

FACHHOCHSCHULE WEDEL

SEMINARARBEIT

in der Fachrichtung
Technische Informatik

Thema:

Unsicheres Wissen

Eingereicht von: Nils Wackenhut
Tinsdaler Weg 125
22880 Wedel
Tel. (04103) 80 39 903

Erarbeitet im: 6. Semester

Abgegeben am:

Referent (FH Wedel): Prof. Dr. Sebastian Iwanowski
Fachhochschule Wedel
Feldstraße 143
22880 Wedel
Tel. (04103) 80 48 - 63

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
1. Einführung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Eigenschaften von Wissen	1
1.2.1. Impräzision	2
1.2.2. Unsicherheit	2
1.2.3. Vagheit	2
1.3. Ansätze	3
1.3.1. Sicherheitsfaktoren	3
1.3.2. Probabilistische Schlussfolgerungsnetze	3
1.3.3. Fuzzy - Logik	4
2. Sicherheitsfaktoren	5
2.1. Grundlagen	5
2.2. Definitionen	5
2.2.1. Maß des Vertrauens/Misstrauens	6
2.2.2. Sicherheitsfaktor	6
2.3. Probleme des Ansatzes	7
3. Probabilistische Schlussfolgerungsnetze	8
3.1. Idee	8
3.2. Ein Beispiel	8
3.2.1. Direktes Schlussfolgern	9
3.2.2. Evidenzpropagation	10
3.2.3. Netzdarstellung	12
3.2.4. Schwierigkeiten	12
3.2.5. Realisierung	13
4. Fuzzy - Logik	14
4.1. Einführung	14
4.2. Praxisbeispiel Regelkreis	14
4.2.1. Allgemeiner Regelkreis	14
4.2.2. Fuzzy - Regler	15
4.2.3. Randbedingungen	15
4.2.4. Beispielmessung	16
5. Schlussbetrachtung	18
Literaturverzeichnis	19

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Fuzzy - Mengen für die linguistische Variable Temperatur	4
Abb. 2: Eine Menge von geometrischen Objekten	8
Abb. 3: Darstellung der Menge als Relation	8
Abb. 4: Grafische Darstellung des Schlussfolgerungsraumes	9
Abb. 5: Objekte im Schlussfolgerungsraum.....	9
Abb. 6: Direktes Schlussfolgern	10
Abb. 7: Alle zweidimensionalen Erweiterungen der Relation	10
Abb. 8: Zylindrische Erweiterung und Schnitt	11
Abb. 9: Evidenzpropagation	11
Abb. 10: Darstellung als Netz	12
Abb. 11: Andere Projektionen	12
Abb. 12: Schwierigkeiten bei der Zerlegung	13
Abb. 13: Allgemeiner Regelkreis	14
Abb. 14: Fuzzy - Regler	15
Abb. 15: Temperaturbereiche	16
Abb. 16: Geschwindigkeitsbereiche	16
Abb. 17: Messung	16
Abb. 18: Skalierung	17

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Komponenten eines Fuzzy - Reglers	15
Tab. 2: Regelbedingungen	16
Tab. 3: Regelanwendung	16

1. Einführung

Der Ursprung des Gedankens, sich mit unsicherem und vagem Wissen zu befassen, stammt aus den Forschungen im Bereich der wissensbasierten Systeme. Wissensbasierte Systeme sind Programme, die auf der Grundlage einer Wissensbasis über ein bestimmtes Anwendungsgebiet Schlussfolgerungen ziehen können, um dem Benutzer bei der Problemlösung oder der Entscheidungsfindung zu helfen.

1.1. Motivation

Das Wissen, das eine Wissensbasis enthält, lässt sich nicht auf absolut präzises und sicheres Wissen beschränken, da das meiste Wissen unserer Welt diese Bedingungen eben nicht erfüllt. Schon eine Allerweltsaussage wie „Vögel können fliegen“ ist unsicher, da es auch Pinguine oder Strauße gibt, die zwar Vögel sind, trotzdem aber nicht fliegen können.

Solches Wissen ist aber nicht nutzlos. Menschen können aus vagen oder unpräzisen Aussagen ohne Probleme Schlußfolgerungen ziehen. Ein Arzt zum Beispiel kann anhand der Aussage „Der Patient hat kein Fieber“ schon Krankheiten ausschließen, obwohl er die genaue Körpertemperatur nicht sicher kennt.

Damit ein Programm nutzbringend eingesetzt werden kann, ist es notwendig sich mit den Möglichkeiten zu beschäftigen, auch unsicheres und vages Wissen darzustellen um Schlussfolgerungen aus solchem Wissen ziehen zu können.

1.2. Eigenschaften von Wissen

Der Begriff Wissen wird aufgefasst als Zuordnung von bestimmten Werten wie z.B. Wahrheitswerten oder Wahrscheinlichkeitsgraden zu Aussagen, Ereignissen oder Zuständen. Die Unterscheidung von Aussagen, Ereignissen, Zuständen etc. kann hier fallengelassen werden, da es für eine Bearbeitung durch Programme notwendig ist, das Wissen in einer abstrakten Sprache zu formulieren.

Für die maschinelle Bearbeitung lassen sich drei Eigenschaften von Wissen feststellen, die jeweils für sich betrachtet werden müssen.

1.2.1. Impräzision

Aussagen wie „Das Auto ist blau oder grün“, oder „Der Eimer wiegt zwischen 15 und 20 Kilogramm“, sind impräzise. Zu einer Eigenschaft wird nicht ein Wert, sondern eine Menge von Werten angegeben. Aussagen, die einer Eigenschaft genau einen Wert zuordnen, heißen im Gegensatz dazu „präzise“.

Impräzises Wissen lässt sich mit den Mitteln der klassischen symbolischen Logik verarbeiten. Endliche Mengen von Alternativen lassen sich durch Disjunktionen darstellen und Intervalle können durch Vergleichsoperatoren abgebildet werden.

1.2.2. Unsicherheit

Liest man die obigen Beispiele, so setzt man implizit voraus, dass die Aussagen sicher sind. Das heißt, dass das Auto nicht etwa rot sein kann oder dass der Eimer nicht 25 Kilogramm wiegt. Lassen sich solche Aussagen aber nicht ausschließen, ist das Wissen unsicher. Sowohl präzise als auch impräzise Aussagen können unsicher sein. Relevant für die Sicherheit einer Aussage ist lediglich, dass alle möglichen Alternativen in ihr enthalten sind.

