

Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing

- Syntax als Untersuchungsgegenstand
- Wortambiguierung
- Phrasenstrukturgrammatiken
- Parsing mit Phrasenstrukturgrammatiken
- Restrierte Phrasenstrukturgrammatiken
- Unifikationsgrammatiken
- Constraint-basierte Grammatiken
- Robustes Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 1

Robustes Parsing

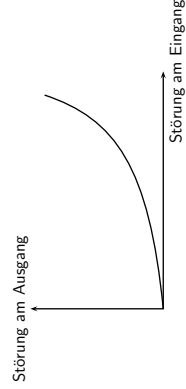
- Robustheit
- Robustes PSG-Parsing
- Eliminatives Parsing
- Fehlersensitives Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 2

Robustheit

- erwartungstretues Wohlverhalten bei variierenden Eingabedaten



- Adaption an veränderte Umweltbedingungen



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 3

Robustheit

- Robustheit wogegen?
 - nichtnormgerechter Input
 - agrammatische Konstruktionen
 - kreativer Sprachgebrauch (semantische "Abweichungen")
 - Unsicherheit in den sensorischen Daten (gesprochene Sprache, Handschrift)
 - Sprechervarianz (idiolektal, dialektal or soziolektal)
 - Umgebungsgeräusche



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 4

Robustheit

- Robustheit wogegen? (Fortsetzung)
 - mangelnde Kompetenz
 - Beschränkung auf Subsprachen
 - lexikalisch
 - grammatisch
 - semantisch/konzeptuell
 - Ressourcenbeschränkungen
 - Zeit
 - mediale und modale Restriktionen
- Analyse von fehlerhaftem Input



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 5

Robustheit

- drei Voraussetzungen
 - Behandlung von Inkonsistenz
 - Plausibilitätsbasierte Abwägung im Konfliktfall
 - Ausnutzen struktureller Redundanz



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 6

Behandlung von Inkonsistenz

- formale Grammatiken basieren auf einer zweiwertigen Logik
 - Inkonsistenz kann nicht toleriert werden
- aber: Inkonsistenz ist konstitutiv für natürliche Sprache



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 7

Behandlung von Inkonsistenz

- Inkonsistenz ...
 - ... zwischen Äußerung und Grammatik
 - Ich habe fertig!*
 - Nicht am Montag, weil da ist schon alles voll.*
 - unvollständige Äußerungen
 - Erkennungsfehler
 - spontansprachliche Phänomene
 - ... zwischen Äußerung und Hintergrundwissen
 - Laserstrahl übersetzt!*



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 8

Behandlung von Inkonsistenz

- Inkonsistenz ...
 - ... zwischen Äußerung und pragmatischen Erwartungen
 - ... zwischen den sprachlichen Modalitäten: MCGURK-Effekt
 - ... zwischen den Regeln der Grammatik
 - Extrapolation: strukturelle vs. referentielle Distanz
 - anaphorische Referenz: Distanz vs. syntaktische Parallelen
 - lineare Anordnung: Präferenzen im deutschen Mittelfeld



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 9

Behandlung von Inkonsistenz

- Inkonsistenz ...
 - ... zwischen verschiedenen Repräsentationsebenen der Sprache
 - Topikalisierung: *Das Zeug willst dir essen?*
 - Metaphorik: *Das Auto säuft wie ein Loch!*
 - konzeptuelle Referenz: *Moses und seine Arche*
 - anaphorische Referenz: *Das Mädchen spielt mit ihrer Puppe.*
 - ... zwischen präferierter Lesart und kontextueller Einbettung
The horse raced past the barn fell.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 10

Behandlung von Inkonsistenz

- Inkonsistenzen ...
 - ... bleiben vielfach unbemerkt
 - MCGURK-Effekt
 - inkonsistente referentielle Bezüge



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 9

Behandlung von Inkonsistenz

- Inkonsistenzen ...
 - ... sind kommunikative Indikatoren
 - ... wecken die Aufmerksamkeit des Hörers
 - Topikalisierung
 - kontrastive Betonung
 - Metaphorik
 - alle Arten von Erwartungsverletzungen
 - ... können die verbale Interaktion steuern
 - z.B. unvollständige Äußerungen
 - ... sind grundlegend für Sprachspiele und verbalen Humor



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 11

Behandlung von Inkonsistenz

- Lösungsansätze auf der Modellierungsebene
 - Constraint-Ignoranz
 - starkes Übergenerieren der Grammatik
 - Hoffnung: Input-Fehler liegen im hinzugekommenen Sprachbereich
 - Fehlerantizipation
 - gezieltes "Aufweichen" der Grammatik
 - z.B. Transferfehler beim L₂-Erwerb, Restart-Phänomene



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 13

Behandlung von Inkonsistenz

- Lösungsansätze auf der prozeduralen Ebene
 - Constraint-Relaxation
 - z.B. Rücknahme von Kongruenzforderungen im Fehlerfall
 - aber: Kongruenzverletzung ist kein typischer Fehlerfall
 - Modifizierte Parsing-Strategien



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 14

Behandlung von Inkonsistenz

- Grundproblem bei allen Ansätzen:
Suchraum wird - ohne geeignete Kompensation - extrem ausgeweitet
- Fehlerregeln werden üblicherweise nur beim Scheitern der normalen Analyse angewendet
 - kognitiv adäquat?
- Ziel:
Ignorieren < Detektieren < Lokalisieren < Korrigieren



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 15

Plausibilitätsbasierte Abwägung

- Plausibilitätsmaße
 - Wahrscheinlichkeit
 - Aktivierungspotenzial
 - Belohnung bzw. Strafe



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 16

Plausibilitätsbasierte Abwägung

- Zuordnung von Plausibilitätsmaßen zu Grammatikregeln?
 1. grobkörnige Grammatik: Unabhängigkeitsannahme ist verletzt (vgl. DOP)
 2. feinkörnige Grammatik: Regelmenge wächst exponentiell



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 17

Strukturelle Redundanz

- Syntax vs. Semantik:



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 18

Strukturelle Redundanz

- Syntax vs. Semantik:
 - semantisch leere Äußerungen
Der Flügelflagel gaustert
durchs Wiruwaruwolz
die rote Finger plaustert
und grausig gutzt der Golz.

Christian Morgenstern



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 18

Strukturelle Redundanz

- Hearing lips and seeing voices:
MCGURK AND McDONALD (1976)
 - Lippenlesen
 - visueller Stimulus kann den auditiven dominieren



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 19

- Syntax vs. Semantik:

- semantisch leere Äußerungen
Der Flügelflagel gaustert
durchs Wiruwaruwolz
die rote Finger plaustert
und grausig gutzt der Golz.
- orthografisch / syntaktisch fehlerhafte Äußerungen
Der Ferd had fier beiner
an jede seite einer
und hatt er mal keiner
umfallt.

