ECCBR 2006, Fethiye, Turkey, September 4-7, 2006, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2006, S. 443-457.

BERGER/HIMMEL (2005)

Berger, H.; Himmel, S.: Wissensmanagement in der Praxis: Von der Strategie zur methodischen Umsetzung. In: Baumöl, U.; Österle H.; Winter, R. (Hrsg.): Business Engineering in der Praxis. Berlin – Heidelberg 2005, S. 379-400.

BERGMANN (2002)

Bergmann, R.: Experience Management – Foundations, Development Methodology, and Internet-Based Applications. Berlin – Heidelberg 2002.

BERGMANN/ALTHOFF/BREEN et al. (2003)

Bergmann, R.; Althoff, K.-D.; Breen, S.; Göker, M.; Manago, M.; Traphöner, R.; Wess, S.: Developing Industrial Case-Based Reasoning Applications – The INRECA Methodology. 2. Aufl., Berlin – Heidelberg 2003.

BERGMANN/MOUGOUIE (2006a)

Bergmann, R.; Mougouie, B.: Finding Similar Deductive Consequences – A New Search-Based Framework for Unified Reasoning from Cases and General Knowledge. In: Roth-Berghofer, T. R.; Göker, M. H.; Güvenir, H. A. (eds.): Advances in Case-Based Reasoning. 8th European Conference, ECCBR 2006, Fethiye, Turkey, September 4-7, 2006, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2006, S. 271-285.

BERGMANN/KOLONDER/PLAZA (2006b)

Bergmann, R.; Kolodner, J.; Plaza, E.: Representation in case-based reasoning. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 209-213.

BERGMANN/ALTHOFF/MINOR et al. (2009)

Bergmann, R.; Althoff, K.-D.; Minor, M.; Reichle, M.; Bach, K.: Case-Based Reasoning – Introduction and Recent Developments. In: Künstliche Intelligenz, Vol. 23 (2009), No. 1, S. 5-11.

BIERER (2008)

Bierer, A.: Qualitätsmessung und -steuerung Fallbasierter Systeme am Beispiel eines Fallbasierten Systems im Angebotsengineering. Dissertation, Technische Universität Chemnitz 2008. Im Internet unter: http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/5732/data/Diss_bierer_monarch.pdf, Zugriff erfolgte am 14.10.2010.

BODENDORF (2006)

Bodendorf, F.: Daten- und Wissensmanagement. 2. Aufl., Berlin – Heidelberg 2006.

BOGAERTS/LEAKE (2005)

Bogaerts, S.; Leake, D.: IUCBRF – A Framework for Rapid and Modular Case-Based Reasoning System Development. Technischer Report Nr. 617, Universität Indiana 2005. Im Internet unter: <http://www.cs.indiana.edu/~sbogaert/GBR/IUCBRF.pdf>, Zugriff erfolgte am 25.10.2010.

BRÜNINGHAUS/ASHLEY (2001)

Brüninghaus, S.; Ashley, K. D.: The Role of Information Extraction for Textual CBR. In: Aha, D. W.; Watson, I. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development. 4th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2001, Vancouver, BC, Canada, July 30-August 2, 2001, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2001, S. 74-89.

BUSCHER/WELS/FRAKE (2010)

Buscher, U.; Wels, A.; Franke, R.: Kritische Analyse der Eignung des Fuzzy-AHP zur Lieferantenauswahl. In: Bogaschewsky, R.; Eßig, M.; Lasch, R.; Stölzle, W. (Hrsg.): Supply Management Research – Aktuelle Forschungsergebnisse 2010. Wiesbaden 2010, S. 27-60.

CAMPANA/TOMBROS (2009)

Campana, M.; Tombros, A.: Incremental Personalised Summarisation with Novelty Detection. In: Andreasen, T.; Yager, R. R.; Bulskov, H.; Christiansen, H.; Larsen, H. L. (eds.): Flexible Query Answering Systems. 8th International Conference, FQAS 2009, Roskilde, Denmark, October 26-28, 2009, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2009, S. 641-652.

CHEETHAM/SHIU/WEBER (2006)

Cheetham, W.; Shiu, S.; Weber, R. O.: Soft case-based reasoning. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 267-269.

CHISEL GROUP (2008)

The Chisel Group: Jambalya. The Chisel Group, Universität Victoria 2008. Im Internet unter: <http://www.thechiselgroup.org/jambalaya>, Zugriff erfolgte am 03.03.2010.

CLAUSEN/HESSE (2008)

Clausen, U.; Hesse, K.: Entsorgung und Kreislaufwirtschaft. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg 2008, S. 487-523.

COULON (1997)

Coulon, C.-H.: Strukturorientiertes fallbasiertes Schließen. Dissertation, Bauhaus Universität Weimar 1997. Im Internet unter: <http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2004/26/pdf/Coulon.pdf>, Zugriff erfolgte am 30.08.2010.

DELANY (2009)

Delany, S. J.: The Good, the Bad and the Incorrectly Classified – Profiling Cases for Case-Base Editing. In: McGinty, L.; Wilson, D. C. (eds.): Case-Based Reasoning – Research and Development. 8th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2009, Seattle, WA, USA, July 20-23, 2009, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2009, S. 135-149.