Im Fall des unsicheren Wissens reicht die klassische Logik nur noch soweit, dass man Aussagen als „sicher“ oder „unsicher“ kennzeichnen kann. Sobald eine Auswahl zwischen mehreren Aussagen getroffen werden soll, braucht man in jedem Fall Kalküle, mit denen sich Präferenzen zwischen Aussagen ausdrücken lassen oder mit denen sich Sicherheits- oder Vertrauensgrade quantifizieren lassen.

1.2.3. Vagheit

Die meisten Begriffe der Alltagssprache sind vage. Gibt man an, draußen sei es heiß, oder eine Person sei groß, dann ist keine konkrete Temperatur oder Körpergröße gemeint. Es lässt sich in den meisten Fällen nicht einmal ein Intervall angeben, wie es bei impräzisen Aussagen der Fall ist.

Die Bereiche von „heiß“ und „groß“ sind nicht scharf begrenzt. Es gibt zwar Temperaturen und Größen, die definitiv groß oder heiß sind und es gibt sicher auch Werte die definitiv „kalt“ oder „klein“ sind, die Zuordnung im Bereich zwischen diesen Extremen ist jedoch nicht exakt möglich.

Die Mittel der klassischen Logik reichen nicht mehr aus um vages Wissen abbilden zu können, da in der Logik stets scharfe Grenzen gezogen werden. Es

müssen andere Methoden entwickelt werden um mit vagem Wissen umzugehen.

1.3. Ansätze

1.3.1. Sicherheitsfaktoren

Ein alter Ansatz, um mit unsicherem Wissen, umzugehen ist der Sicherheitsfaktor-Ansatz. Er wurde im Zusammenhang mit dem medizinischen Expertensystem MYCIN, das Ärzten bei der Behandlung von Infektionskrankheiten mit Antibiotika unterstützen sollte, entwickelt.

Der Vorgang des Schließens erfolgt in ähnlicher Weise wie in der klassischen Logik. Allerdings sind im Sicherheitsfaktor-Ansatz auch Regeln erlaubt, die nicht notwendig wahr sind, wobei jeder Regel ein Zahlenwert zugeordnet wird, der angibt, wie sicher diese Schlussfolgerung ist.

Der Ansatz bringt bei näherer Betrachtung Probleme mit sich, die ihn in der Regel für praktische Anwendungen unbrauchbar machen.

1.3.2. Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

Bildet man Wissen als eine Verteilung von Werten (z.B. Wahrscheinlichkeitswerte) auf einen mehrdimensionalen Raum ab, so ist es unter bestimmten Bedingungen möglich diesen Raum in mehrere unterdimensionale Räume aufzuteilen, wobei jeder Unterraum einen Teil des Wissens abbildet. In diesem Fall reicht es aus, die Werteverteilungen in den Unterräumen zu kennen um sämtliche Schlussfolgerungen ziehen zu können, die aus der ursprünglichen Verteilung gezogen werden können.

Der Ansatz der probabilistischen Schlussfolgerungsnetze befasst sich mit den Bedingungen, die für Wissensbasen gelten müssen, damit eine Aufteilung in Unterräume möglich ist und den Methoden zur Schlussfolgerung in diesen Unterräumen.

1.3.3. Fuzzy-Logik

Die Fuzzy-Logik ist ein Mittel um vages Wissen abzubilden. Um die Probleme zu umgehen, die sich zwangsläufig aus der Vagheit von umgangssprachlichen Ausdrücken ergeben, führt man Zugehörigkeitsgrade für eine Menge ein. Die Zugehörigkeit zu einer Menge ist nicht mehr scharf definiert, eine Schlussfolgerung aus dieser Menge wird vielmehr „langsam falsch“ je näher man sich an den Rand der Menge bewegt.

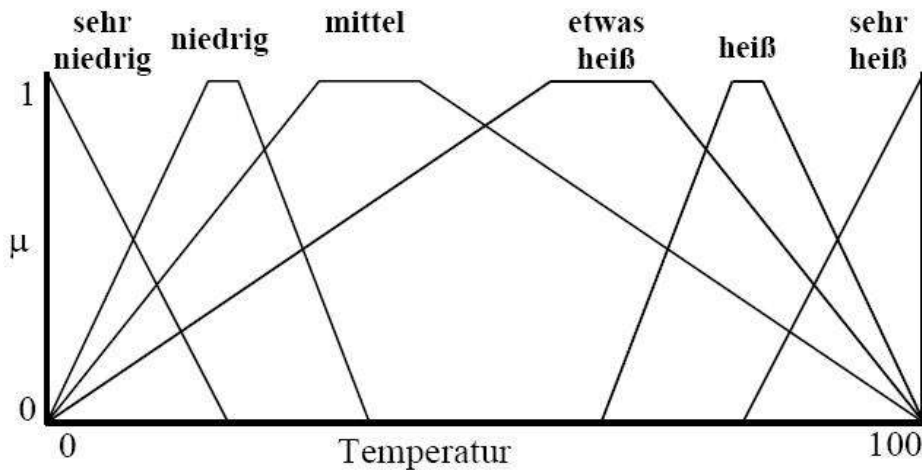


Abb. 1: Fuzzy-Mengen für die linguistische Variable Temperatur ¹

Da die Grundlagen für die Fuzzy Logik schon in der Vorlesung Wissensbasierte Systeme behandelt wurden, wird dieser Ansatz hier nicht genauer betrachtet. Als praxisrelevante Anwendung wird der Einsatz von Fuzzy Logik in der Regelungstechnik vorgestellt.

¹ aus Wissensbasierte Systeme, Vorlesung 2, FH Deggendorf 2004

2. Sicherheitsfaktoren

2.1. Grundlagen

Ein alter Ansatz zum Umgang mit Unsicherheit in regelbasierten Systemen ist der Ansatz über Sicherheitsfaktoren.

Die Regeln werden in Form von Implikationen dargestellt. Die Symptome oder Beobachtungen bilden das Antezedenz, eine Diagnose das Konsequenz einer Regel. Wie in der klassischen Logik kann man das Konsequenz der Regel erschließen wenn das Antezedenz wahr ist, zusätzlich sind aber auch Regeln zugelassen, die keine verlässlichen Schlüsse zulassen. Den Regeln wird ein Sicherheitsfaktor zugeordnet, der angibt, wie sicher die Schlussfolgerung aus dieser Regel ist. Ein Beispiel einer Regel:

Falls S_1 : Die Färbung des Organismus ist grampositiv
und S_2 : Das Erscheinungsbild des Organismus ist kokkenförmig
und S_3 : Die Wachstumsform des Organismus ist kettenförmig
dann gibt es Anzeichen dafür (0.7),
dass H : Der Typ des Organismus ist Streptokokke

Eine solche Regel wird kurz als $S_1 \wedge S_2 \wedge S_3 \xrightarrow{0.7} H$ geschrieben. Aus den Symptomen S_1 , S_2 und S_3 kann auf die Diagnose H geschlossen werden, allerdings nicht mit Sicherheit. Der Zahlenwert 0.7 gibt den Sicherheitsgrad an, mit dem die Schlussfolgerung gilt.