Christian Morgenstern



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 18

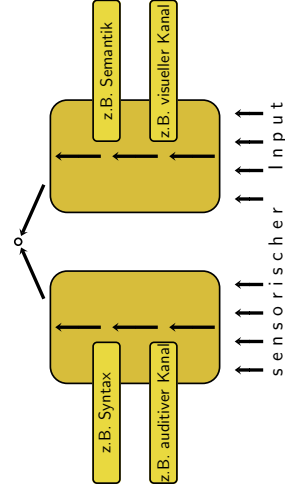
Strukturelle Redundanz

- Beobachtungen
 - enge Kooperation verschiedener Komponenten
 - falls erforderlich is vollständige Autonomie möglich
 - optimale Arbeitsweise bei kooperativem Zusammenwirken
 - gegenseitige Kompensation von partiellen Defiziten



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 20

Funktionale Autonomie



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 21

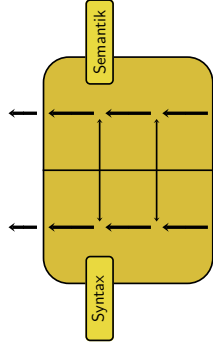
Funktionale Autonomie

- Probleme:
 - Abwägen zwischen widersprüchlichen Resultaten:
 - Robustheit entscheidet sich am Punkt der Informationsfusion
 - Fehlerkombinationen können zum kompletten Systemzusammenbruch führen



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 22

Integrierte Architekturen



Eingabe
Ausgabe

HPSG (POLLARD UND SAG 1994)

Construction Grammar (FILLMORE ET AL. 1988)

Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 23

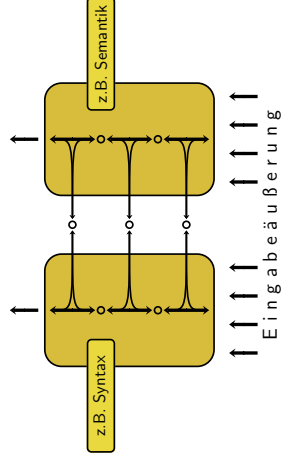


Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 24

Integrierte Architekturen

- Probleme:
 - konjunktive Kombination von partiellen Strukturen
 - Autonomie geht verloren

Interaktive Architekturen



bidirektionale Ausbreitung von Evidenz
plausibilitäts-basierte Interaktion

Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 25



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 26

Robustes PSG-Parsing

- Kombiniertes Chart-Parsing (MELLISH 1989, KATO 1994)
 - bottom-up-Analyse
 - im Fehlerfall: Integration der ermittelten Baum-Fragmente durch top-down-Analyse mit *dynamisch modifizierten* Grammatikregeln
 - neue Kantenintroduktionsregeln:
 - *Garbage-Rule*: eine nichtleere Teilkette im Input kann übersprungen werden
 - *Empty-Category-Rule*: eine geforderte Kategoriensequenz wird ignoriert
 - *Unknown-Word-Rule*: eine Wortform mit fehlender (oder fehlerhafter) Kategorie wird dennoch integriert

Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 27



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 28

Robustes PSG-Parsing

- GLR*: Modifizierter TOMITA-PARSER (LAVIE AND ROSÉ 2001)
 - Überspringen von Wortformen, die sich nicht integrieren lassen
- LCFLEX: Modifizierter Chart-Parser
 - Überspringen von Wortformen
 - einfügen von Nichtterminalen
 - "weiche" Merkmalsuniformation



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 29

Robustes PSG-Parsing

- Kombiniertes Chart-Parsing (Fortsetzung)
 - Suchraumbeschränkung durch Beschränkung auf Hypothesen mit minimalem Strafmaß
 - Aufwand für Sätze der Länge 12

Fehler	BU-Zyk.	Lös.	TD-Zyklen	
			erste	letzte
ohne	198	1	0	0
ein Wort löschen	155	7	33	315
unbek. W. einfügen	156	3	132	289
bek. W. einfügen	170	5	99	325
unbek. W. ersetzen	150	3	42	109
			gesamt	
			0	1002
			1922	1775
			1162	



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 28

Eliminatives Parsing

- Parsing als Constraint-Satisfaction
 - Initiale Belegung durch *alle* möglichen Strukturrepräsentationen
 - Sukzessive Reduktion der Interpretationsvarianten durch (gewichtete) Constraints:
 - Parsing als Constraint Satisfaction
 - Parsing als Disambiguierung
 - Prozedur terminiert, wenn eindeutige Interpretation vorliegt:
 - Zielorientierte Analyse



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 30

Eliminatives Parsing

- Parsing als Constraint-Optimierung
 - Verwendung gewichteter Constraints
 - Gewichte als Maß für die Akzeptabilität einer Constraintverletzung
 - Auswahl der Strukturbeschreibung mit minimalen Constraintverletzungen
 - Optimierungsproblem
 - plausibilitäts-basierte Entscheidung



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 31

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Constraint Grammar (KARLSSON 1995)
 - Zuordnung von syntaktischen Markern zu Wortformen
 - oberflächenorientiert, funktionale Beschreibung
 - @+FMAINV finites Verb eines Satzes
 - @SUBJ grammatisches Subject
 - @OBJ direktes Object
 - @DN> Artikel modifiziert ein Nomen nach rechts
 - @NN> Nomen modifiziert eine Nomen nach rechts
 - partiell unterspezifizierte Dependenzrelationen



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 33

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Beispiel: Subjektdetektion
(@w=s! (@SUBJ) (1 VFIN) (1 ACTIVE)
(NOT *-1 @SUBJ) (NOT *1 @SUBJ))
Wähle aus einer Kategorienmenge deterministisch die Kategorie @SUBJ, wenn unmittelbar rechts davon ein finites Verb im Aktiv steht und weder im linken noch im rechten Kontext des Satzes die Kategorie @SUBJ vorkommt.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 35

Parsing als Constraint-Satisfaction

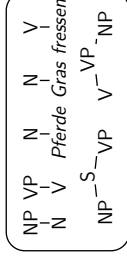
- kein vollständiges Verfahren zum Constraint Satisfaction
- Standard-Ablaufschema: maximal fünffaches Abarbeiten der Constraint-Menge
- anschließend optionale Einbeziehung heuristischer Constraints zurückhaltende Anwendung
 - nur einzeln
 - anschließend erneute syntaktische Disambiguierung



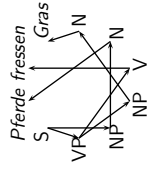
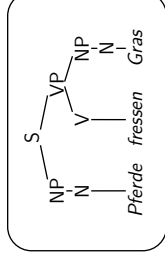
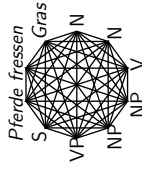
Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 37

Eliminatives Parsing

Konstruktives Parsing



Eliminatives Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 32

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Constraints
 - Bedingungen für die Verträglichkeit von syntaktischen Markern
 - indirekte Definition einer wohlgeformten Äußerung: akzeptabel ist alles, was keine Constraints verletzt



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 34

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Disambiguierung durch Constraint-Anwendung
 - Reduzieren der Menge von Markern
 - eliminatives Verfahren
 - nicht immer ist vollständige Disambiguierung möglich