DENK (1956)

Denk, F.: Signifik und Heuristik. In: Synthese, Vol. 10 (1956), No. 1, S. 102-107.

DFKI GMBH (2010)

DFKI GmbH: myCBR. DFKI GmbH, 2010. Im Internet unter: <http://mycbr-project.net/index.html>, Zugriff erfolgte am 27.11.2010.

DIAZ-AGUDO/GONZALES-CALERO/RECIO-GARCIA et al. (2007)

Diaz-Agudo, B.; Gonzales-Calero, P. A.; Recio-Garcia, J. A.; Sanchez-Ruiz-Granados, A. A.: Building CBR systems with jCOLIBRI. In: Science of Computer Programming, Vol. 69 (2007), No. 1-3, S. 68-75.

ECLIPSE FOUNDATION (2010)

The Eclipse Foundation: Eclipse IDE for Java Developers. Im Internet unter: <http://www.eclipse.org/downloads/packages/eclipse-ide-java-developers/heliossr2>, Zugriff erfolgte am 30.12.2010.

EßIG (2008)

Eßig, M.: Vertikale Kooperationen in der Logistik. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg 2008, S. 981-990.

FAZLOLLAHTABAR/MADAVI/ASHOORI et al. (2011)

Fazlollahtabar, H.; Mahdavi, I.; Ashoori, M. T.; Kaviani, S.; Mahdavi-Amiri, N.: A multi-objective decision-making process of supplier selection and order allocation for multi-period scheduling in an electronic market. In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 52 (2011), No. 9-12, S. 1039-1052.

FINK/SCHNEIDEREIT/VOß (2005)

Fink, A.; Schneidereit, G.; Voß, S.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. 2. Aufl., Heidelberg 2005.

FLEISCHMANN (2008)

Fleischmann, B.: Grundlagen: Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg 2008, S. 3-12.

FREUDENTHALER (2008)

Freudenthaler, B.: Case-based reasoning (CBR) – Grundlagen und ausgewählte Anwendungsgebiete des fallbasierten Schließens. Saarbrücken 2008.

GAIA (2009)

GAIA – Group for Artificial Intelligence Applications: jCOLIBRI CBR Framework. Departments of Software Engineering, Universität Complutense Madrid 2009. Im Internet unter: <http://gaia.fdi.ucm.es/grupo/projects/jcolibri/>, Zugriff erfolgte am 13.12.2010.

GÖKER/HOWLETT/PRICE (2006)

Göker, M. H.; Howlett, R. J.; Price, J. E.: Case-based reasoning for diagnosis applications. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 277-281.

GUDEHUS (2010)

Gudehus, T.: Logistik – Grundlagen – Strategien – Anwendungen. 4. Aufl., Heidelberg et al. 2010.

GUGGENBERGER (2010)

Guggenberger, J. M.: Aufbau und Ablauf einer IT-Integration – Phasenmodell und Vorgehenskonzept unter Berücksichtigung spezifischer rechtlicher Aspekte. Dissertation, Universität Hamburg. Wiesbaden 2010.

HEFKE/ABECKER (2006)

Hefke, M.; Abecker, A.: A CBR-Based Approach for Supporting Consulting Agencies in Successfully Accompanying a Customer's Introduction of Knowledge Management. In: Roth-Berghofer, T. R.; Göker, M. H.; Güvenir, H. A. (eds.): Advances in Case-Based Reasoning – 8th European Conference, ECCBR 2006, Fethiye, Turkey, September 4-7, 2006, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2006, S. 534-548.

HELMIS/HOLLMANN (2009)

Helmis, S.; Hollmann, R.: Webbasierte Datenintegration – Ansätze zur Messung und Sicherung der Informationsqualität in heterogenen Datenbeständen unter Verwendung eines vollständig webbasierten Werkzeuges. Wiesbaden 2009.

HOFMANN (2009)

Hofmann, M.: Fallbasierte Speicherung und Wiederverwendung von Erfahrungswissen über die prozessbezogene Implementierung von Services in SAP® Enterprise-SOA. Dissertation, Technische Universität Chemnitz 2009. Im Internet unter: www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/5829/data/diss_hofmann_monarch.pdf, Zugriff erfolgte am 23.08.2010.

HOXHA/SCHEUERMANN/BLOEHDORN (2010)

Hoxha, J.; Scheuermann, A.; Bloehdorn, S.: An Approach to Formal and Semantic Representation of Logistics Services. In: Schill, K.; Scholz-Reiter, B.; Frommberger, L. (eds.): Artificial Intelligence and Logistics (AILOG-2010. 19th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI), Workshop at ECAI 2010, Lisbon, Portugal, August 17, 2010, Proceedings. Bremen 2010, S. 73-78.

IGLEZAKIS/REINARTZ/ROTH-BERGHOFFER (2004)

Iglezakis, I.; Reinartz, T.; Roth-Berghofer, T. R.: Maintenance Memories: Beyond Concepts and Techniques for Case Base Maintenance. In: Funk, P.; Gonzales Calero, P. A. (eds.): Advances in Case-Based Reasoning. 7th European Conference, ECCBR 2004, Madrid, Spain, August 30 - September 2, 2004, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2004, S. 227-241.