Eine naheliegende Möglichkeit zur Interpretation dieser Regeln ist, den Sicherheitsfaktor als bedingte Wahrscheinlichkeit aufzufassen. Da dann

$P(H|S_1 \cap S_2 \cap S_3) = 0.7$ gilt, folgt daraus $P(\bar{H}|S_1 \cap S_2 \cap S_3) = 0.3$. Die

resultierende Formel $S_1 \wedge S_2 \wedge S_3 \xrightarrow{0.3} \bar{H}$ wurde von den Entwicklern von MYCIN abgelehnt, da das Vorliegen von S_1 , S_2 und S_3 nur eine Aussage über die Gültigkeit von H sein soll, nicht jedoch über die Gültigkeit der Negation von H .

Die Lösung dieses Problemes besteht darin, den Sicherheitsfaktor nicht als absolutes Maß für das Vertrauen in die Hypothese H zu sehen, sondern als Änderung des Vertrauens bei Bekanntwerden der Sachverhalte S_1 , S_2 und S_3 .

2.2. Definitionen

Für die endgültige Definition des Sicherheitsfaktors als Änderung des Vertrauens ist es notwendig, das Maß des Vertrauens und das Maß des Misstrauens zu definieren. Das Vertrauen in eine Hypothese wird in ähnlicher

Weise wie im ersten Ansatz als subjektive Wahrscheinlichkeit gesehen. Sei $P(H)$ die A-priori-Wahrscheinlichkeit der Hypothese H und $P(H|E)$ die A-posteriori-Wahrscheinlichkeit der Hypothese H nach Eintreten der Evidenz E. Die Änderung des Vertrauensgrades in H lässt sich nun durch die Differenz $P(H|E) - P(H)$ dieser Wahrscheinlichkeiten ausdrücken.

2.2.1. Maß des Vertrauens/Misstrauens

Indem man die Änderung des Vertrauensgrades relativ zur maximal möglichen Änderung beschreibt, lässt sie sich als Zahl zwischen -1 und 1 ausdrücken. Es lassen sich dabei die folgenden beiden Fälle unterscheiden:

- $P(H|E) > P(H)$ Das Vertrauen in H nimmt zu. Da $P(H|E)$ maximal den Wert 1 annehmen kann, kann sich das Vertrauen in H um maximal $1-P(H)$ ändern.
- $P(H|E) < P(H)$ Das Vertrauen in H sinkt. Da $P(H|E)$ mindestens den Wert 0 annehmen muss, kann sich das Vertrauen in H um maximal $-P(H)$ ändern.

Das Maß des Vertrauens (Measure of Belief MB) lässt sich dadurch als

$$MB(H|E) = \begin{cases} \frac{P(H|E) - P(H)}{1 - P(H)}, & \text{falls } P(H|E) > P(H) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

ausdrücken, das Maß des Mißtrauens (Measure of Disbelief MD) als

$$MD(H|E) = \begin{cases} \frac{P(H) - P(H|E)}{P(H)}, & \text{falls } P(H|E) < P(H) \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} .$$

Anschaulich bedeutet das, dass die Überzeugung dass H gilt, um MB steigt und um MD sinkt, wenn E eintritt.

Nach dieser Definition sagt ein Anzeichen, das dafür spricht, dass H gilt, nichts über die Negation von H aus und umgekehrt. Damit ist das Problem behoben, das sich bei der Definition über die bedingte Wahrscheinlichkeit ergab.

2.2.2. Sicherheitsfaktor

Als Sicherheitsfaktor (Certainty Factor CF) wird einfach die Differenz der Maße MB und MD definiert:

$$CF(H|E) = MB(H|E) - MD(H|E)$$

2.4. Probleme des Ansatzes

Das medizinische Diagnosesystem MYCIN funktionierte im Test, wurde jedoch nie in der Praxis eingesetzt. Die Genauigkeit der Diagnosen, die das System im Labor erzielte, übertraf die einiger der Absolventen der medizinischen Fakultät Stanford. Dass es nie zum Praxiseinsatz kam, lag u.a. daran dass die Probleme der Verantwortlichkeit bei Fehlentscheidungen nicht geklärt werden konnten.

Es kann gezeigt werden dass, die folgenden Bedingungen für Systeme gelten müssen, die den Sicherheitsfaktoransatz verwenden:

- Die Wertebereiche aller auftretenden Variablen enthalten genau zwei Werte.
- Das Netz der Wissensbasis weist eine Baumstruktur auf, d.h. eine Evidenz geht nur auf einem Weg in die Berechnung des Sicherheitsfaktors einer Hypothese ein.
- Es gilt bedingte Unabhängigkeit von Evidenzen bezüglich Hypothesen und ihrer Negation.

Speziell die Bedingung der Unabhängigkeit lässt sich für die meisten Anwendungen nicht realisieren, da die Einschränkung zu restriktiv ist. Eine genauere Analyse der Wissensbasis von MYCIN ergab, dass das Wissen „gutartig“ war, d.h. dass sich eine geringfügige Änderung der Sicherheitsfaktoren nicht signifikant auf das Systemverhalten auswirkt und das System daher trotzdem funktionierte.

3. Probabilistische Schlussfolgerungsnetze

3.1. Idee

Wissen über einen gegebenen, zu modellierenden Weltausschnitt lässt sich in einem mehrdimensionalen Raum darstellen. Dabei bildet jede Dimension des Raumes einen Wertebereich für ein Attribut des Weltausschnittes ab; jeder Punkt im Raum stellt einen exakten Zustand dar.

Unter bestimmten Umständen lässt sich dieser Raum in einzelne unterdimensionale Räume zerlegen. Ist diese Zerlegung möglich, so kann aus den Verteilungen der Unterräume jede Schlussfolgerung gezogen werden, die auch aus dem ursprünglichen Raum gezogen werden kann.