Bill saw the little dog in the park
@SUBJ @+FMAINV @DN> @AN> @OBJ @<NOM @DN> @<P
@<ADVL



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 36

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Einbeziehung in ein komplettes morphosyntaktisches Analysesystem
 1. Vorverarbeitung
 - Umwandlung von Großbuchstaben
 - Interpunktionsanalyse
 - Behandlung fester Syntagmen
 2. Lexikonaktualisierung für neue Wörter (manuell)
 3. Morphologische Analyse
 4. lokale morphologische Disambiguierung
 5. Constraint Grammar ParsingMehrpass-Analyse



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 38

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Ablaufschema des Parsers
- (1) Satzgrenzenermittlung (Interpunktions-, Konjunktionen)
- (2a) kontextabhängige Disambiguierung
- (2b) Satzgrenzenermittlung
- (3a) kontextabhängige Disambiguierung
- (3b) Satzgrenzenermittlung
- (4) morphosyntaktische Abbildung
(morphologische → syntaktische Kategorien)
- (5) syntaktisches Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 39

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Grammatikgröße (Englisch): 2000 Constraints
- Analyseaufwand
 - Entwicklungssystem (Lisp)
3 ... 5 Wörter/s (Sparc2)
 - Produktionssystem (C)
400 ... 500 Wörter/s (Sparc 10)
- Analysequalität

	ohne Heuristik	mit Heuristik
disambiguiert (precision)	95.5%	97.4%
davon korrekt (recall)	99.7 ... 99.9%	99.6 ... 99.9%

Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 40

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Vorteile
 - rudimentäre Robustheit
 - Abbruch, wenn vollständige Disambiguierung erreicht
oder keine Constraints mehr zur Verfügung stehen
 - Parallelen zwischen Aufwand und Ergebnisqualität
- "Mental effort is needed for achieving clarity, precision and maximal information. Less efforts imply (retention of) unclarity and ambiguity, i.e. information decrease. In several types of parsers, rule applications create rather than discard ambiguities: the more processing, the less unambiguous information."



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 41

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Vorteile (Fortsetzung)
 - Bewertung des Analysefortschritts möglich
 - Nachteil: grobe oberflächensyntaktische Beschreibung



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 42

Parsing als Constraint-Satisfaction

- Erweiterung: Parsing als strukturelle Disambiguierung
- Constraint Dependency Grammar (MARUYAMA 1990)
- vollständig spezifizierte Dependenzrelationen
 $D \in W \times W \times I$



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 43

Parsing als Constraint-Satisfaction

- spezielle Selektorfunktionen
 - für den Relaktionszugriff
 - dom(x) modifizierter (dominierender) Knoten
 - dep(x) modifizierender (abhängiger) Knoten
 - lab(x) Kantenmarkierung
 - für den Knotenzugriff
 - word(x) Wortform
 - cat(x) (syntaktische) Kategorie
 - pos(x) Positionsindex
 - semprop(x) semantische Eigenschaften



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 44

Parsing als Constraint-Satisfaction

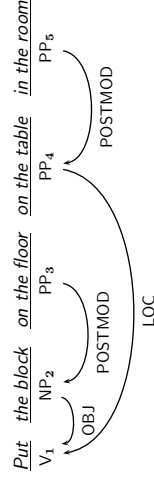
- unäre Constraints
 $cat(dep(X)) = D \rightarrow (lab(X) = DET \wedge cat(dom(X)) = N \wedge pos(dep(X)) < pos(dom(X)))$
 - Ein Artikel kann ein rechts von ihm stehendes Nomen mit der Relation DET modifizieren.
 - binäre Constraints
 $(dom(X) = dom(Y) \wedge cat(dom(X)) = V \wedge pos(dep(X)) < pos(dom(X)) \wedge pos(dep(Y)) < pos(dom(Y))) \rightarrow X=Y$
- Links vom finiten Verb des Satzes kann sich nur ein einziger Modifikator befinden.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 45

Parsing als Constraint-Satisfaction

- vollständiges Verfahren zur Bedingungsüberprüfung (Constraint Satisfaction)
- Beispiel: PP-Attachment



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 46

Parsing als Constraint-Satisfaction

- initiale Constraint-Menge

sy1: $\text{word}(\text{dep}(X)) = \text{PP} \rightarrow (\text{word}(\text{dem}(X)) \in \{\text{PP}, \text{NP}, \text{V}\} \wedge \text{pos}(\text{dom}(X)) < \text{pos}(\text{dep}(X)))$

Eine PP modifiziert eine NP, eine NP oder ein Verb links von ihr.

sy2: $(\text{word}(\text{dep}(X)) = \text{PP} \wedge \text{word}(\text{dom}(X)) \in \{\text{PP}, \text{NP}\}) \rightarrow \text{lab}(X) = \text{POSTMOD}$

Eine PP modifiziert eine PP oder eine NP durch eine POSTMOD-Relation.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 47

Parsing als Constraint-Satisfaction

- initiale Constraint-Menge (Fortsetzung)

sy5: $\text{word}(\text{dep}(X)) = \text{V} \rightarrow (\text{mod}(X) = \text{n11} \wedge \text{lab}(X) = \text{ROOT})$

Ein Verb modifiziert n11 durch eine ROOT-Relation.

Einziges binäres Constraint

sy6: $\text{pos}(\text{dom}(X)) < \text{pos}(\text{dep}(Y)) < \text{pos}(\text{dep}(X)) \rightarrow \text{pos}(\text{dom}(X)) \leq \text{pos}(\text{dom}(Y)) \leq \text{pos}(\text{dep}(X))$

Dependenzstrukturen sind projektiv.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 49

Parsing als Constraint-Satisfaction

- initiale Constraint-Menge (Fortsetzung)

sy3: $(\text{word}(\text{dep}(X)) = \text{PP} \wedge \text{word}(\text{dom}(X)) = \text{V} \rightarrow \text{lab}(X) = \text{LOC})$

Eine PP modifiziert ein V durch eine LOC-Relation.

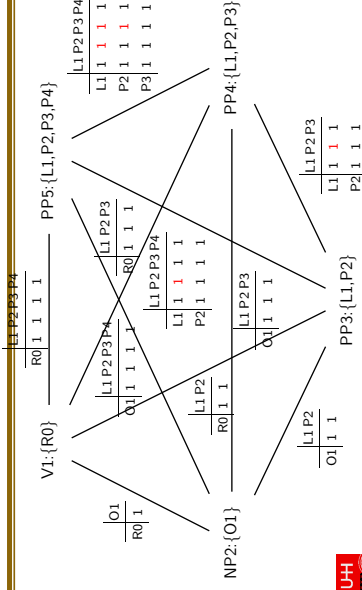
sy4: $\text{word}(\text{dep}(X)) = \text{NP} \rightarrow (\text{word}(\text{dom}(X)) = \text{V} \wedge \text{lab}(X) = \text{OBJ} \wedge \text{pos}(\text{dom}(X)) < \text{pos}(\text{dep}(X)))$

Eine NP modifiziert ein V links von ihr durch eine OBJ-Relation.



