

Konfliktlösung als Grundlage intelligenten Handelns

Wolfgang Menzel
Universität Hamburg, Department für Informatik

Zusammenfassung

Konflikte und Mechanismen zur Konfliktlösung spielen im täglichen Handeln des Menschen eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Bei ihrer Modellierung wird jedoch meist davon ausgegangen, dass Konfliktsituationen und die kognitiven Strategien zum Umgang mit ihnen einen Sonderfall intellektueller Aktivität darstellen, der nur unter speziellen Ausnahmebedingungen betrachtet werden muss. Ich werde in diesem Beitrag jedoch die Hypothese vertreten, dass die Notwendigkeit zur Konfliktlösung kein Abweichen vom Normalfall der widerspruchsfreien Problemlösung darstellt, sondern vielmehr zentral und fundamental für eine Vielzahl von Intelligenzleistungen ist. Dabei wird vornehmlich aus der Sicht der (maschinellen) Verarbeitung natürlicher Sprache argumentiert, die angedeutete Übertragung auf andere kognitive und soziale Prozesse ist aber durchaus beabsichtigt.

1 Kognitive Konflikte

Interne Konflikte eines informationsverarbeitenden Systems lassen sich immer dann beobachten, wenn ein Widerspruch zwischen verschiedenen kognitiven Repräsentationen vorliegt, die das betreffende System miteinander in Beziehung setzen muss. Besonders deutlich machen sie sich im Bereich der Perzeption bemerkbar, wenn etwa ein Reiz nicht mit vorangegangenen Erfahrungen bzw. den darauf aufbauenden Regel- und Normensystemen zusammenpasst: die Stimme eines Bekannten klingt ungewohnt, der Fernseher funktioniert nicht mehr, der Hund in einer Zeichnung sieht gar nicht wie ein richtiger Hund aus, oder aber ein Gegenstand fällt nicht wie gewohnt nach unten. Widersprüche dieser Art begleiten uns ständig, nur werden sie nicht in jedem Fall auch bemerkt. Erst wenn ein bestimmter Grad der Abweichung von der Norm überschritten ist, nehmen wir sie bewusst wahr. Beispielsweise funktioniert die Klassifikation von Objekten durch Menschen selbst dann noch sehr zuverlässig, wenn kaum noch Ähnlichkeiten im geometrischen Sinne vorliegen. Wichtig ist vielmehr das Vorhandensein bestimmter, ggf. auch stilisierter struktureller Erkennungsmerkmale.

Abweichungen von der Norm werden in vielen Bereichen des sozialen Handelns und insbesondere bei der zwischenmenschlichen Kommunikation ganz gezielt als Verfremdungseffekt eingesetzt: Der Bekannte verstellt seine Stimme aus Spaß, der Ton des Fernsehers wurde deaktiviert, um mich zu ärgern, der Karikaturist wollte bestimmte Merkmale des Hundes überdeutlich hervorheben, oder aber ein Zauberer lässt eine Kugel schweben, um das Publikum in Erstaunen zu versetzen.

Nicht immer sind die kommunikativen Effekte solcher Normabweichungen geplant oder beabsichtigt. Ihre Wirkung lässt sich teilweise auch nur schwer abschätzen, setzt dies doch voraus, dass man (1) die individuelle Einstellung des Kommunikationspartners hierzu kennen und (2) sich des abweichenden Charakters überhaupt erst einmal bewusst sein muss. Einerseits können Normabweichungen als besonders attraktiv oder interessant empfunden werden,

andererseits kann aber auch eine abstoßende bzw. abschreckende Reaktion beabsichtigt sein bzw. unbeabsichtigt hervorgerufen werden. In vielen Fällen sind Abweichungen von der Norm auch Grundlage für humoristische Effekte, wobei die Grenzen auch hier fließend verlaufen und die konkrete Wirkung zudem individuell recht unterschiedlich ausfallen kann. Da durch das Spiel mit Präferenzen und Regelverletzungen die Aufmerksamkeit eines Hörers gezielt geweckt werden kann, stellen diese auch ein beliebtes Mittel zur kommunikativen Manipulation dar.

Auf der anderen Seite sind all diese Effekte zeitlich nicht stabil. Reizwiederholung nutzt den Überraschungseffekt sehr schnell ab. Im Extremfall wird bei häufiger Verwendung der Widerspruch überhaupt nicht mehr wahrgenommen: Kognitive Konflikte sind demnach auch Ausgangspunkt und wichtiger Anstoß für Lernprozesse, in denen interne Ordnungsstrukturen an die sensorische Wahrnehmung angepasst werden, wobei Wissen entsteht bzw. modifiziert werden kann.