Das Wissen über die Verteilung der Punkte im ursprünglichen Raum ist nicht mehr notwendig. Um eine Schlussfolgerung zu treffen, ohne die Verteilung des Wissens über den gesamten Raum zu geben, werden die Informationen lokal von Unterraum zu Unterraum weitergegeben. Dieser Vorgang wird Evidenzpropagation genannt.

Durch die Speicherung der Verteilungen in den Unterräumen lässt sich u.a. auch Redundanz vermeiden.

3.2. Ein Beispiel

Betrachtet werden soll eine Menge von einfachen geometrischen Objekten die durch Form, Farbe und Größe gekennzeichnet sind. Die Menge der Objekte (Abb. 2) kann leicht als Relation (Abb. 3) dargestellt werden in der jede Zeile ein Objekt beschreibt.

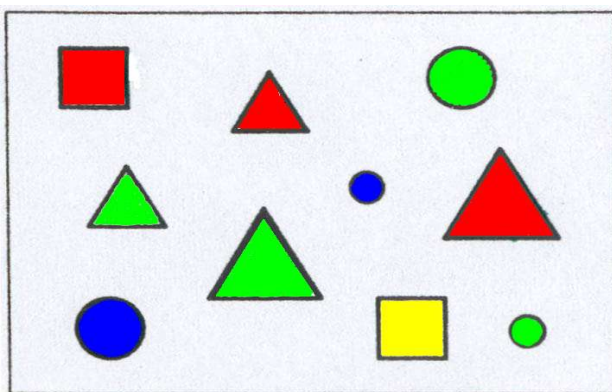


Abb. 2 Eine Menge von geometrischen Objekten²

Farbe	Form	Größe
■	○	klein
■	○	mittel
■	○	klein
■	○	mittel
■	△	mittel
■	△	groß
■	□	mittel
■	□	mittel
■	△	mittel
■	△	groß

Abb. 3 Darstellung der Menge als Relation³

2 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 316

3 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 316

Nun sollen zufällige Objekte aus der Menge herausgegriffen werden, wobei nicht alle Merkmale erkennbar sind, beispielsweise sei die Farbe, nicht jedoch die Form oder die Größe erkennbar. Die Frage ist nun, wie wir aus dem Wissen um die zehn möglichen Kombinationen auf die nicht beobachteten Merkmale des ausgewählten Objektes schließen.

Probleme wie diese treten zum Beispiel in medizinischen Anwendungen auf, bei denen ein Arzt bestimmte Beobachtungen wie Alter, Geschlecht, Temperatur etc. macht und mit Hilfe seines Lehrbuchwissens und seiner Erfahrung neue Schlussfolgerungen zieht.

Im betrachteten Beispiel ließe sich das Problem noch lösen indem man die Zeilen der Tabelle auswählt die Objekte der beobachteten Farbe enthalten und mit dem gewählten Objekt vergleicht. In realen Anwendungen ist dieses Vorgehen nicht umsetzbar da die entstehenden Tabellen viel zu groß wären um noch handhabbar zu bleiben. Der Ansatz sieht nun vor, das Wissen durch Zerlegung in Abhängigkeiten zwischen Eigenschaften zu strukturieren.

3.2.1. Direktes Schlussfolgern

Zunächst stellen wir den Schlussfolgerungsraum grafisch dar (Abb. 4).

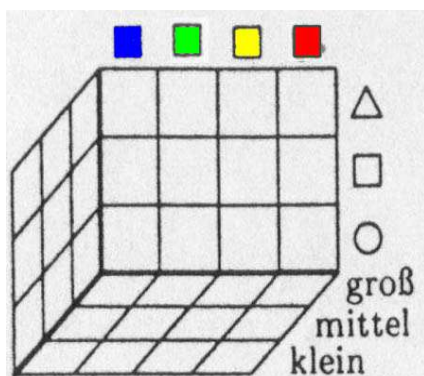


Abb. 4 Graphische Darstellung des Schlussfolgerungsraumes⁴

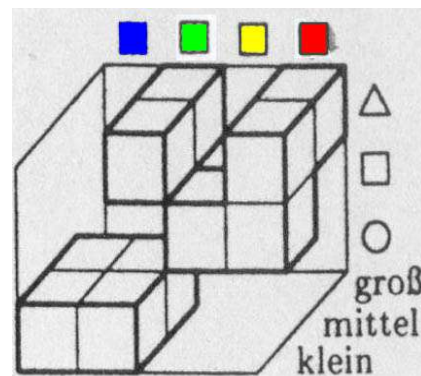


Abb. 5 Objekte im Schlussfolgerungsraum⁵

Jeder Raumrichtung wird eine Eigenschaft der Objekte zugeordnet. Damit wird es möglich jedes mögliche Objekt als Kästchen darzustellen. In Abb. 5 sind alle zehn Objekte aus der Tabelle eingezeichnet.

Um nun weitere Eigenschaften eines unvollständig bekannten Objektes zu erschließen, schränkt man den Schlussfolgerungsraum geeignet ein. Diese Vorgehensart wird „direktes Schlussfolgern“ genannt. Nimmt man das gewählte

4 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 317

5 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 317

Objekt als rot an, dann entspricht die Einschränkung dem Herausschneiden der Scheibe der roten Objekte aus dem Raum. Wie in Abb. 6 zu sehen, wird geschlossen, dass das Objekt kein Kreis sein kann und dass es nur mittelgroß oder groß sein kann.

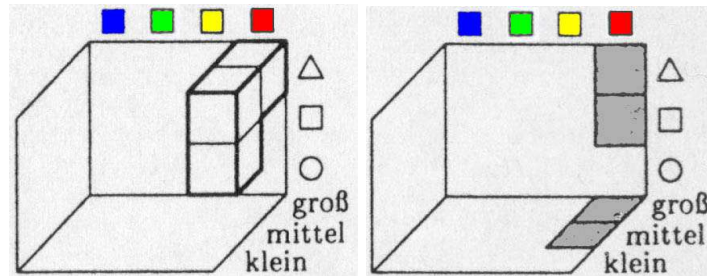


Abb. 6 Direktes Schlussfolgern⁶

3.2.2. Evidenzpropagation

Bei dieser Art des Schließens ist die Zerlung in Unterräume noch nicht erfolgt. Die gleichen Schlussfolgerungen lassen sich jedoch auch aus den möglichen Unterräumen ziehen, in die sich die Eigenschaftskombinationen der Objekte zerlegen lassen. Die Unterräume ergeben sich durch Projektion auf die zweidimensionale Ebene. Alle möglichen drei Projektionen sind in Abb. 7 gezeigt.