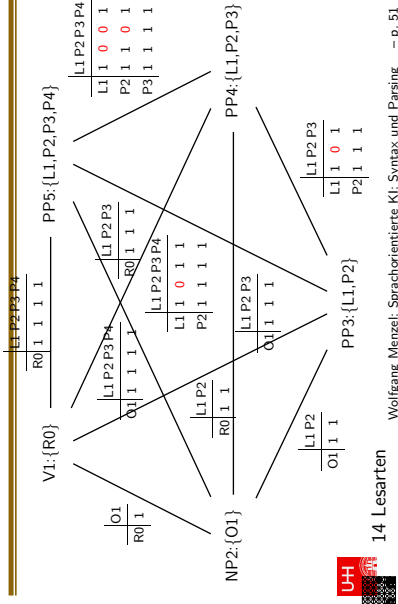
Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 48

Parsing als Constraint-Satisfaction



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 50

Parsing als Constraint-Satisfaction



14 Lesarten Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 51

Parsing als Constraint-Satisfaction

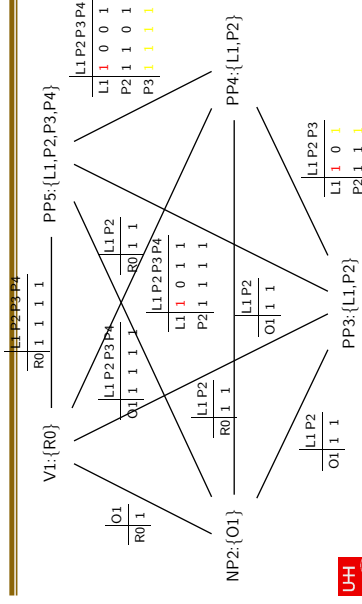
- Anwendung zusätzlicher Constraints (statische Semantik)

se1: $\text{word}(\text{dep}(X)) = \text{PP} \wedge \text{on-table} \in \text{semprop}(\text{dep}(X)) \rightarrow \neg(\text{floor} \in \text{semprop}(\text{dom}(X)))$
 Der Fußballer kann sich nicht auf dem Tisch befinden.
 se2: $(\text{lab}(X) = \text{lab}(Y) = \text{LOC} \wedge \text{dom}(X) = \text{dom}(Y)) \rightarrow \text{X} = \text{Y} \wedge \text{word}(\text{dom}(X)) = \text{V} \rightarrow \text{X} = \text{Y}$
 Ein Verb kann nicht zwei Lokalbestimmungen haben.



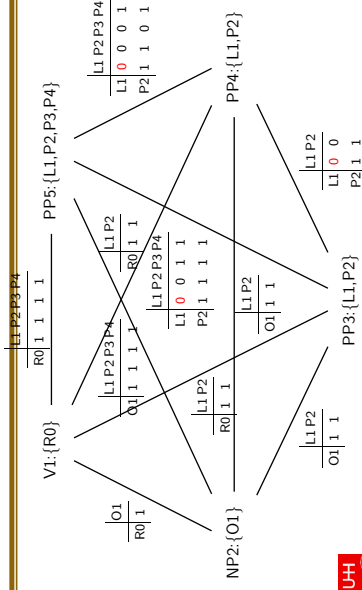
Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 52

Parsing als Constraint-Satisfaction



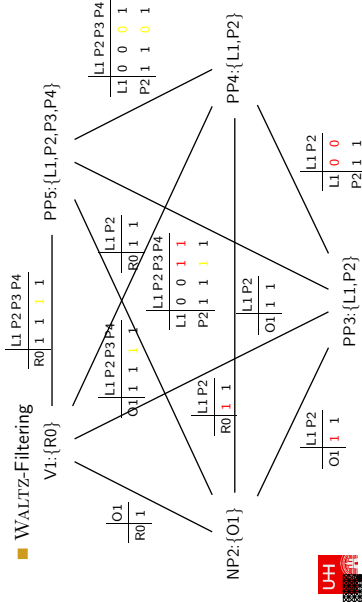
Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 53

Parsing als Constraint-Satisfaction



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 54

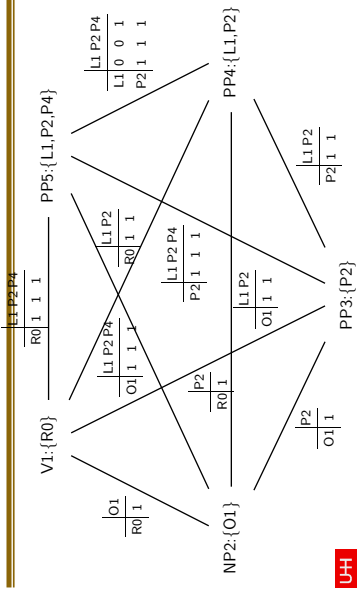
Parsing als Constraint-Satisfaction



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 55



Parsing als Constraint-Satisfaction



4 Lesarten Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 56



Parsing als Constraint-Satisfaction

- Anwendung zusätzlicher Constraints (dynamische Semantik)

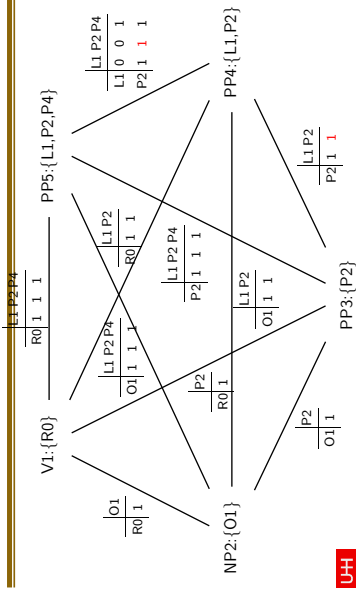
se3: (lab(X) = lab(Y) = POSTMOD \wedge dom(X) = dom(Y) \wedge block-is-on \in semprop(dep(X)) \wedge block-is-on \in semprop(dep(Y)))
 $\rightarrow X=Y$

Kein Objekt kann sich gleichzeitig auf zwei anderen befinden.