Perzeptionsbedingte Konflikte können natürlich auch dann auftreten, wenn Widersprüche zwischen verschiedenen, aber gleichzeitig wahrgenommenen Sinnesmodalitäten vorliegen. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn ein akustisches Ereignis nicht mit einem visuellen Stimulus in Übereinstimmung gebracht werden kann, eine typische Situation in mangelhaft synchronisierten Spielfilmen. Auch hier gilt: solange die Differenzen nur gering sind, bleiben sie völlig unbemerkt, während sich stärkere Abweichungen sehr störend bemerkbar machen. In Extremfällen kann sogar die akustische Wahrnehmung bestimmter Lautgruppen deutlich beeinträchtigt sein (McGurk und MacDonald, 1976).

Obwohl es bei oberflächlicher Betrachtung leicht so erscheinen mag, als ob es sich bei einem Konflikt zwischen zwei Modalitäten um ein Phänomen der Umwelt selbst handelt, so entsteht der Widerspruch tatsächlich aber erst bei der Verarbeitung und Kombination der perzeptuellen Reize im kognitiven System selbst. Dies wird nicht zuletzt daran erkennbar, dass das kognitive System des Menschen auch hier flexibel genug ist, um sich an solche "ungewöhnlichen" Stimuli vollständig anzupassen.

Kognitive Konflikte werden nicht nur durch Widersprüche im Verhältnis zur Außenwelt provoziert, sie treten ebenfalls — und das erzwingt letztendlich ihre systematische Behandlung — in den Regel- und Normensystemen selbst auf, insbesondere, wenn diese in einem sozialen Kontext gewachsen sind. Beispiele hierfür finden sich in den verschiedensten Bereichen, angefangen von konkurrierenden Rechtsgütern bzw. -grundsätzen, zwischen denen eine qualifizierte Rechtssprechung abzuwägen hat, bis hin zu widersprüchlichen Zielvorstellungen und Präferenzen, die etwa bei der Handlungsplanung berücksichtigt werden müssen.

2 Sprache als widersprüchliches Regelsystem

Auch die natürliche Sprache, die lange Zeit als klassische Domäne für die Anwendung logisch konsistenter, d.h. widerspruchsfreier Beschreibungssysteme angesehen wurde, erweist sich bei näherer Betrachtung als äußerst konfliktträchtig. Miteinander im Widerspruch stehende Mechanismen finden sich zum Beispiel

- im Bereich der Anordnungsregularitäten, die bestimmte Wortstellungsvarianten präferieren, aber nicht ausschließen, weil verschiedene Satzbestandteile um die prominenten Positionen im Satz konkurrieren:

Susi gibt ihrem Bruder das Buch.

Susi gibt ihm das Buch.

Susi gibt das Buch ihrem Bruder.

Susi gibt das Buch ihm.

...

- bei sprachlichen Relationen, die oftmals kurze Distanzen gegenüber längeren bevorzugen, z.B. zwischen einem Verb und seinem abgetrennten Präfix bzw. einem Relativpronomen und seinem Bezugsnomen. Beide Abstände können nicht gleichzeitig minimal sein:

*Hans **bereitet** den Vortrag **vor**.*

└──────────────────┘

*Hans **bereitet** den Vortrag, **den** er im Kolloquium halten will, **vor**.*

└──────────────────┘ └──────────┘

*Hans **bereitet** den Vortrag **vor**, **den** er im Kolloquium halten will.*

└──────────┘ └──────────┘

- bei der gezielten Tolerierung von Regelverletzungen, wenn z.B. das natürliche Geschlecht das grammatische dominiert:

*Den Preis erhält das **Mädchen**_{neutrum}, weil **sie**_{femininum} am schnellsten war.*

- bei metaphorischem Sprachgebrauch, durch den Sortenbeschränkungen mit einem unterschiedlichen Grad an Akzeptabilität außer Kraft gesetzt werden können:

Das Pferd frisst sein Futter.

Das Pferd frisst mein Geld.

Das Pferd frisst meine Zeit.

Das Haus frisst mein Geld.

Die Arbeit frisst mich auf.

...

Das Resultat ist in all diesen Fällen nicht nur ein erheblicher Spielraum für die Erzeugung sprachlicher Äußerungen, sondern auch eine entsprechende Entscheidungsunsicherheit bzw. Mehrdeutigkeit bei ihrer strukturellen Interpretation.