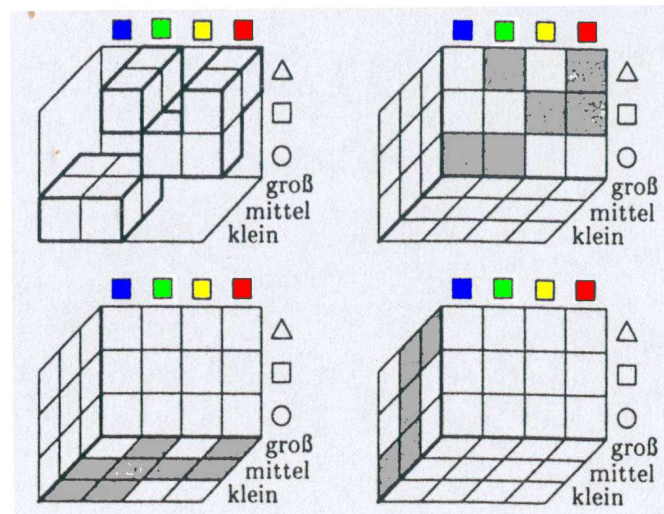


Abb. 7 Alle zweidimensionalen Projektionen der Relation⁷

Die Relation lässt sich in die Projektionen auf die hintere und die linke Seitenfläche zerlegen, da man sie aus diesen beiden wieder herstellen kann. Um die ursprüngliche Relation aus den beiden Projektionen zu rekonstruieren, erweitert man diese zylindrisch und schneidet die beiden Erweiterungen

6 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 317

7 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 318

miteinander. Der Vorgang ist in Abb. 8 gezeigt. Wie man sieht, enthält das Ergebnis die gleichen Objekte wie die ursprüngliche Relation.

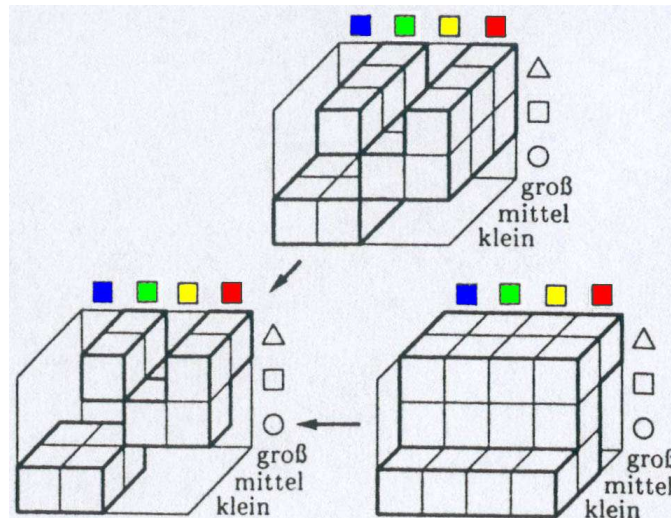


Abb. 8 Zylindrische Erweiterung und Schnitt⁸

Ist eine Relation in Unterräume zerlegt, lässt sich diese Zerlegung ausnutzen um Schlussfolgerungen zu ziehen, ohne die Verteilung der Objekte im gesamten Raum wiederherstellen zu müssen. Diese Art des Schließens wird Evidenzpropagation genannt. Der Vorgang ist beispielhaft in Abb. 9 gezeigt.

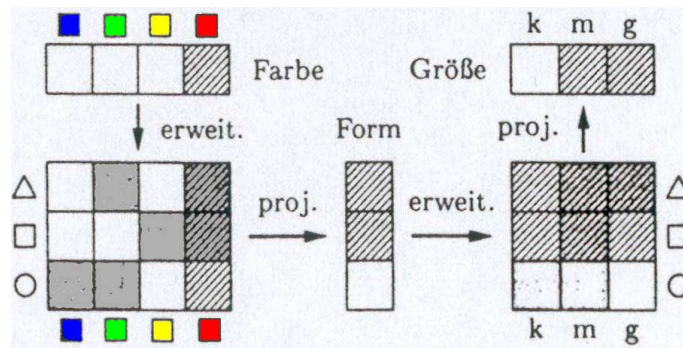


Abb. 9 Evidenzpropagation⁹

Die Beobachtung, dass das Objekt rot ist, wird zunächst auf die Projektion Farbe x Form erweitert und mit der Projektion der Relation in diese Ebene geschnitten. Das Ergebnis wird auf die Projektion Form x Größe erweitert und wieder mit der Projektion der Relation geschnitten. Das Endergebnis sind die schon durch das direkte Schließen bekannten Fakten: das Objekt kann weder klein sein, noch ein Kreis.

8 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 318

9 aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 318

3.2.3. Netzdarstellung

Da die Methode korrekte Schlussfolgerungen liefert, kann man das Wissen als Netz abbilden. Jeder Eigenschaft entspricht ein Knoten, Kanten geben die benötigten Projektionen an, um eine Schlussfolgerung zuzulassen. Abb. 10 zeigt das dem Beispiel entsprechenden Netz. Sind die Unterräumen auf die projiziert wird, höherdimensional, verbinden die Kanten mehr als zwei Knoten.

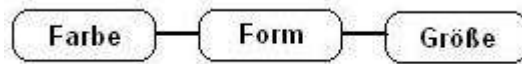


Abb. 10 Darstellung als Netz

3.2.4. Schwierigkeiten

Es ist notwendig, geeignete Projektionen sorgfältig auszuwählen. Wählt man wie in Abb. 11 die Projektionen auf die linke und die untere Seitenfläche, so lässt sich die ursprüngliche Relation nicht exakt wiederherstellen. Es entstehen sechs weitere Objekte, die nicht in der ursprünglichen Relation zu finden sind.