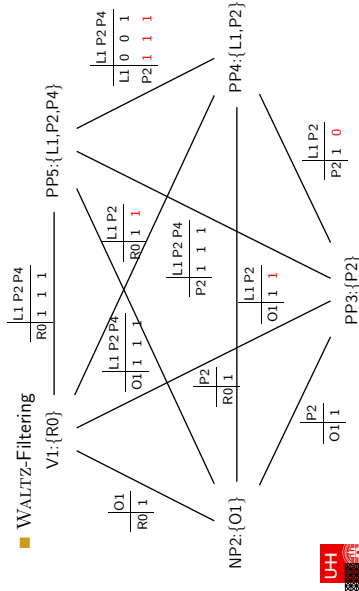
Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 57

Parsing als Constraint-Satisfaction



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 58

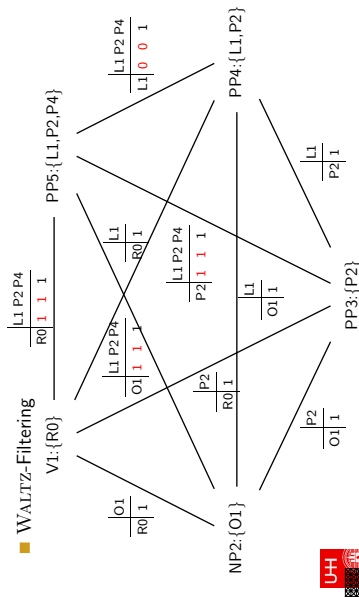
Parsing als Constraint-Satisfaction



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 59



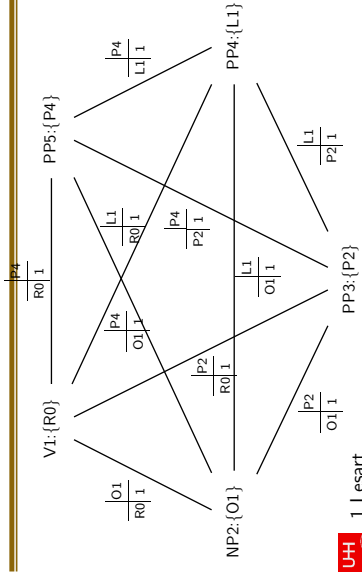
Parsing als Constraint-Satisfaction



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 60



Parsing als Constraint-Satisfaction



1 Lesart



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 61

Parsing als Constraint-Satisfaction

- CDG ist schwach kontextsensitiv
- Automatische Transformation (CFG \rightarrow CDG) ist möglich
- Analyseaufwand: $\mathcal{O}(|C| \cdot n^4)$
 - n Länge der Eingabekette
 - C Constraintmenge
- Vergleich CFG-Parser (EARLEY 1970): $\mathcal{O}(|G|^2 \cdot n^3)$
 - $|C| \approx |G|$ bei gleicher Sprache \mathcal{L}
 - für praktische Fälle gilt $|C| \gg n$



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 62

Parsing als Constraint-Satisfaction

- parallelisierte CDG-Version: $\mathcal{O}(|C| + \log(n))$ bei $\mathcal{O}(n^4)$ Prozessoren (HELZBERMAN UND HARPER 1992)
- sonstige Erweiterungen
 - Einbeziehung von lexikalischen Merkmalen an den Knoten
 - Worthythesegraphen als Eingabestruktur
 - lexikalische Mehrdeutigkeit
 - Erkennungsunsicherheit



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 63

Parsing als Constraint-Satisfaction

- keine direkte Kodierung von Existenzforderungen möglich
 - Modellierung obligatorischer Valenzen durch NEEDS-Rollen
- maximal binäre Constraints
 - Konsistenzforderungen sind auf lokale Strukturfragmente beschränkt
 - transitive Forderungen (z.B. Merkmalsprojektion) können nur approximiert werden
- gute Voraussetzungen für robuste Parsingstrategien



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 64

Parsing als Constraint-Optimierung

- Weighted Constraint Dependency Grammar (MENZEL 1995, SCHRÖDER ET AL. 2000)
- Gewichtete Constraints
- Lösungsverfahren
- Lernen von Constraint-Gewichten
- Robustheitseigenschaften
- Integration flacher Analyse



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 65

Gewichtete Constraints

- jedes Constraint erhält ein Gewicht
- Constraints sind prinzipiell verletzbar
- Gewichte modellieren den Grad zu dem eine Constraintverletzung akzeptiert werden kann
 - reduzierte Präferenz für Strukturhypothesen, die das betreffende Constraint verletzen
- symmetrischer Zugriff zu beiden Knoten an einer Dependenzkante
 - ursprüngliche DCG erlaubt nur den Zugriff zum abhängigen Knoten



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 66

Gewichtete Constraints

- Gewichte
- $p(c) = 0$ "harte" Constraints: müssen immer erfüllt sein, z.B. zum Lizenzieren der grundlegenden Baumstrukturen
- $0 < p(c) < 1$ "schwache" Constraints: können verletzt werden, solange keine bessere Alternative verfügbar ist
- $p(c) < < 1$ verletzbare Wohlgeformtheitsbedingungen
- $p(c) > 0$ Defaults, Präferenzen, usw.
- $p(c) = 1$ sinnlos, neutralisiert das Constraint



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 67

Gewichtete Constraints

- "harte" Constraints:
 - $\{X:SYN\}; det.noun_modification_1 : np : 0.0 :$
 - $X \uparrow cat = noun \wedge X \downarrow = det \rightarrow X:label = DET$
 - a determiner can modify a noun with label DET*
- verletzbare Constraints:
 - $\{X:SYN\}; det.noun_modification_2 : np : 0.1 :$
 - $X:label = DET \rightarrow X \downarrow pos < X \uparrow pos$
 - a determiner has to be left of its head noun*



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 68

Gewichtete Constraints

- verletzbare Constraints (Fortsetzung):
 - $\{X:SYN, Y:SYN\}; np_number_agreement : np : 0.2 :$
 - $X:label = DET \wedge Y:label = AMOD \wedge X \uparrow pos = Y \uparrow pos \rightarrow X \downarrow number = Y \downarrow number$
 - determiner and adjective within a noun phrase have to agree in number*
 - $\{X:SYN, Y:SYN\}; np_inflection_type : np : 0.2 :$
 - $X:label = DET \wedge Y:label = AMOD \wedge X \uparrow pos = Y \uparrow pos \rightarrow X \downarrow itype = Y \downarrow itype$
 - the adjective inflection (weak vs. strong) depends on the type of determiner*



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 69

Gewichtete Constraints

- präferentielle Constraints:
 - $\{X:SYN, Y:SYN\}; subj_obj_preference : clause : 0.7 :$
 - $X:label = SUBJ \wedge Y:label = DOBJ \wedge X \uparrow pos = Y \uparrow pos \rightarrow X \downarrow pos < Y \downarrow pos$
 - the subject tends to precede the object*
 - $\{X:SYN\}; short_attachment_preference : clause :$
 - $0.9 * (1 - 1/abs(X \downarrow pos - X \uparrow pos)) :$
 - $X:label = DOBJ \rightarrow abs(X \downarrow pos - X \uparrow pos) = 1$
 - shorter attachments (e.g. for the direct object) are preferred*



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 70

Gewichtete Constraints

- Gewichtsaggregation
 - Score: numerische Bewertung für einzelne Dependenzrelationen and Paare davon
 - Grad der bisher beobachteten Constraint-Verletzungen
- $s_0 = 1$
 - initiale Bewertung
- $s_i = s_{i-1} * p(c)$
 - Anwendung des i -ten Constraint mit Gewicht $p(c)$
- Zusammenfassen aller Kantenbewertungen eines Dependenzbaums ebenfalls durch Multiplikation