KATZ (2010)

Katz, T.: Ein Beitrag zur Bewertung von Maßnahmen zur CO₂-Abscheidung und Speicherung unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2010. Im Internet unter: <http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2010/3308/>, Zugriff erfolgte am: 10.11.2010.

KOLODNER (1983)

Kolodner, J. L.: Reconstructive Memory: A Computer Model. In: Cognitive Science, Vol. 7 (1983), No. 4, S. 281-328.

KOLODNER (1992)

Kolodner J. L.: An Introduction to Case-Based Reasoning. In: Artificial Intelligence Review, Vol. 6 (1992), No. 1, S. 3-34.

KOLODNER (1993)

Kolodner, J. L.: Case-Based Reasoning. San Mateo 1993.

KOVACEVIC (2011)

Kovacevic, H.: State-of-the-art von CBR-Tools und deren Einsatz in internationalen Supply Chains. Diplomarbeit am Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement der Universität Duisburg-Essen. Unveröffentlichte Qualifizierungsarbeit: Essen 2011.

KOYUNCU (2009)

Koyuncu, M.: Fuzzy Querying in Intelligent Information Systems. In: Andreasen, T.; Yager, R. R.; Bulskov, H.; Christiansen, H.; Larsen, H. L. (eds.): Flexible Query Answering Systems – 8th International Conference, FQAS 2009, Roskilde, Denmark, October 26-28, 2009, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2009, S. 536-547.

KURBALIJA/BUDIAC (2008)

Kurbalija, V.; Budimac, Z.: Case-Based Reasoning Framework For Generating Decision Support Systems. In: Novi Sad Journal of Mathematics, Vol. 38 (2008), No. 1, S. 219-226.

LASSMANN/SCHWARZER/ROGGE et al. (2006)

Lassmann W. (Hrsg.); Schwarzer J.; Rogge R.; Ehrenberg, D.; Kaftan, H.-J.; Jedlitzke, M.; Sprengel, C.; Wunder, A.; Schmidt, T.; Lassmann A.: Wirtschaftsinformatik – Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Wiesbaden 2006.

LEAKE (1996)

Leake, D. B.: CBR in Context: The Present and Future. In: Leake, D. B. (ed.): Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons, and Future Directions. Menlo Park 1996, S. 1-30.

LEAKE/POWELL (2008)

Leake, D.; Powell, J.: Knowledge Planning and Learned Personalization for Web-Based Case Adaptation. In: Althoff, K.-D.; Bergmann, R.; Minor, M.; Hanft, A. (eds.): Advances in Case-Based Reasoning. 9th European Conference, ECCBR 2008, Trier, Germany, September 1-4, 2008, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2008, S. 284-289.

LEAKE/POWELL (2010)

Leake, D.; Powell, J.: A General Introspective Reasoning Approach to Web Search for Case Adaptation. In: Bichindaritz, I.; Montani, S. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development. 18th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2010, Alessandria, Italy, July 19-22, 2010, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2010, S. 186-200.

LENZ (1999)

Lenz, M.: Case Retrieval Nets as a Model for Building Flexible Information Systems. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin 1999. Im Internet unter: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/informatik/lenz-mario/PDF/Lenz.pdf>, Zugriff erfolgte am 29.11.2010.

LIAO (2004)

Liao, W. T.: An investigation of a hybrid CBR method for failure mechanisms identification. In: Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 17 (2004), No. 1, S. 123-134.

LIAO (2005)

Liao, S.-H.: Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004. In: Expert Systems with Applications, Vol. 28 (2005), No. 1, S. 93-103.

LOPEZ DE MANTARAS/PLAZA (1997)

Lopez de Mantaras, R.; Plaza, E.: Case-Based Reasoning: an overview. In: AI Communications, Vol. 10 (1997), No. 1, S. 21-29.

LOPEZ DE MANATARAS/MCShERRY/BRIDGE et al. (2006)

Lopez de Mantaras, R.; McSherry, D.; Bridge, D.; Leake, D.; Smyth, B.; Craw, S.; Faltings, B.; Maher, M. L.; Cox, M. T.; Forbus, K.; Keane, M.; Aamodt, A.; Watson, I.: Retrieval, reuse, revision, and retention in case-based reasoning. In: *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 215-240.

MAZURAN/QUINTARELLI/TANCA (2009)

Mazuran, M.; Quintarelli, E.; Tanca, L.: Mining Tree-Based Frequent Patterns from XML. In: Andreasen, T.; Yager, R. R.; Bulskov, H.; Christiansen, H.; Larsen, H. L. (eds.): *Flexible Query Answering Systems. 8th International Conference, FQAS 2009, Roskilde, Denmark, October 26-28, 2009, Proceedings*. Berlin – Heidelberg 2009, S. 287-299.

MCShERRY/HASSAN/BUSTARD (2008)

McSherry, D.; Hassan, S.; Bustard, D.: Conversational Case-Based Reasoning in Self-healing and Recovery. In: Althoff, K.-D.; Bergmann, R.; Minor, M.; Hanft, A.: *Advances in Case-Based Reasoning. 9th European Conference, ECCBR 2008, Trier, Germany, September 1-4, 2008, Proceedings*. Berlin – Heidelberg 2008, S. 340-354.