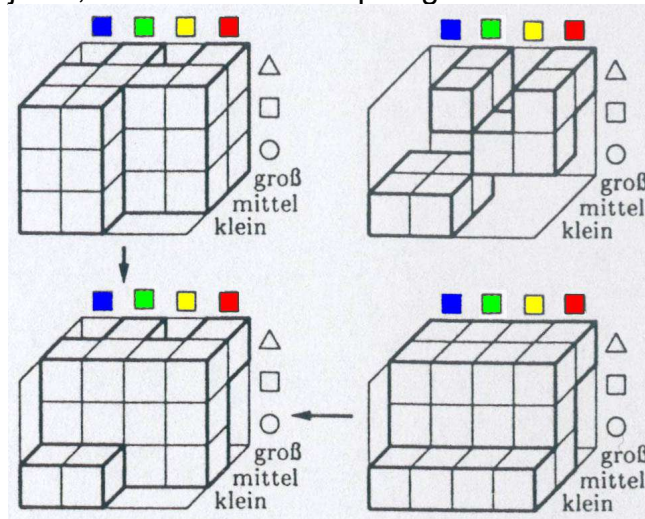


Abb. 11 Andere Projektionen¹⁰

Zu dem Problem, dass die Wahl der geeigneten Projektionen entscheidend ist, kommt noch hinzu, dass es ggf. nicht möglich ist, eine Zerlegung zu finden. Entfernt man das Objekt, das dem mit 1 markierten Würfel in Abb. 12 entspricht, so ist es nicht mehr möglich die Relation in zwei Projektionen zu zerlegen. In diesem Fall lässt sich das Problem noch lösen, indem man alle drei Projektionen zu Hilfe nimmt um die ursprüngliche Relation wiederherzustellen. Wird das Objekt entfernt, das dem mit 2 markierten Würfel entspricht, so ist

¹⁰ aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 319

eine Zerlegung gar nicht mehr möglich. Das Entfernen des Würfels ändert keine Projektion, da es in jeder Raumrichtung noch einen Würfel gibt der den entsprechenden Schatten wirft.

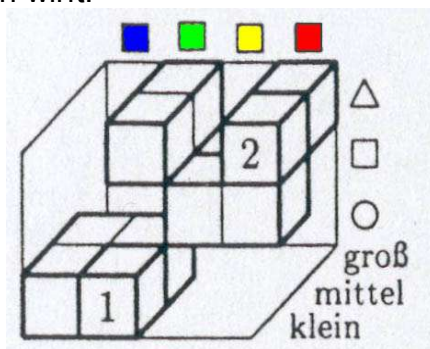


Abb. 12 Schwierigkeiten bei der Zerlegung¹¹

3.2.5. Realisierung

Da das direkte Schlussfolgern im Gesamttraum in praktischen Anwendungen i.a. aufgrund der Anzahl der zu betrachtenden Eigenschaften unmöglich wird, wird in der Realität versucht, das Wissen möglichst gut zu zerlegen. „Möglichst gut“ heißt hier, dass eine Zerlegung gesucht wird, die möglichst wenig zusätzliche Kombinationen ermöglicht. Es existieren viele Ansätze, um Wissen maschinell auf Zerlegbarkeit hin zu untersuchen und gute Lösungen zu finden. Diese Ansätze werden im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt.

Im Beispiel wurden nur Verteilungen über Objekte betrachtet. Es ist natürlich problemlos möglich, anstelle der Unterscheidung ob ein Objekt existiert oder nicht, eine Wahrscheinlichkeit anzugeben. Die Wahrscheinlichkeiten im Schlussfolgerungsraum bilden dann eine Wahrscheinlichkeitsverteilung im Raum, über die nach dem gleichen Prinzip der Evidenzpropagation geschlossen werden kann.

¹¹ Aus: „Handbuch der Künstlichen Intelligenz“ S. 319

4. Fuzzy-Logik

4.1. Einführung

In vielen Anwendungsbereichen liegt Wissen in Form von unscharfen Regeln wie z.B. „Wenn die Nachfrage nach einem Produkt steigt, kann der Preis erhöht werden“ vor. Um dieses Wissen geeignet zu modellieren, bietet es sich an, die linguistischen Variablen in Form von Fuzzy-Mengen abzubilden. Die Verarbeitung des so formulierten Wissens erfolgt dann mit einem Fuzzy-Regelsystem. Ein Gebiet, in dem Fuzzy-Regelsysteme seit einiger Zeit im Einsatz sind, ist die Regelungstechnik.

4.2. Praxisbeispiel Regelkreis

4.2.1. Allgemeiner Regelkreis

Zunächst wird die allgemeine Funktionsweise eines Regelkreises gezeigt. Ein Schema ist in Abb. 13 zu sehen. Eine Führungsgröße wird dem Regelglied zugeführt. Der Steller stellt die Prozessparameter abhängig vom Ausgang der Regelgliedes neu ein und gibt diese als Regelgröße aus. Während der Übertragung über die Übertragungsstrecke können Störeinflüsse auftreten. Die Regelgröße wird zum Eingang zurückgeführt und an der Vergleichsstelle mit der Führungsgröße verglichen. Diese Rückkopplung ermöglicht das Einschwingen auf den gewünschten Zustand des Systems.

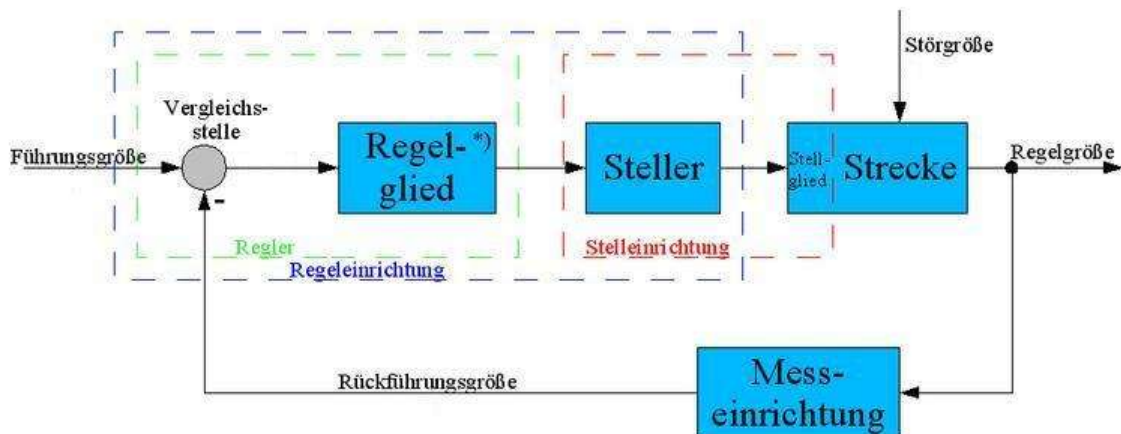


Abb. 13 Ein allgemeiner Regelkreis

Für die Implementierung des Regelgliedes gibt es beliebig viele technische Möglichkeiten. Die Nutzung der Fuzzy-Logik für die Realisierung des Regelgliedes soll im Folgenden für das Beispiel einer Klimaanlage Regelung gezeigt werden.