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 71

Gewichtete Constraints

- widersprüchliche Constraints
 - das Constraint-Satisfaction-Problem wird überbeschränkt
 - auch die beste Lösung ist im Normalfall inkonsistent
- gewichtete Constraints
 - "probabilistisches" CS-Problem (pCSP)
 - Bestimmen der optimalen Lösung für das pCSP
 - Constraint-Optimierung



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 72

Lösungsverfahren

- Knoten- und Kantenkonsistenz
 - ungeeignet für gewichtete Constraints
- heuristisches Pruning
 - extrem aufwendige Konstruktion des initialen Hypothesenraums
 - keine geeigneten Heuristiken verfügbar
- Heuristische Suche
 - sukzessive Konstruktion der Lösung aus Teilstrukturen
- Transformation
 - Anwendung von lokalen Reparaturen zur Verbesserung der Gesamtbewertung



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 73

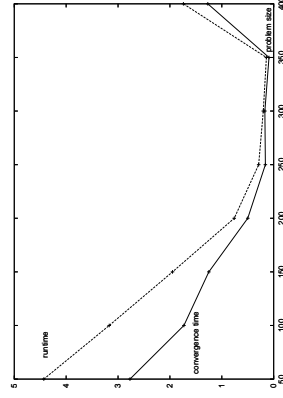
Lösungsverfahren

	Syntax	SUBJ	OBJ	...	Syntax	SUBJ	OBJ	...
a) the1	det/2	-	-	...	det/2	-	-	...
dog2	subj/3	-	-	...	subj/3	-	-	...
seems3	-	n_subj/2	-	...	-	n_subj/2	-	...
to4	to/5	-	-	...	to/5	-	-	...
likes5	inf/3	-	-	...	inf/3	-	-	...
the6	det/7	-	-	...	det/7	-	-	...
cat7	subj/3	-	-	...	obj/5	-	-	...



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 75

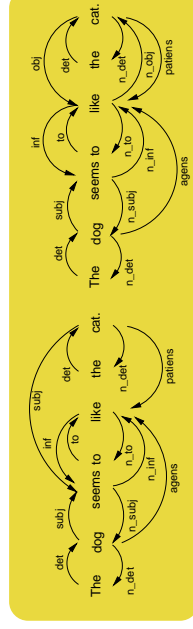
Lösungsverfahren



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 77

Lösungsverfahren

- Transformation



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 74

Lösungsverfahren

- Fehlergesteuerte Transformation mit perfektem Gedächtnis (FOTH 1998 ???)
 - Gradientenabstiegsverfahren
 - Ausbruch aus lokalen Minima: sukzessiv komplexere Transformationschritte → lokale Suche
 - heuristisch gesteuerte Tabu-Suche: Verwalten eines Schwellwerts für die Mindestbewertung von Teillösungen
 - schneller als best-first search für große Probleme



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 76

Lösungsverfahren

- GLS: guided local search
- Gedächtnis als Energie-Landschaft über dem Hypothesenraum (VODOURIS 1997)
- Transformation mit imperfektem Gedächtnis (SCHULZ 2000)
- augmentierte Bewertungsfunktion:

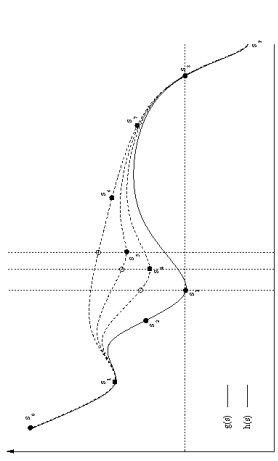
$$h(s) = g(s) + \lambda \cdot \sum_{i=1}^{|F|} n_i \cdot I_i^f(s)$$

f_i solution features



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 78

Lösungsverfahren



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 79

Lösungsverfahren

- Experimente zur (grobkörnigen) Parallelisierung
 - hochgradig informiert: alle Prozesse kennen die beste bisher gefundene Lösung
 - zwei Strategien:
 - kooperativ: versuche immer die beste Lösung zu verbessern
 - kompetitiv: verbessere weiter die eigene Lösung, aber nutze die bessere zum Pruning des Hypothesenraums
- kompetitiver Modus war etwas besser



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 81

Lösungsverfahren

- Nützlichkeit (utility): wo sollten die Gewichte der Bewertungsfunktion verändert werden?
- Lernstrategie:
 - hohe Kosten → hohe Nützlichkeit
 - wiederholte Reparaturversuche → geringe Nützlichkeit

$$util(s_*, f_i) = \frac{c_i}{1 + n_i}$$



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 80

Lösungsverfahren

- Vergleich

	Korrektheit	Vollständigkeit	Effizienz	Vorhersagbarkeit	Untersuchbarkeit	Terminierung
Pruning	--	--	+/-	++	--	++
Suche	++	+	--	--	--	++
Transformation	+	-	-	+	++	-



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 82

Lernen der Constraint-Gewichte

- Lernen probabilistischer Dependenzgrammatiken
CARROLL AND CHARNIAK (1992), COLLINS (1997), EISNER (1996), GRINBERG, LAFFERTY, SLEATOR (1996)
- Problem: zu viele Parameter
→ sparse data problem
- Constraints sind Abstraktionen über (Paare von) Dependenzrelationen
→ weniger Parameter



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 83

Lernen der Constraint-Gewichte

- alternative Idee: Anwendung von genetischen Algorithmen
- Verwendung der Constraint-Gewichte als Gene
- genetische Veränderungen
 - Kreuzung (crossover)
 - Mutation
- Selektion der besten Individuen aufgrund eines Fitness-Maßes



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 84

Lernen der Constraint-Gewichte

- Kreuzung mit Genaustausch: Die Gene zweier Individuen werden "gemischt".

$$\begin{matrix} .1 & .2 & .3 & .4 \\ .8 & .6 & .3 & .2 \end{matrix} \rightarrow MC \rightarrow \begin{matrix} .1 & .6 & .3 & .4 \\ .8 & .2 & .3 & .2 \end{matrix}$$
- Kreuzung mit arithmetischer Gemittlung: Der Nachfahre erhält als Gen das gewichtete arithmetische Mittel der beiden Eltern

$$\begin{matrix} .1 & .2 & .3 & .4 \\ .8 & .6 & .3 & .2 \end{matrix} \rightarrow AC \rightarrow \begin{matrix} .45 & .4 & .3 & .3 \end{matrix}$$



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 85

Lernen der Constraint-Gewichte

- Mutation
 - relative Mutation: Ein Gewicht wird zufällig vergrößert bzw. verkleinert, abhängig von seinem gegenwärtigen Wert.
 - absolute Mutation: Ein Gewicht wird zufällig gesetzt.
 - Nullmutation: Das Gewicht wird auf den Wert null gesetzt.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 86

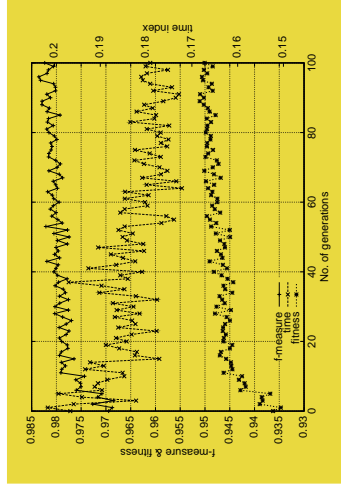
Lernen der Constraint-Gewichte

- konstante Populationsgröße (30)
- gemischtes Fitnessmaß: 0.8 Akkuratheit, 0.2 Verarbeitungszeit
- Training: 220 Sätze, Test: 90 Sätze
- erstes Experiment: Kann eine manuell optimierte Grammar weiter verbessert werden?
 $p_{acc} = 0.25$, $p_{mcc} = 0.25$, $p_r = 0.02$, $p_a = 0.002$ and $p_z = 0.002$.