MEIXNER/HAAS (2002)

Meixner, O.; Haas, R.: *Computergestützte Entscheidungsfindung – Expert Choice und AHP – innovative Werkzeuge zur Lösung komplexer Probleme*. Frankfurt am Main – Wien 2002.

MINOR (2006)

Minor, M.: *Erfahrungsmanagement mit fallbasierten Assistenzsystemen – Prozesse, Konzepte und Anwendungsbeispiele in einem ganzheitlichen Rahmenwerk*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin 2006. Im Internet unter: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/minor-mirjam-2006-05-18/PDF/minor.pdf>, Zugriff erfolgte am 03.09.2010.

MONTANI/ANGLANO (2006)

Montani, S.; Anglano, C.: Case-Based Reasoning for Autonomous Service Failure Diagnosis and Remediation in Software Systems. In: Roth-Berghofer, T. R.; Göker, M. H.; Güvenir, H. A. (eds.): *Advances in Case-Based Reasoning. 8th European Conference, ECCBR 2006, Fethiye, Turkey, September 4-7, 2006, Proceedings*. Berlin – Heidelberg 2006, S. 489-503.

MUSTAFARAJ (2007)

Mustafaraj, E.: *Knowledge Extraction and Summarization for Textual Case-Based Reasoning – A Probabilistic Task Content Modeling Approach*. Dissertation, Philipps-Universität Marburg 2007. Im Internet unter: <http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2007/0481/pdf/dem.pdf>, Zugriff erfolgte am 30.10.2010.

ONTANON/PLAZA/AMALGAMS (2010)

Ontanon S.; Plaza, E.: Amalgams: A Formal Approach for Combining Multiple Case Solutions. In: Bichindaritz, I.; Montani, S. (eds.): *Case-Based Reasoning – Research and Development. 18th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2010, Alessandria, Italy, July 19-22, 2010, Proceedings*. Berlin – Heidelberg 2010, S. 257-271.

PAL/Shiu (2004)

Pal, S. K.; Shiu, S. C. K.: *Foundations of Soft Case-Based Reasoning*. Hoboken 2004.

PETERS/SCHÜTTE/ZELEWSKI (2006)

Peters, M. L.; Schütte, R.; Zelewski, S.: Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse mithilfe des Analytic Hierarchy Process (AHP) unter Berücksichtigung des Wissensmanagements zur Beurteilung von Filialen eines Handelsunternehmens. Arbeitsbericht Nr. 30, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen. Essen 2006. Im Internet unter: http://www.pim.wiwi.uni-due.de/uploads/tx_itochairt3/publications/Arbeitsbericht_nr_30_AHP_Handelsunternehmen.pdf, Zugriff erfolgte am 13.12.2010.

POLICASTRO/CARVALHO/DELBEM (2008)

Policastro, C. A.; Carvalho, A. C. P. L. F.; Delbem, A. C. B.: A hybrid case adaptation approach for case-based reasoning. In: Applied Intelligence, Vol. 28 (2008), No. 2, S. 101-119.

PORSCHEN (2008)

Porschen, S.: Austausch impliziten Erfahrungswissens – Neue Perspektiven für das Wissensmanagement. Wiesbaden 2008.

PRASATH/OZTÜRK (2010)

Prasath, R. R.; Oztürk, P.: Similarity Assessment through blocking and affordance assignment in Textual CBR. In: Marling, C. (ed.): ICCBR 2010. 18th International Conference on Case-Based Reasoning, Workshop Proceedings, Alessandria, Italy, July 19–22, 2010. Alessandria 2010, S. 150-160. Im Internet unter: <http://www.di.unipmn.it/TechnicalReports/TR-INF-2010-06-03-UNIPMN.pdf>, Zugriff erfolgte am 25.01.2011.

PRENTZAS/HATZILYGEROUDIS (2007)

Prentzas, J.; Hatzilygeroudis I.: Categorizing approaches combining rule-based and case-based reasoning. In: Expert Systems, Vol. 24 (2007), No. 2, S. 97-122.

PROBST/RAUB/ROMHARDT (2010)

Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen – Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 6. Aufl., Wiesbaden 2010.

RAGHUNANDAN/CHAKRABORTI/KHEMNAI (2009)

Raghunandan, M. A.; Chakraborti, S.; Khemnai, D.: Robust Measures of Complexity in TCBR. In: McGinty, L.; Wilson, D. C. (eds.): Case-Based Reasoning – Research and Development. 8th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2009, Seattle, WA, USA, July 20-23, 2009, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2009, S. 270-284.

RECIO-GARCIA/DIAZ-AGUDO/GOMEZ-MARTIN (2005)

Recio-Garcia, J. A.; Diaz-Agudo, B.; Gomez-Martin, M. A.: Extending jCOLIBRI for Textual CBR. In: Munoz-Avila, H.; Ricci, F. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development. 6th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2005, Chicago, IL, USA, August 23-26, 2005, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2005, S. 421-435.