4.2.2. Fuzzy-Regler

Ein Fuzzy-Regler (Abb. 14) besteht üblicherweise aus den folgenden Komponenten:

- Fuzzyifizierungsschnittstelle: Transformiert Messwerte in Messbereich und wandelt um in linguistischen Term oder Fuzzy-Menge.
- Wissensbasis: Enthält Informationen über Wertebereiche der Mess- und Stellgrößen und über die den linguistischen Termen zugeordneten Fuzzy Mengen
- Entscheidungslogik: Rechenwerk, berechnet Stellgröße aus Messwerten und Wissensbasis
- Defuzzyifizierungsschnittstelle: Wandelt unscharfe Information der Entscheidungslogik um in scharfen Stellwert

Tab. 1: Komponenten eines Fuzzy Reglers

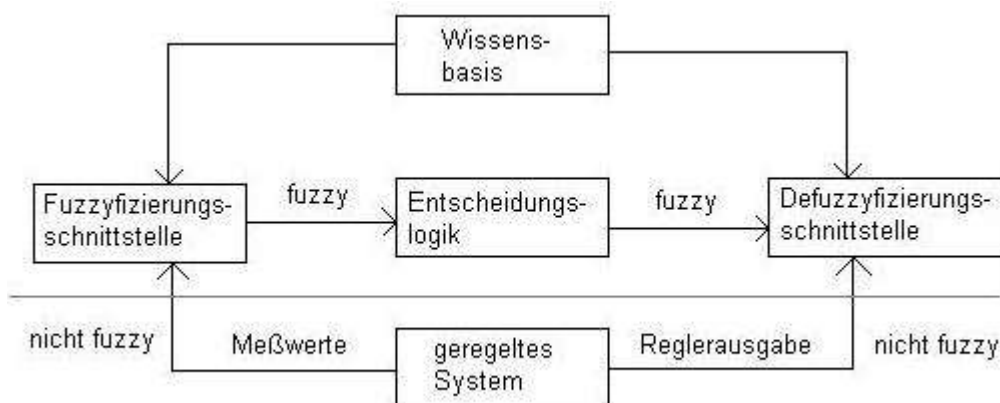


Abb. 14 Fuzzy Regler

4.2.3. Forderungen

Für das konkrete Beispiel werden zunächst Messbereiche und die allgemeinen Regelbedingungen aufgestellt. Es soll das Verhalten einer einfachen Klimaanlage modelliert werden, die die folgenden Regeln befolgt:

Temperatur	Geschwindigkeit
kalt	aus
kühl	langsam
lau	mittel
warm	schnell
heiß	turbo

Tab. 2: Regelbedingungen

Die konkreten Werte für die Variablen „Temperatur“ und „Geschwindigkeit“ werden in den folgenden beiden Fuzzy-Mengen abgebildet.

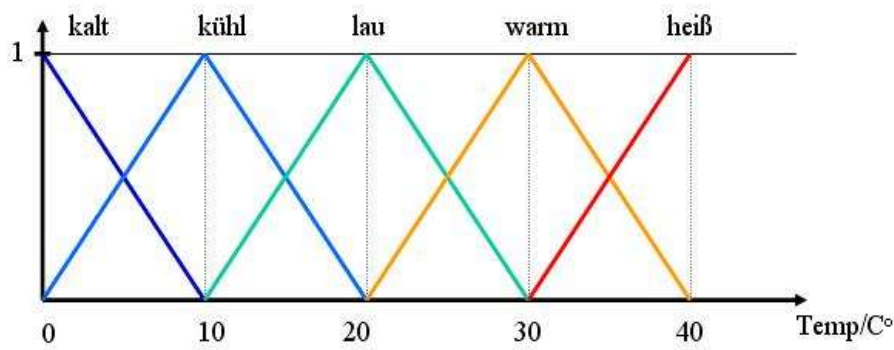


Abb. 15 Temperaturbereiche

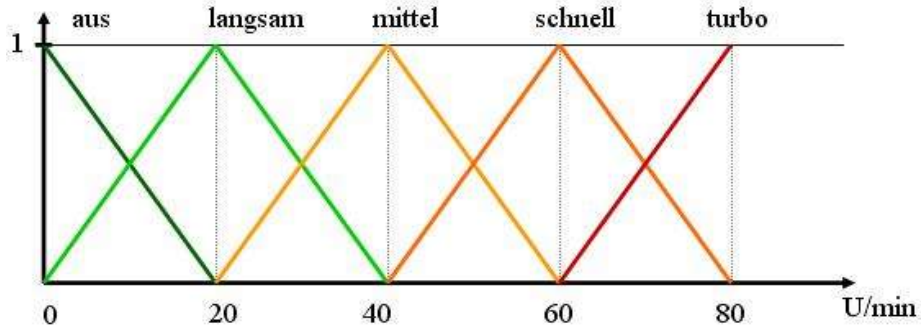


Abb. 16 Geschwindigkeitsbereiche

4.2.4. Beispielmessung

Liegt als Eingangswert des Regelkreises z.B. die Temperatur 12°C an, so wird der fuzzyfizierte Wert wie folgt bestimmt:

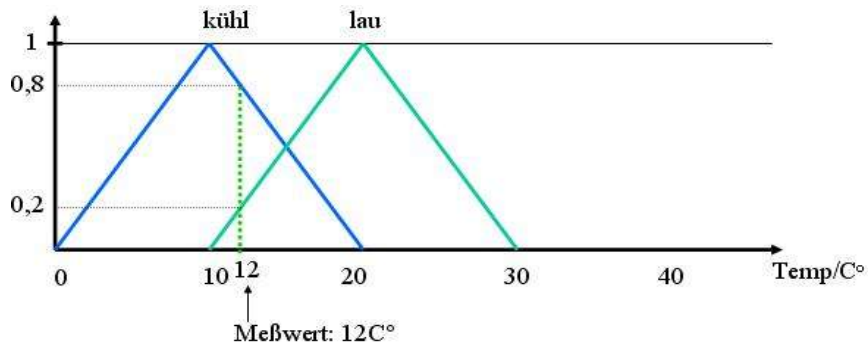


Abb. 17 Messung

Die Zugehörigkeitsgrade zu den Mengen „kühl“ und „lau“ sind $\mu_{kühl}(12^\circ C)=0,8$ und $\mu_{lau}(12^\circ C)=0,2$. Mit diesen Werten werden die Regeln angewendet:

kalt	0	-	0	aus
kühl	0,8	-	0,8	langsam
lau	0,2	-	0,2	mittel
warm	0	-	0	schnell
heiß	0	-	0	turbo

Tab. 3: Regelanwendung

Die ermittelten Stellwerte werden nun skaliert und defuzzyfiziert. Sowohl für die

Skalierung als auch für die Defuzzifizierung gibt es diverse verschiedene anwendbare Methoden. Ein Eingehen auf die verschiedenen Methoden und deren Vor- und Nachteile würde den Rahmen dieser Seminararbeit sprengen. Es wird hier daher, um das prinzipielle Vorgehen zu zeigen, die Skalierung durch Multiplikation und die Defuzzifizierung mit der Schwerpunktmethod (Center of Gravity COG) gewählt, ohne näher auf diese Methoden einzugehen.