Klassische regelbasierte Formalismen auf der Grundlage zweiwertiger Logiken erlauben es nur, die Entscheidungsalternativen (durch simple Aufzählung) sichtbar zu machen bzw. bestimmte davon als Ausnahme zu einem Regelfall zu markieren. Eine solche Lösung würde es zwar prinzipiell erlauben, die Variantenvielfalt im Falle der angesprochenen Anordnungsregularitäten oder aber bei der Aufweichung von sortalen Restriktionen zu erfassen, wegen der inhärenten Kombinatorik erscheint ein solches Vorgehen aber nicht praktikabel. Zudem berücksichtigt es noch nicht die graduellen Abstufungen in der Akzeptabilität der betreffenden Konstruktionen.

Eine ökonomische Modellierung, die sowohl der Variantenvielfalt als auch den graduellen Unterschieden Rechnung trägt, wäre eine, die zwar den Normalfall beschreibt, Abweichungen

davon jedoch zulässt und diese graduell bewertet. Ein entsprechendes Analyseverfahren muss dann natürlich über geeignete Mechanismen zur Konfliktauflösung verfügen, um beim Vorliegen von Widersprüchen zwischen den Forderungen der Grammatik und den vorliegenden Beobachtungsdaten entscheiden zu können, welche Arten von Abweichungen im konkreten Fall anzunehmen sind.

Ein Modellierungsansatz auf der Basis verletzbarer Regeln hat nicht nur den Vorteil, dass er auch Fälle sprachlicher Normverletzungen auf ganz natürliche Weise erfasst. Er gestattet darüberhinaus auch die Einbeziehung echt widersprüchlicher Forderungen (wie sie etwa bei den Distanzpräferenzen vorliegen) in das Regelsystem selbst. Dadurch wird Grammatikwissen für die Sprachanalyse verfügbar, das in widerspruchsfreien Axiomatisierungen grundsätzlich nicht berücksichtigt werden kann. Dieses zusätzliche Wissen ist auch Voraussetzung dafür, dass das System durch das Abwägen zwischen graduell abgestufter Evidenz tatsächlich eine *eindeutige* Entscheidung zugunsten einer der in Frage kommenden Interpretationsalternativen herbeiführen kann und eine Lähmung durch zu viele gleichwertige Handlungsoptionen vermieden wird.

3 Sprachanalyse mit verletzbaren Regeln

Ein Formalismus zur Modellierung von Entscheidungsprozessen auf der Grundlage von verletzbaren Regeln erfordert grundsätzlich immer vier Bestandteile:

- Basisstrukturen zur Beschreibung der Entscheidungsalternativen. Dies können z.B. mögliche Gerichtsentscheidungen oder Handlungssequenzen, aber auch syntaktische Strukturen, als Grundlage einer semantischen Interpretation natürlichsprachlicher Äußerungen sein.
- Bedingungen für wohlgeformte/akzeptable Strukturen. Dies sind im Regelfall logische Aussagen über die Verträglichkeit bestimmter Elemente in den Basisstrukturen, etwa die Analogie zur anderen, ähnlich gelagerten Rechtskonflikten, oder aber die vielfältigen Rahmenbedingungen für das Treffen von Handlungsentscheidungen.
- eine Gewichtung der Bedingungen, die angibt, wie wesentlich deren Einhaltung bezüglich einer bestimmten Problemlösungsaufgabe ist.
- ein Entscheidungskriterium, das Entscheidungsalternativen aufgrund der gegebenen Bedingungen und ihrer Gewichte bewertet und eine geeignete Auswahl trifft.

Ein einfaches Beispiel für einen solchen Formalismus sind künstliche neuronale Netze, die wegen gewisser Analogien zum neuronalen Substrat des biologischen Vorbilds oftmals attraktiv erscheinen. Zu dieser Attraktivität trägt sicherlich auch die Möglichkeit zum Training derartiger Netze auf annotierten Beispieldaten bei, wobei jedoch berücksichtigt werden muss, dass sich die hierbei realisierten Lernszenarien zumeist gravierend vom situations- und handlungsorientierten Lernen beim Menschen unterscheiden. Nachteilig hingegen ist, dass solche Modelle sich bisher weitgehend auf atomare Ordnungsstrukturen beschränken und kaum Möglichkeiten bieten, den Entscheidungsprozess extern zu beeinflussen, bzw. nachvollziehbar zu machen. Als Alternative verfolgen wir daher einen Ansatz auf der Basis gewichteter Constraints, der bereits sehr erfolgreich zur Strukturanalyse natürlicher Sprache eingesetzt wurde (Menzel, 1995, 2002; Schröder et al., 2000; Foth et al., 2005a).