RECIO-GARCIA/DIAZ-AGUDO/BELEN et al. (2010)

Recio-Garcia, J. A.; Diaz-Agudo, Belen; Sanchez-Ruiz, Antonio A.; Gonzalez-Calero, P. A.: Lessons Learnt in the Development of a CBR Framework. In: Expert Update, Vol. 10 (2010), No.1, S. 9-16. Im Internet unter: <http://expertupdate.org/papers/10-1/2.pdf>, Zugriff erfolgte am 21.10.2010.

REICHENBERGER (2010)

Reichenberger, K.: Kompendium semantische Netze – Konzepte, Technologie, Modellierung. Berlin – Heidelberg 2010

RICHTER (2003)

Richter, M. M.: Fallbasiertes Schließen – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. In: Informatik-Spektrum, Vol. 26 (2006), No. 3, S. 180-190.

RICKMANN (2001)

Rieckmann, J.: Entwicklung einer Reportingplattform als entscheidungsunterstützendes System. – Ein komponentenbasierter Ansatz. Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus 2001. Im Internet unter: http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2007/89/pdf/diss_rieckmann.pdf, Zugriff erfolgte am 31.10.2010.

RIEDL (2006)

Riedl, R.: Analytischer Hierarchieprozess vs. Nutzwertanalyse: Eine vergleichende Gegenüberstellung zweier multiattributiver Auswahlverfahren am Beispiel Application Service Providing. In: Fink, K.; Polder, C. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik als Schlüssel zum Unternehmenserfolg. Wiesbaden 2006, S. 99-127.

ROTH-BERGHOFER/ADRIAN/DENGEL (2010)

Roth-Berghofer, T.; Adrian, B.; Dengel, A.: Case Acquisition from Text: Ontology-Based Information Extraction with SCOOBIE for myCBR. In: Bichindaritz, I.; Montani, S. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development. 18th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2010, Alessandria, Italy, July 19-22, 2010, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2010, S. 451-464.

SAATY/RAMANUJMAM (1983)

Saaty, T. L.; Ramanujam, V.: An objective approach to faculty promotion and tenure by the Analytic Hierarchy Process. In: Research in Higher Education, Vol. 18 (1983), S. 311-331.

SAATY (1990)

Saaty T. L.: How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. In: European Journal of Operational Research, Vol. 48 (1990), No. 1, S. 9-26.

SAATY (2001)

Saaty, T. L.: Decision Making with Dependence and Feedback – The Analytic Network Process. 2. Aufl., Pittsburgh 2001.

SAATY (2004)

Saaty, T. L.: Decision Making – The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). In: Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 13 (2004), No. 1, S. 1-35.

SAATY (2008)

Saaty T. L.: Decision making with the analytic hierarchy process. In: International Journal of Service Sciences, Vol. 1 (2008), No. 1, S. 83-98. Im Internet unter: <http://www.inderscience.com/storage/f101192124863175.pdf>, Zugriff erfolgte am 12.01.2011.

SAATY/SODENKAMP (2010)

Saaty, T. L.; Sodenkamp, M.: The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: The Measurement of Intangibles – Decision Making under Benefits, Opportunities, Costs and Risks. In: Zopounidis C.; Pardalos, P. M. (eds.): Handbook of Multicriteria Analysis – Applied Optimization Vol. 103. Berlin – Heidelberg 2010, S. 91-166.

SCHICKER (2008)

Schicker, G.: Koordination und Controlling in Praxisnetzen mithilfe einer prozessbasierten E-Service-Logistik. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg. Wiesbaden 2008.

SCHMIDT (2010)

Schmidt, W.: Management von Anwendungssystemen. In: Hofmann, J.; Schmidt, W. (Hrsg.): Masterkurs IT-Management. Wiesbaden 2010, S. 225-286.

SCHMITTING (1999)

Schmitting, W.: Das Traveling-Salesman-Problem: Anwendungen und heuristische Nutzung von Voronoi-/Delaunay-Strukturen zur Lösung euklidischer, zweidimensionaler Traveling-Salesman-Probleme. Dissertation, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 1999. Im Internet unter: http://deposit.dnb.de/cgi-bin/dokserv?idn=960608176&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=960608176.pdf, Zugriff erfolgte am 26.01.2011.

SCHOEBEL (2008)

Schoebel, D.: Multikriterielle Gestaltung von pharmazeutischen Wirkstoffanlagen. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum. Wiesbaden 2008.

SCHOLL (2008)

Scholl, A.: Optimierungsansätze zur Planung logistischer Systeme und Prozesse. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg 2008, S. 43-57.

SCHOLZ-REITER/TOONEN/WINDT (2008)

Scholz-Reiter, B.; Toonen, C.; Windt, K.: Logistikdienstleistungen. In: Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin – Heidelberg 2008, S. 581-607.

SCHULZE (2001)

Schulze, D.: Grundlagen der wissensbasierten Konstruktion von Modellen betrieblicher Systeme. Dissertation, Universität Bamberg. Aachen 2001.

SHARMA/MOON/BAE (2008)

Sharma, M. J.; Moon, I.; Bae, H.: Analytic hierarchy process to assess and optimize distribution network. In: Applied Mathematics and Computation, Vol. 202 (2008), No. 1, S. 256-265.