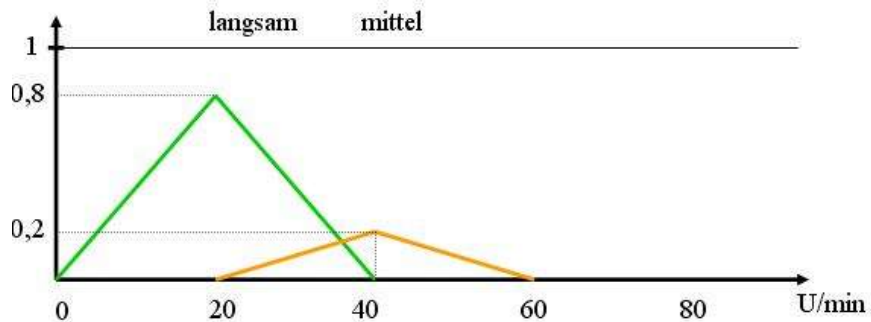


Abb. 18 Skalierung

Nach der COG Methode ergibt sich der defuzzifizierte Wert als

$$y = \frac{\int y \cdot \mu(x_1, \dots, x_n)(y) dy}{\int \mu(x_1, \dots, x_n)(y) dy} \quad . \text{ Mit den konkreten Werten gerechnet ergibt sich}$$

$$y = \frac{\int_0^{20} \frac{x^2}{25} dx + \int_{20}^{40} \frac{140x - 3x^2}{100} dx + \int_{40}^{60} \frac{60x - x^2}{100} dx}{\int_0^{20} \frac{x}{25} dx + \int_{20}^{40} \frac{140 - 3x}{100} dx + \int_{40}^{60} \frac{60 - x}{100} dx} = \frac{\frac{320}{3} + 280 + \frac{280}{3}}{8 + 10 + 2} = 24$$

als Stellwert, der der Motorsteuerung der Klimaanlage zugeführt wird.

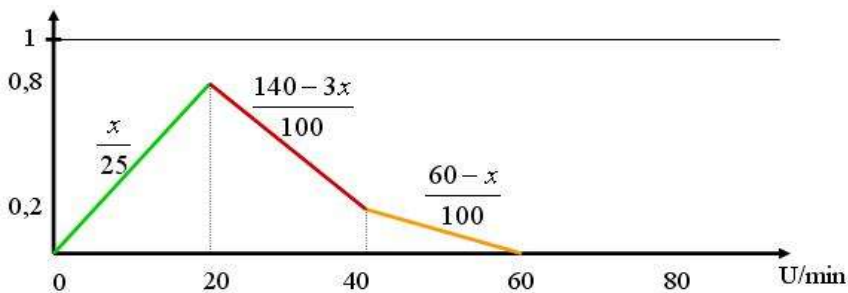


Abb. 19 Defuzzifizierung - Schwerpunktmethod

5. Schlussbetrachtung

Es wurden zwei Ansätze zur Darstellung unsicheren Wissens gezeigt: Der Ansatz der Sicherheitsfaktoren hat heute keine praktische Relevanz mehr, die probabilistischen Schlussfolgerungsnetze finden in vielen praktischen Bereichen Anwendung und sind dazu Gegenstand aktueller Forschungen.

Für den Umgang mit vagem Wissen wurde der Ansatz der Fuzzy-Logik am Beispiel eines Regelkreises gezeigt. Die Fuzzy-Logik ist so weit entwickelt, dass sie in vielen Bereichen zur praktischen Anwendung kommt.

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

Günter Görz / Claus-Rainer Rollinger / Josef Schneeberger, 2003, Handbuch der Künstlichen Intelligenz, Kap.9, 4. neu bearbeitete Auflage, Wien: Oldenbourg, 2003

Stuart Russel / Peter Norvig, 1995, Artificial intelligence: a modern approach, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1995

Thomas Christaller, 1987, Informatik Fachberichte 202: Künstliche Intelligenz, 5. Frühjahrsschule, KIFS-87, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1987

Leá Sombé, 1992, Schließen bei unsicherem Wissen in der Künstlichen Intelligenz: Vergleich von Formalismen anhand eines Beispiels, Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 1992

Quellen im Internet

Dr. R. Marti, 2004, Vorlesung Wissensbasierte Systeme WS2004/2005, ETH Zürich, Internet: <http://www2.inf.ethz.ch/wbs/>, Stand: 06.02.2005, Abruf: 19.03.2005

Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Ubbo Visser, 2000, Vorlesung Grundlagen der Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung WS2000/2001, Universität Bremen, Internet: http://www.tzi.de/~visser/lectures/ki-1_WS00-01, Stand: 13.02.2001, Abruf: 23.03.2005

Prof. Dr. Thomas Augustin, 2004, Seminar Modellierung unsicheren Wissens WS2004/2005, Ludwig-Maximilians-Universität München, Internet: <http://www.stat.uni-muenchen.de/~thomas/studium/wise200405/seminar0405-basis.html>, Abruf: 23.04.2005

Gerald Reif, 2000, Diplomarbeit Moderne Aspekte des Wissensverarbeitung, TU Graz, Internet: <http://www.iicm.edu/greif/thesis.html>, Stand: 02.01.2000, Abruf: 21.04.2005

Dr. Rainer Malaka / Dr. Ursula Rost, 2002, Vorlesung Künstliche Intelligenz WS2002/2003, Universität Heidelberg, Internet: <http://www.cl.uni-heidelberg.de/kurs/ws02/einfki/info.html>, Abruf: 21.04.2005

Prof. Dr. Dr. Popp, 2004, Vorlesung Wissensbasierte Systeme, Fachhochschule Deggendorf, Internet: <http://www.bw.fh-deggendorf.de/itk/>, Stand: 18.10.2004, Abruf: 26.04.2005