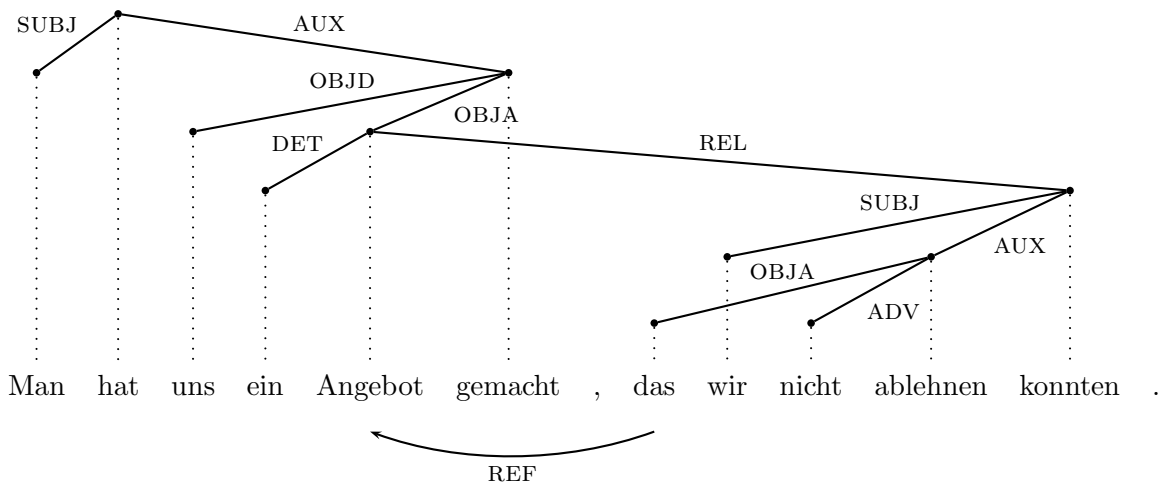


Abbildung 1: Eine Abhängigkeitsstruktur für einen deutschen Satz. Neben der syntaktischen Ebene (oberhalb der Wortformen) wurde auch eine Referenzebene (unterhalb der Wortformen) modelliert, die hier einem Relativpronomen sein Bezugsnomen zuweist.

Diese Arbeiten gehen von der oben genannten Hypothese aus, dass sprachliche Strukturprinzipien inhärent widersprüchlich sind und dass dieser Tatsache auf der Ebene der Verarbeitungsmechanismen geeignet Rechnung getragen werden muss. Neben die bereits genannten Konfliktfelder im syntaktisch-semantischen Bereich, tritt hier auch der fundamentale Konflikt zwischen der Erfüllung bestimmter sprachlicher Normen einerseits und den Erfordernissen der Sprachökonomie bzw. dem Grad der Sprachbeherrschung andererseits.

Als Basisstrukturen für den Konfliktlösungsprozess werden Abhängigkeitsrelationen zwischen den Wortformen eines Satzes verwendet, die eine wichtige Grundlage für die Bedeutungsanalyse darstellen (Wer macht was, wann, wo usw.). Bild 1 zeigt ein Beispiel für eine derartige Strukturbeschreibung. Welche Abhängigkeitsstrukturen in einer Sprache zulässig sind bzw. präferiert werden, wird durch Constraints beschrieben. Constraints sind logische Formeln (üblicherweise Implikationen), die ausgehend von der verfügbaren Lexikoninformation, den Raum möglicher Relationen einschränken.

Constraints sind prinzipiell verletzbar und über die Angabe von Constraintgewichten wird modelliert, wie wichtig die Erfüllung des Constraints für die Wohlgeformtheit eines Satzes ist. Die Gewichte aller in einer gegebenen Strukturbeschreibung verletzten Constraints werden akkumuliert und die Analyse versucht denjenigen Strukturbaum zu ermitteln, der nur minimale Constraintverletzungen hervorruft.

Eine Grammatik umfasst dann sowohl harte Constraints, die von jeder sprachlichen Äußerung erfüllt sein müssen, z.B.

”Das Subjekt eines Satzes muss immer eine Kategorie vom Typ ’nominal’ besitzen.”

”Ein Determiner modifiziert immer ein rechts davon stehendes Nomen.”

Sie werden in erster Linie dazu benutzt, die Vielfalt prinzipiell möglicher Strukturbeschreibungen einzuschränken und betreffen damit vor allem die Wohlgeformtheit der Strukturbeschreibung selbst.

Weiche Constraints hingegen werden eher zur Modellierung der Kombinierbarkeit von Wortformen zu Sätzen verwendet:

“Ein Determiner kongruiert *fast immer* mit seinem übergeordneten Nomen.”