SHAHRI/JAMIL (2009)

Shahri, S. H.; Jamil, H.: An Extendable Meta-learning Algorithm for Ontology Mapping. In: Andreassen, T.; Yager, R. R.; Bulskov, H.; Christiansen, H.; Larsen, H. L. (eds.): Flexible Query Answering Systems – 8th International Conference, FQAS 2009, Roskilde, Denmark, October 26-28, 2009, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2009, S. 418-430.

SOYLU/CAUSMAECKER/DESMET (2009)

Soylu, A.; Causmaecker, P. De; Desmet, P.: Context and Adaptivity in Pervasive Computing Environments: Links with Software Engineering and Ontological Engineering. In: Journal of Software, Vol. 4 (2009), No. 9, S. 992-1013. Im Internet unter: <http://www.academypublisher.com/ojs/index.php/jsw/article/download/04099921013/1431>, Zugriff erfolgte am 10.12.2010.

SPASIC/ANANIADOU/TSUJII (2005)

Spasic, I.; Ananiadou, S.; Tsujii, J.: MaSTerClass: a case-based reasoning system for the classification of biomedical terms. In: *Bioinformatics*, Vol. 21 (2005), No. 11, S. 2745-2758. Im Internet unter: <http://pubget.com/paper/15728115#>, Zugriff erfolgte am 02.11.2010.

SPINDLER (2008)

Spindler, G.: Anreize zum Verschenken – Open Source, Open Access, Creative Commons und Wikipedia als Phänomene neuer Geschäfts- und Informationsmodelle: Erste Annäherungen. In: Eger, T.; Bigus, J.; Ott, C.; Wangenheim, G. v. (eds.): *Internationalisierung des Rechts und seine ökonomische Analyse – Internationalization of the Law and its Economic Analysis – Festschrift für Hans-Bernd Schäfer zum 65. Geburtstag*. Wiesbaden 2008, S. 89-102.

STAAB (2002)

Staab, S.: Wissensmanagement mit Ontologien und Metadaten. In: *Informatik-Spektrum*, Vol. 25 (2002), No. 3, S. 194-209.

STAHL (2003)

Stahl, A.: Learning of Knowledge-Intensive Similarity Measures in Case-Based Reasoning. Dissertation, Universität Kaiserslautern 2003. Im Internet unter: <http://www.dfki.uni-kl.de/~stahl/papers/diss.pdf>, Zugriff erfolgte am 29.12.2010.

STAHL (2004)

Stahl, A.: Lernen von Wissensintensiven Ähnlichkeitsmaßen im Case-Based Reasoning. In: *Künstliche Intelligenz*, Vol. 18 (2004), No. 3, S. 69-71.

STAHL (2007)

Stahl, A.: Retrieving Relevant Experiences. In: *Künstliche Intelligenz*, Vol. 21 (2007), No. 4, S. 30-33.

STAHL/ROTH-BERGHOFER (2008)

Stahl, A.; Roth-Berghofer, T. R.: Rapid Prototyping of CBR Applications with the Open Source Tool myCBR. In: Althoff, K.-D.; Bergmann, R.; Minor, M.; Hanft, A.: *Advances in Case-Based Reasoning. 9th European Conference, ECCBR 2008, Trier, Germany, September 1-4, 2008, Proceedings*. Berlin – Heidelberg 2008, S. 615-629.

STANFORD CENTER FOR BIOMEDICAL INFORMATICS RESEARCH (2011)

Stanford Center for Biomedical Informatics Research: download protégé. Stanford Center for Biomedical Informatics Research, 2011. Im Internet unter: <http://protege.stanford.edu/download/registered.html#p3>, Zugriff erfolgte am 27.11.2010.

STREIM (1975)

Streim, H.: Heuristische Lösungsverfahren – Versuch einer Begriffserklärung. In: *Zeitschrift für Operations Research*, Vol. 19 (1975), No. 5, S. 143-162.

SUN/FINNIE (2004)

Sun, Z.; Finnie, G. R.: Intelligent Techniques in E-Commerce – A Case Based Reasoning Perspective. Berlin – Heidelberg 2004.

SURMA (2010)

Surma, J.: Case Based Reasoning for Supporting Strategy Decision Making in Small and Medium Enterprises. In: Montani, S.; Jain, L. C. (eds.): *Successful Case-Based Reasoning Applications – 1*. Berlin – Heidelberg 2010, S. 83-96.

VARMA (2001)

Varma, A.: Managing diagnostic knowledge in text cases. In: Aha, D. W.; Watson, I. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development. 4th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2001, Vancouver, BC, Canada, July 30-August 2, 2001, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2001, S. 622-633.

VARMA/AGGOUR/BONISSONE (2005)

Varma, A.; Aggour, K. S.; Bonissone, P. P.: Selecting the Best Units in a Fleet: Performance Prediction from Equipment Peers. In: Munoz-Avila, H.; Ricci, F. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development – 6th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2005, Chicago, IL, USA, August 23-26, 2005, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2005, S. 595-609.

VÖLKER/SAUER/SIMON (2007)

Völker, R.; Sauer, S.; Simon, M.: Wissensmanagement im Innovationsprozess. Heidelberg 2007.