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 87

Lernen der Constraint-Gewichte



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 88

Lernen der Constraint-Gewichte

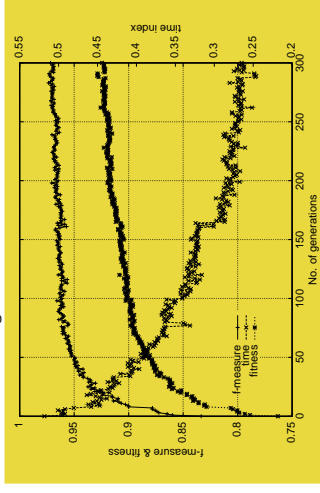
- zweites Experiment: Können die Gewichte ausgehend von einer zufälligen Initialisierung gelernt werden?
 $p_{acc} = 0.25$, $p_{mcc} = 0.25$, $p_r = 0.02$, $p_a = 0.0$ and $p_z = 0.0$.
Kleine Parametermodifikation und zufällige Störungen um lokale Minima zu überwinden



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 89

Lernen der Constraint-Gewichte

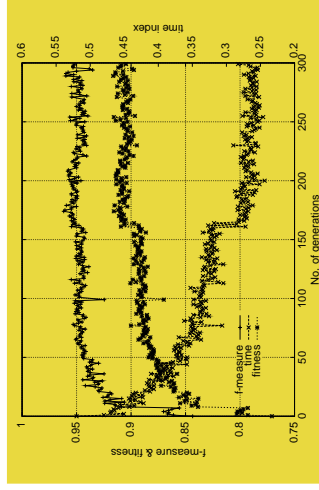
Resultate auf den Trainingsdaten



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 90

Lernen der Constraint-Gewichte

Resultate auf den Testdaten



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 91

Robustheitseigenschaften

- Robustheit gegen ...
 - ... fehlerhaften Input
 - ... Zeitdruck
 - ... unvollständige Eingaben



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 92

Robustheit gegen fehlerhaften Input

- strikte Trennung zwischen dem Raum möglicher Strukturbeschreibungen und der Grammatik
 - Constraints sind vollständig unabhängig
 - praktisch beliebigem Input wird eine Strukturbeschreibung zugeordnet



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 93

Robustheit gegen fehlerhaften Input

- FOTH, MENZEL, SCHRÖDER 2004
 - künstlich gestörte Sätze
 - geänderte Flexion (50%)
 - Löschen des Wortes (30%)
 - Austausch benachbarter Schwesterkonstituenten (20%)
 - pro Durchlauf im Mittel jedes 10. Wort verändert



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 94

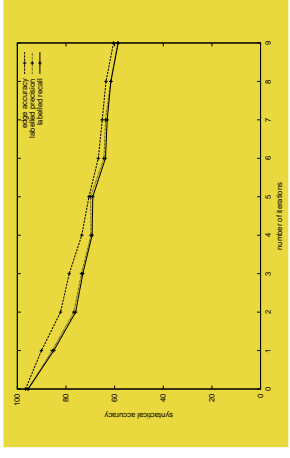
Robustheit gegen fehlerhaften Input

- 10 Durchläufe:
Dann lassen Sie uns doch noch einen Termin ausmachen
Dann lassen Sie uns \emptyset noch einen Termin ausmachen
Dann lasse Sie uns noch einen Termin ausmachen
Dann lasse Sie noch einen Termin ausmachen uns
- Auswirkung der Fehlertypen
 - Störung der Konstituentenreihenfolge (88.1% Akkuratheit)
 - geänderte Flexion (83.1% Akkuratheit)
 - Löschen einer Wortform (78.7% Akkuratheit)



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 95

Robustheit gegen fehlerhaften Input

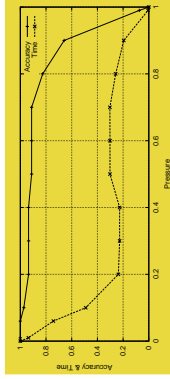


Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 96

Robustheit gegen Zeitdruck

- Suche: Beschleunigung durch Constraintverschärfung

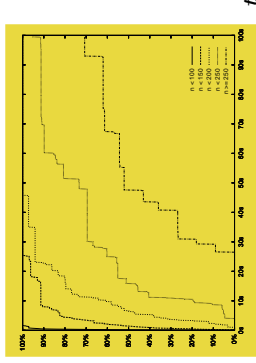
$$p'(c) = \begin{cases} 0 & p(c) < \vartheta \\ p(c) & \text{else} \end{cases}$$



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 97

Robustheit gegen Zeitdruck

- Transformation: Qualität einer Lösung wächst mit der Zeit



starke Anytime-Eigenschaft: Unterbrechung zu (fast) beliebigen Zeitpunkten möglich



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 99

Integration flacher Analyse

- EACL 2003
- Informationsfusion
- Nutzung unsicheren Wissens
 - Tagger
 - Chunker



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 101

Robustheit gegen unvollständigen Input

- Voraussetzung für inkrementelle Analyse
- Coling 2000



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 98

Robustheit gegen Zeitdruck

- Transformation: Schwellwert für die minimale Qualität einer Lösung
→ Reduktion der mittleren Laufzeit um den Faktor 2 ... 3
- Transformation: Qualität einer Lösung wächst mit der Zeit
 - starke Anytime-Eigenschaft: Berechnung kann zu (fast) beliebigen Zeitpunkten unterbrochen werden

Fehler sensitives Parsing

- nicht nur Tolerieren von ungrammatischem Input
- vor allem: Diagnostizieren und Erklären von Fehlern
- Anwendungen
 - für den (Fremd-)Sprachenunterricht
 - für qualitativ hochwertige Grammar-Checker



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 102

Fehler sensitives Parsing

- SCHWIND 1988, 1995
- Metamorphosis-Grammar mit spezieller Unifikation
 - liefert beim Scheitern der Unifikation eine Fehlerbeschreibung