“Falls es im Satz beide Formen von Objekten gibt, steht das indirekte *üblicherweise* vor dem direkten.”

Die Auswahl einer Strukturbeschreibung für einen gegebenen Satz ist dann ein Constraint-Optimierungsproblem, für das verschiedene Lösungsverfahren bekannt sind. Im Hinblick auf den Berechnungsaufwand sind vollständige Verfahren, die das Optimum tatsächlich auch garantieren können, bestenfalls für sehr kurze Sätze geeignet. Zum Einsatz kommen daher vor allem transformations-basierte Verfahren, die versuchen, eine gegebene Strukturbeschreibung durch eine Folge von Reparaturschritten sukzessive zu verbessern. Ausgehend von einer initialen Annahme und gesteuert durch die in der aktuellen Lösung noch beobachteten Constraintverletzungen kann so zumindest eine Lösung gefunden werden, die dem Optimum nahe kommt. Es hat sich gezeigt, dass diese Lösung in vielen Fällen gut genug ist, um ein verhältnismäßig hohes Qualitätsniveau zu erreichen.

Gegenüber generativen Optimierungsprozeduren, die eine Lösung schrittweise konstruieren, haben transformationsbasierte Verfahren einen weiteren entscheidenden Vorzug: Da während der Verarbeitung jederzeit ein Strukturbaum verfügbar ist, der zwar gegebenenfalls noch weiterer Modifikation bedarf, andererseits aber bereits eine vollständige Strukturbeschreibung für den Satz darstellt, kann die Berechnung zu jedem beliebigen Zeitpunkt unterbrochen werden. Dadurch ergibt sich ein fundamentaler Zusammenhang zwischen Zeitaufwand und Analysequalität, der eine bewusste Ressourcenzuteilung ermöglicht, wenn hierfür externe Beschränkungen gegeben sind bzw. falls der jeweils erreichte Analysestand keine deutlichen Verbesserungen mehr erwarten lässt.

Auf der Grundlage von verschiedenen Verfahren zur Constraintoptimierung wurde in den letzten Jahren ein Syntaxparser für unrestringierte deutsche Texte entwickelt, der auf Standard-Evaluationsdaten derzeit die mit Abstand höchste Genauigkeit erreicht (Foth et al., 2005b; Foth, in Vorbereitung). Dank der Verwendung verletzbarer Constraints zur Modellierung widersprüchlicher Grammatikregeln und eines entsprechenden Verfahrens zur Konfliktauflösung bietet der Ansatz eine Reihe von Vorzügen, die in mehreren Aspekten auch gut mit analogen Leistungen beim Menschen korrespondieren:

- Es erfolgt eine *vollständige* Disambiguierung unter Einbeziehung der gesamten zur Verfügung stehenden Evidenz.
- Das Verfahren ist robust gegenüber fehlerhaftem oder unvollständigem Wissen (z.B. im Lexikon oder in der Grammatik).
- Die Analyse ist tolerant gegenüber nicht-normgerechten Eingabedaten.
- Information aus verschiedenen unsicheren und durchaus auch widersprüchlichen Quellen lässt sich vorteilhaft in den Entscheidungsprozess integrieren.
- Das Verfahren verfügt über eine inhärente Diagnosefähigkeit, wobei Constraints, die selbst durch die jeweils optimale Struktur noch verletzt werden, auf mögliche Normverletzungen hindeuten.

Als wichtige Voraussetzung für die letztendlich erreichte Analysequalität hat sich dabei die Fähigkeit des Systems zur *Integration externer Evidenz* herausgestellt. Daher wurde es möglich, eine Vielzahl von sprachtechnologischen Komponenten in den Entscheidungsprozess über die optimale Struktur einzubeziehen. Diese werden auf großen Sprachdatensammlungen trainiert und stellen somit generalisierte empirische Evidenz in einem Umfang zur Verfügung, der von einem Grammatikautor auch nicht annähernd erreicht werden kann. Da diese Komponenten zumeist auf statistischen Verfahren beruhen, sind sie generell in der Lage, über die eigentlichen Hypothesen hinaus auch eine Abschätzung für die Zuverlässigkeit ihrer Ergebnisse zu liefern, die dann zusammen mit den anderen Constraintgewichten in die Optimierung eingeht. Das Training der Komponenten erfolgt zudem auf verschiedenen, unterschiedlich stark angereicherten Daten unter jeweils sehr speziellen Bedingungen, so dass eine partielle Komplementarität der jeweiligen Beiträge erwartet werden kann:

- *Wortartentagger* ordnen jeder Wortform im Satz eine oder mehrere Wortartkategorien zu. Sie werden auf großen Textsammlungen trainiert, die zuvor mit Wortartentags annotiert wurden. Während sich die Constraints der Grammatik zumeist auf strukturelle Bedingungen der Wohlgeformtheit konzentrieren, erfassen Wortartentagger vornehmlich lineare Abfolgebeziehungen im Satz.
- *Chunker* zerlegen den Satz in kurze Abschnitte mit relativ selbständiger syntaktischer Funktion. Diese Segmentinformation kann benutzt werden, um bestimmte segmentübergreifende Abhängigkeitsbeziehungen zu dispräferieren. Chunker werden auf Texten trainiert, die zuvor mit Syntaxbäumen angereichert wurden. Da eine solche Baumannotation sehr arbeitsaufwendig ist, stehen entsprechende Trainingsdaten nur in stark begrenztem Umfang zur Verfügung.
- *Supertagger* ordnen jedem Wort im Satz ein Baumfragment zu, das seine syntaktische Umgebung im Satz beschreibt. Supertags können mit unterschiedlich hohem Abstraktionsgrad definiert werden und erfordern zum Training ebenfalls Baumbanken.
- *Attacher* sagen die wahrscheinlichste syntaktische Anbindung für bestimmte syntaktische Kategorien voraus. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Anbindung von Präpositionalgruppen, die eine zentrale Fehlerquelle in der Strukturanalyse darstellt. Derartige Komponenten können wegen der geringeren Qualitätsanforderungen auch auf Textsammlungen trainiert werden, die vollautomatisch mit Baumstrukturen annotiert wurden. Alternativ dazu kommen auch unüberwachte Trainingsverfahren auf unannotierten Texten in Frage. Da beide Datenarten in sehr großem Umfang zur Verfügung stehen, lassen sich Wissensquellen mit breiter lexikalischer Abdeckung trainieren.
- *Orakel-Parser*, liefern eine Strukturhypothese, die mit relativ einfachen Mitteln schnell berechnet werden kann, daher jedoch eine deutlich geringere Zuverlässigkeit besitzt.

Alle diese externen Wissensquellen sind unzuverlässig. Wortartentagger haben eine relativ hohe Genauigkeit von ca. 96%, während Chunk-Grenzen, die einzelnen Informationsbeiträge eines Supertaggers, sowie die Anbindungshypothesen eines Attachers bzw. Orakel-Parsers nur mit jeweils ca. 80% Genauigkeit berechnet werden können. Unter erneuter Verwendung verletzbarer Constraints ist die Integration solch unsicherer Hypothesen in die Grammatik dennoch möglich. Im Konfliktfall können sie dann auch von gegenteiliger Evidenz aus anderen

Teilen der Grammatik überstimmt werden, so dass eine gewisse Unabhängigkeit sowohl von der Korrektheit der Information als auch ihrer bloßen Existenz erreicht wird.

Durch die Kombination der verschiedenen Wissensquellen konnte die Anbindungsgenauigkeit des Analysesystems von 72.6% mit der reinen Constraint-Grammatik auf 89.3% bei zusätzlicher Verwendung des Wortartentaggers und letztendlich bis auf 92.3% unter Einbeziehung aller Prädiktoren erreicht werden (Foth, in Vorbereitung). Dies liegt deutlich über dem Qualitätsniveau, das derzeit mit rein stochastischen Parsern für das Deutsche erreicht wird (Dubey, 2005; Schielen, 2004), auch wenn hierbei zu beachten ist, dass die Angaben wegen der Unterschiede in der Evaluationsmethodik nicht direkt vergleichbar sind. Der erreichte Zugewinn an Analysequalität belegt jedoch die Robustheit des verwendeten Konfliktlösungsverfahrens, das auch dann noch ein hohes Maß an Synergie ermöglicht, wenn die Einzelkomponenten nur noch ausgesprochen unzuverlässige Informationsbeiträge beisteuern können.