VON BUSSE (2002)

von Busse, C.: Verträge über Freeware und Shareware. Juristische Reihe TENEA, Vol. 3. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster 2002. Berlin 2002. In Internet unter: http://www.jurawelt.com/sunrise/media/mediafiles/13834/tenea_juraweltbd3.pdf, Zugriff erfolgte am 10.12.2010.

VOSKOGLOU (2010)

Voskoglou, M. G.: A Fuzzy Representation of CBR Systems. In: Mastorakis, N. E.; Mladenov, V.; Bojkovic, Z. (eds.): LATEST TRENDS on SYSTEMS (Volume I). 14th WSEAS International Conference on SYSTEMS (Part of the 14th WSEAS CSCC Multiconference), (Volume I) Corfu Island, Greece, July 22-24, 2010, S. 48-53. Im Internet unter: <http://www.wseas.us/elibrary/conferences/2010/Corfu/SYSTEMS/SYSTEMS1-03.pdf>, Zugriff erfolgte am 25.01.2011.

WATSON (1997)

Watson, I.: Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems. San Francisco 1997.

WEBER (o.J.)

Weber, B.: Profilsseite. Quality Engineering Research Group, Universität Innsbruck o. J. Im Internet unter: http://www.cbrflow.org/index.php?option=com_qcontacts&view=contact&id=7%3Abarbara-weber&catid=48%3Aqe&Itemid=58, Zugriff erfolgte am 26.12.2010.

WEBER/WILD/BREU (2004)

Weber, B.; Wild, W.; Breu, R.: CBRFlow: Enabling Adaptive Workflow Management through Conversational Case-Based Reasoning. In: Funk, P.; Gonzales Calero, P. A. (eds.): Advances in Case-Based Reasoning. 7th European Conference, ECCBR 2004, Madrid, Spain, August 30 - September 2, 2004, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2004, S. 434-448.

WEBER/ASHLEY/BRÜNINGHAUS (2006)

Weber, R. O.; Ashley, K. D.; Brüninghaus, S.: Textual case-based reasoning. In: The Knowledge Engineering Review, Vol. 20 (2006), No. 3, S. 255-260.

WEBER/REICHERT/RINDERLE-MA et al. (2009)

Weber, B.; Reichert, M.; Rinderle-Ma, S.; Wild, W.: Providing integrated life cycle support in process-aware information systems. Online-Veröffentlichung, S. 1-47. Im Internet unter: http://dbis.eprints.uni-ulm.de/269/1/IJCIS_Web.pdf, Zugriff erfolgte am 05.01.2011.

WENGER (2010)

Wenger, W.: Multikriterielle Tourenplanung. Dissertation, Universität Hohenheim. Wiesbaden 2010.

WIECZORREK/MERTENES (2011)

Wieczorrek, H. W.; Mertens, P.: Management von IT-Projekten – Von der Planung zur Realisierung. 4. Aufl., Berlin – Heidelberg 2011.

WILSON (2001)

Wilson, D. C.: Case-Base Maintenance – The Husbandry of Experience. Dissertation, Universität Indiana, 2001. Im Internet unter: <http://www.cs.indiana.edu/~leake/papers/d-01-01.pdf>, Zugriff erfolgte am 10.12.2010.

ZHOU/SHI/ZHAO (2010)

Zhou, X.; Shi, Z.; Zhao, H.: Reexamination of CBR Hypothesis. In: Bichindaritz, I.; Montani, S. (eds.): Case-Based Reasoning Research and Development. 18th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2010, Alessandria, Italy, July 19-22, 2010, Proceedings. Berlin – Heidelberg 2010, S. 332-345.

6 Anhang 1:

Tabellen zur Berechnung des Eigenwertes λ_{\max} :

Durchschnittsmatrix Benutzerfreundlichkeit

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums Benutzerfreundlichkeit					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,4656	0,3272	0,5146	0,6167	1,9241	4,1325
CBRFlow	0,0776	0,0545	0,0429	0,0440	0,2191	4,0175
jCOLIBRI	0,1552	0,2181	0,1715	0,1542	0,6990	4,0750
myCBR	0,2328	0,3817	0,3431	0,3083	1,2659	4,1054

Durchschnittsmatrix Ähnlichkeitsmessung

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums Ähnlichkeitsmessung					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,1224	0,1875	0,1169	0,0726	0,4994	4,0786
CBRFlow	0,0306	0,0469	0,0668	0,0454	0,1897	4,0470
jCOLIBRI	0,4898	0,3280	0,4675	0,7264	2,0117	4,3030
myCBR	0,6122	0,3749	0,2338	0,3632	1,5841	4,3617

Durchschnittsmatrix Lern- und Adaptionfähigkeit der Falldatenbank

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums Lern- und Adaptionfähigkeit der Fallbasis					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,0834	0,1318	0,0720	0,0494	0,3366	4,0366
CBRFlow	0,0278	0,0439	0,0640	0,0423	0,1781	4,0548
jCOLIBRI	0,6671	0,3953	0,5763	0,8893	2,5279	4,3868
myCBR	0,5003	0,3074	0,1921	0,2964	1,2963	4,3729

Durchschnittsmatrix Ontologie- und Wissensdarstellung

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums „Ontologie- und Wissensdarstellung“					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,0941	0,1593	0,0641	0,0666	0,3840	4,0815
CBRFlow	0,0314	0,0531	0,0534	0,0761	0,2139	4,0288
jCOLIBRI	0,4704	0,3186	0,3204	0,2662	1,3756	4,2934
myCBR	0,7527	0,3717	0,6408	0,5324	2,2976	4,3155

Durchschnittsmatrix Berücksichtigung qualitativer Aspekte

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums „Berücksichtigung qualitativer Aspekte“					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,0859	0,1073	0,0692	0,0834	0,3458	4,0268
CBRFlow	0,0429	0,0537	0,0461	0,0729	0,2157	4,0198
jCOLIBRI	0,3435	0,3219	0,2769	0,1945	1,1368	4,1058
myCBR	0,6011	0,4293	0,8307	0,5836	2,4446	4,1888

Durchschnittsmatrix Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums „Umgang mit Texten und halbstrukturierten Fällen“					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,0524	0,0379	0,0749	0,0491	0,2144	4,0892
CBRFlow	0,2097	0,1515	0,1499	0,0983	0,6094	4,0221
jCOLIBRI	0,4194	0,6060	0,5995	0,9829	2,6078	4,3500
myCBR	0,2097	0,3030	0,1199	0,1966	0,8292	4,2183

Durchschnittsmatrix interne Faktoren

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums „interne Faktoren“					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,5779	0,3786	0,6999	0,7917	2,4481	4,2364
CBRFlow	0,1156	0,0757	0,0583	0,0565	0,3062	4,0432
jCOLIBRI	0,1926	0,3029	0,2333	0,2262	0,9550	4,0936
myCBR	0,0826	0,1515	0,1166	0,1131	0,4638	4,1004

Durchschnittsmatrix externe Faktoren

	Durchschnittsmatrix des Kriteriums „externe Faktoren“					
<u>CBR-Tools</u>	AIAI CBR-Shell	CBRFlow	jCOLIBRI	myCBR	\bar{r}_i	λ_i
AIAI	0,0518	0,0401	0,0767	0,0424	0,2110	4,0726
CBRFlow	0,1036	0,0801	0,0877	0,0508	0,3222	4,0223
jCOLIBRI	0,4144	0,5608	0,6139	1,2708	2,8599	4,6584
myCBR	0,3108	0,4006	0,1228	0,2542	1,0883	4,2820

Autoren:

Dipl.-Inf. Martin Kowalski

Universität Duisburg-Essen,
Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanagement

E-Mail: martin.kowalski@pim.uni-due.de

Dipl.-Kfm. B. Sc. Mediacal Management Hadet Kovacevic

E-Mail: Hadet.Kovacevic@stud.uni-due.de

Impressum:

Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanagement
Universität Duisburg-Essen, Campus Essen
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, 45141 Essen
Website (Institut PIM): www.pim.wiwi.uni-due.de
Website (Projekt OrGoLo):
<http://www.orgolo.wiwi.uni-due.de/>

ISSN: 1866-9255



Das Verbundprojekt Organisatorische Innovationen mit Good Governance in Logistik-Netzwerken (OrGoLo) wird im Rahmen des Spitzenclusters „EffizienzCluster LogistikRuhr“ mit Finanzmitteln des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen: 01IC10L20A) und vom Projektträger im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Softwaresysteme und Wissenstechnologien (PT-SW) begleitet. Die Projektpartner danken für die großzügige Unterstützung ihrer Forschungs- und Transferarbeiten.

Partner des Verbundprojekts:

admoVa Consulting GmbH
bdf consultants GmbH
DST – Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.
Duisburger Hafen AG
Lufapak GmbH
relamedia GmbH
SimulationsDienstleistungsZentrum SDZ GmbH
TraffGo HT GmbH
Universität Duisburg-Essen, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement
Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Operations Management
Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Transportsysteme und -logistik – Professur für Technische Logistik
w3logistics AG



Universität Duisburg-Essen – Campus Essen
Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

Projektberichte des Verbundprojekts OrGoLo

ISSN 1866-9255

- Nr. 1 Zelewski, S.: Überblick über das Verbundprojekt OrGoLo – Organisatorische Innovationen mit Good Governance in Logistik-Netzwerken. Essen 2011.
- Nr. 2 Kowalski, M.: Lastenheft für ein prototypisches Software-Tool zur Unterstützung des Case-based Reasonings (CBR-Tool). Essen 2011.
- Nr. 3 Noche, B.; Robles, M.; Heap, S.: Technische Rahmenbedingungen zur Gestaltung globaler Logistiknetze. Essen 2011.
- Nr. 4 Lautenschläger, H.: Gestaltung globaler Logistiknetze mit dezentralen Kompetenzen. Essen. 2011.
- Nr. 5 Lautenschläger, H.: Innovative Instrumente zur Gestaltung globaler Logistiknetze. Essen 2011.
- Nr. 6 Lautenschläger, M.: Rechtliche Rahmenbedingungen für die Gestaltung globaler Logistiknetze. Essen 2011.
- Nr. 7 Leisten, R.; Heap, S.: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen zur Gestaltung globaler Logistiknetze. Essen 2011.
- Nr. 8 Kowalski, M.; Kovacevic, H.: State-of-the-art von CBR-Tools. Essen 2011.