4 Dualismen

Wie wir gesehen haben, stellen verletzbare Constraints eine gute Grundlage dar, wenn zur Entscheidung über die Basiselemente einer Strukturbeschreibungen widersprüchliche Evidenz herangezogen werden soll. Eine qualitative andere Art von Konflikten wird jedoch durch *Dualismen* hervorgerufen, die für bestimmte Bereiche des Wissens über die Welt charakteristisch sind. Dualismen gehen über das Problem der Auswahl zwischen konkurrierenden Strukturbeschreibungen noch hinaus und zielen vielmehr auf die qualitative Substanz der Beschreibungen selbst. Ein einfaches Beispiel hierfür sind Unschärferelationen bei inverser Abhängigkeit, wie sie etwa aus dem Bereich der Signalanalyse bekannt sind: Zeit- und Frequenzauflösung lassen sich nicht gleichzeitig maximieren. Ähnliche Phänomene finden sich auch im Verhalten von Elementarteilchen, wo Ort und Impuls duale Perspektiven darstellen. Hinzu kommt hier das Problem der Kommutation: Messen kann nicht mehr als passiver Vorgang betrachtet werden, sondern stellt eine Wechselwirkung zwischen Beobachter und Beobachtetem dar.

Interessanterweise lassen sich ganz analoge Beobachtungen auch wieder im Bereich sprachlicher Konstruktionen machen (Chen, 2002). Hier bezieht sich der Dualismus etwa auf das Verhältnis von Syntax und Semantik, wo man beobachten kann, dass eindeutige Interpretierbarkeit offenbar mit einem Verlust an semantischem Ausdrucks- und Differenzierungspotenzial einhergeht. Bedeutung erscheint dann nicht mehr als eine in Elementareinheiten zerlegbare Struktur, sondern vielmehr als ein ganzheitliches Phänomen, das sich auch als Überlagerung von komplexen Wellenfunktionen in einem quantenmechanischen Modell beschreiben lässt.

Tatsächlich lassen sich auf dieser Grundlage dann auch erste Lösungen für verschiedene Aufgaben aus dem Bereich der Sprachverarbeitung (z.B. Aktiv-Passiv-Transformation oder bilinguale Übersetzung für einfache Sätze) angeben, die im Gegensatz zu neuronalen Netzen auch auf weniger umfangreichen Daten trainiert werden können. Bisher ist dies jedoch nur in relativ kleinen, gut abgegrenzten Domänen ohne inhärente Struktur gelungen, so dass die Anwendbarkeit auf komplexere Fragestellungen im Moment noch sehr stark eingeschränkt ist.

5 Fazit und Ausblick

Auch aus linguistischer Sicht sind in den letzten Jahren die immanenten Konflikte des Sprachsystems zunehmend auf Interesse gestoßen. Ein Beispiel dafür ist etwa das Grammatikkonzept des minimalistischen Programms (Chomsky, 1995), wo durch Elemente des Wettbewerbs

zwischen Strukturalternativen eine Disambiguierung herbeigeführt werden kann. Ein anderer Rahmen ist mit der Optimalitätstheorie (Prince und Smolensky, 1993) gegeben, die die Entscheidung auf ein Ranking von potentiell widersprüchlichen Prinzipien zurückführt. Beide Ansätze haben bisher aber noch nicht zur Entwicklung von praktisch verwendbaren Analyse-systemen mit breiter sprachlicher Abdeckung geführt.

In gewisser Weise ist der hier verfolgte Ansatz zur Strukturanalyse mit gewichteten Constraints jedoch mit zentralen Annahmen der Optimalitätstheorie vergleichbar. Durch den Verzicht auf eine strukturgenerierende Komponente bzw. Beschränkung auf eine, die nur wenige zusätzliche Bedingungen an die Basisstrukturen induziert, ist er jedoch erheblich allgemeiner angelegt. Anstelle eines Constraintrankings wird die Bewertung von Interpretationsalternativen durch die Akkumulation von Constraintgewichten ermittelt. Dies ermöglicht es, dass mehrere schwache Constraints ein stärker gewichtetes überstimmen und trägt auf diese Weise auch bestimmten psycholinguistischen Befunden besser Rechnung (Keller, 2000).

Durch die erfolgreiche Implementierung eines Analysesystems auf der Grundlage von verletzbaren Constraints konnte gezeigt werden, dass Methoden zur Konfliktbehandlung eine tragfähige Grundlage zur Lösung eines notorisch schwierigen Problems der maschinellen Sprachverarbeitung bieten. Konflikte werden dabei nicht als ein Spezialfall zur Ausnahmebehandlung aufgefasst, sondern bilden vielmehr das grundlegende Fundament für das Problemlösungsverfahren selbst. Die sich dadurch ergebenden Vorzüge liegen vor allem im Bereich der Robustheit gegenüber verschiedenartigsten Störeinflüssen. Letztendlich ist es wohl diesen Robustheitseigenschaften zu verdanken, dass das System Satzstrukturen für unrestringierte deutsche Texte auf einem bisher unerreichten Qualitätsniveau ermitteln kann. Gegenüber den konkurrierenden, rein stochastischen Ansätzen zeichnet es sich vor allem dadurch aus, dass diese hohe Qualität nicht mit einem Verlust der Fähigkeit zur prinzipiellen Unterscheidung von Norm und Abweichung einhergeht. Dadurch ist ein Einsatz auch zur Grammatikfehler-diagnose aussichtsreich, wo diese Diskriminationsfähigkeit essenziell ist.

Ausgehend von den bisher gesammelten Erfahrungen beim Umgang mit Konfliktlösungs-mechanismen stellt sich naturgemäß die Frage, ob sich die im Bereich der maschinellen Sprachverarbeitung bisher gewonnenen Einsichten und Erfahrungen auch auf andere Anwendungen übertragen lassen. Die eingangs aufgezeigten Parallelen zwischen verschiedenen Wissensbe-reichen lassen dies durchaus als realistisch erscheinen. Interessante Fragestellungen und Herausforderungen für diesbezügliche Forschungsanstrengungen wären z.B.

- In welchen Bereichen intelligenten Handelns spielen konfliktbehaftete Ordnungsstruk-turen eine wichtige Rolle?
- Über welchen Basistrukturen sind die widersprüchlichen Bedingungen formuliert? Bisher wurde vor allem mit Sequenzen und hierarchisch strukturierten Relationen ge-arbeitet.
- Welche Konfliktlösungsstrategien stehen für die zugrundeliegenden Strukturen jeweils zur Verfügung?
- Ist Konfliktlösung als alleiniger Mechanismus für die Erklärung intelligenten Handelns ausreichend, oder stellt der Ansatz nur eine Ergänzung zu klassischen regelbasierten Formalismen dar?
- Wie entwickeln sich die elementaren Komponenten (Basisstrukturen, Bedingungen und

Bewertungen) einer konfliktbehafteten Ordnungsstruktur unter bestimmten Kontexteinflüssen?

- Welche Beziehungen bestehen zwischen Konflikten und der Entwicklungsdynamik?

Eine disziplinen- und fakultätsübergreifende Kooperation zu derartigen Fragestellungen könnte nach meiner Auffassung eine Vielzahl ganz neuartiger Erkenntnisperspektiven eröffnen.

Literatur

- Chen, Joseph C. H., 2002. *Quantum Computation and Natural Language Processing*. Dissertation, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik.
- Chomsky, Noam, 1995. *The Minimalist Program*. MIT Press, Cambridge.
- Dubey, Amit, 2005. What to do when lexicalization fails: parsing German with suffix analysis and smoothing. In *Proc. 43rd Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics, ACL-2005*, S. 314–321. Ann Arbor.
- Foth, Kilian, in Vorbereitung. *Hybrid Methods of Natural Language Analysis*. Dissertation, Universität Hamburg, Department für Informatik.
- Foth, Kilian, Menzel, Wolfgang und Schröder, Ingo, 2005a. Robust parsing with weighted constraints. *Natural Language Engineering*, Bd. 11(1), 1–25.
- Foth, Kilian A., Daum, Michael und Menzel, Wolfgang, 2005b. Parsing unrestricted german text with defeasible constraints. In H. Christiansen, P. R. Skadhauge und J. Villadsen (Hg.) *Constraint Solving and Language Processing*, Bd. 3438 von *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, S. 88–101. Springer-Verlag, Berlin.
- Keller, Frank, 2000. *Gradience in Grammar: Experimental and Computational Aspects of Degrees of Grammaticality*. Ph.d. thesis, University of Edinburgh.
- McGurk, Harry und MacDonald, John, 1976. Hearing lips and seeing voices. *Nature*, Bd. 264, 746 – 748.
- Menzel, Wolfgang, 1995. Robust processing of natural language. In *KI-95: Advances in Artificial Intelligence*, S. 19–34. Springer-Verlag, Berlin.
- Menzel, Wolfgang, 2002. Parsing mit inkonsistenten Grammatiken. *Kognitionswissenschaft*, Bd. 9(4), 175–184.
- Prince, Alan und Smolensky, Paul, 1993. Optimality theory: Constraint interaction in generative grammar. Technical Report 2, Rutgers University, Center for Cognitive Science.
- Schielen, Michael, 2004. Annotation strategies for probabilistic parsing in German. In *Proc. 20th Int. Conf. on Computational Linguistics, Coling-2004*, S. 390–396. Geneva, Switzerland.
- Schröder, Ingo, Menzel, Wolfgang, Foth, Kilian A. und Schulz, Michael, 2000. Modeling dependency grammar with restricted constraints. *Traitement Automatique des Langues (T.A.L.)*, Bd. 41(1), 97–126.