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 103

Fehler sensitives Parsing

- Überprüfung von Kongruenzforderungen erfolgt nur innerhalb einer Konstituente
 - teilweise unplausible Diagnosen
- *Der Götter zürnen.*
- masc.nom.sg masc.nom.pl
all.gen.pl masc.gen.pl
masc.acc.pl
- *der Götter* ist ok (genitiv plural)
 - Kasusvorgabe für das Subjekt ist verletzt
 - alternative Interpretation: Numerus-Fehler (sg. vs. pl)
 - strukturelle Fehler werden durch Fehlerregeln modelliert



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 104

Fehler sensitives Parsing

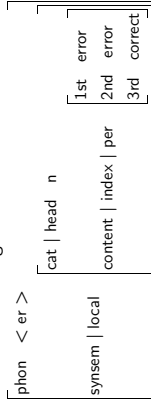
- REUER 2003
- LFG mit modifiziertem Earley-Parser
- auch Existenzforderungen können über eine Bedingungsrücknahme diagnostiziert werden
- spezieller Mechanismus für Anordnungsfehler
 - überflüssiges Material wird auf eine Halde gelegt
 - späteres Einsetzen an geeigneter Stelle
 - auch über Konstituentengrenzen hinweg
 - keine Behandlung von Einfügungen, weil selten beim Zweitspracherwerb



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 105

Fehler sensitives Parsing

- HEIFT 1998
- Modellierung von Bedingungsverletzungen mit den Mitteln der normalen Unifikation
- direkte Kodierung von Bedingungsverletzungen in den Featurestrukturen einer HPSG
- Wörterbucheintrag für *er*



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 107

Fehler sensitives Parsing

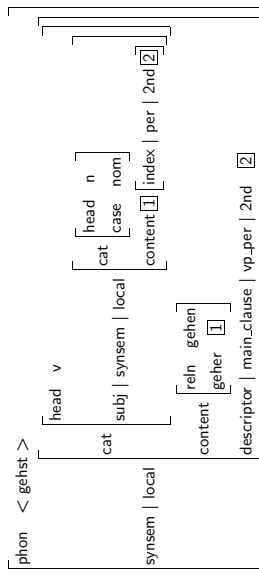
- Unifikation von
 - $\left[\begin{array}{l} \text{sysem} | \text{local} | \text{content} | \text{index} | \text{per} \\ \left[\begin{array}{l} \text{1st error} \\ \text{2nd error} \\ \text{3rd correct} \end{array} \right] \end{array} \right]$
- mit
 - $\left[\text{sysem} | \text{local} | \text{content} | \text{index} | \text{per} | \text{2nd} \right]$
- ergibt
 - $\left[\text{sysem} | \text{local} | \text{content} | \text{index} | \text{per} | \text{2nd} \right]$ error
- und wegen der Koreferenz auch
 - $\left[\text{descriptor} | \text{main_clause} | \text{vp_per} | \text{2nd} \right]$ error



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 109

Fehler sensitives Parsing

- Wörterbucheintrag für *geht*



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 108

Fehler sensitives Parsing

- lexikalische Fehlerperspektive
- einseitige Fehlerlokalisierung
- bisher nur für strukturell stark beschränkte Übungen eingesetzt



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 110

Fehlersensitives Parsing

- MENZEL 1992, MENZEL/SCHRÖDER 1998
- modell-basierte Diagnose
 - Simulation von Constraint-Verletzungen
 - hohe Präzision auch bei transitiven Forderungen (Kongruenz, Projektion)
 - verschiedene Fehlerperspektiven (Regeln vs. Fakten)
 - aber: Struktur muss bekannt sein



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 111

Fehlersensitives Parsing

- WCDG:
 - Struktur kann ermittelt werden
 - Constraintverletzungen können als Diagnosen interpretiert werden
 - aber: transitive Forderungen werden nicht korrekt behandelt



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 113

Fehlersensitives Parsing

- höhere Robustheit durch Mehrebenenanalyse
- Syntax
 - Valenzmöglichkeit und -notwendigkeit, Rektion, Anordnung, Kongruenz, ...
- Semantik
 - Thematische Rollen, selektionale Restriktionen, ...
- Mapping
 - syntaktische Funktionen ↔ thematische Rollen
- TRUESWELL, TANENHAUS, GARNSEY (1994):
 - modular representation, but integrated processing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 115

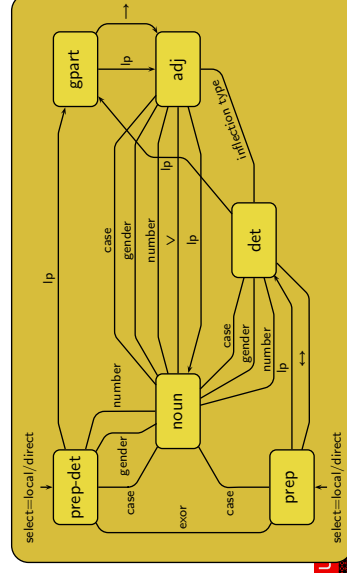
Fehlersensitives Parsing

- Abgleich von Konflikten zwischen der syntaktischen Form und semantischen Erwartungen
 - semantische Constraints unterstützen die syntaktische Disambiguierung
 - plausibilitätsgesteuerte Verarbeitung von fehlerhaften Äußerungen
 - dynamische Integration von Kontextwissen
 - syntaktische Evidenz kann die semantischen Erwartungen überschreiben
 - Kommunikation von neuem Inhalt
 - Erwartungsverletzungen erzeugen Aufmerksamkeit



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 117

Fehlersensitives Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 112

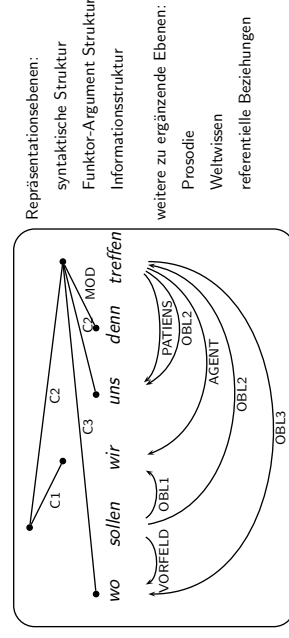
Fehlersensitives Parsing

- Kopplung der modellbasierten Diagnose mit dem WCDG-Parser
 1. WCDG-Parser
 - ermittelt Strukturbeschreibung
 - diagnostiziert einige Fehlertypen (fehlendes oder überflüssiges syntaktisches Material, Anordnungsfehler)
 2. Konstruktion eines Bedingungsnetzes für die Modellbasierte Diagnose aus dem Syntaxbaum
 3. modellbasierte Diagnose
 - vollständige Berücksichtigung transitiver Bedingungen
 - Berücksichtigung verschiedener Fehlerperspektiven



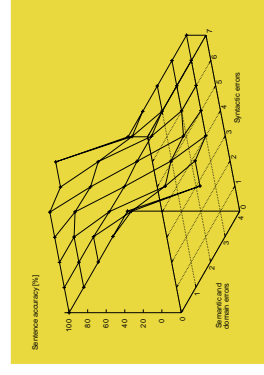
Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 114

Fehlersensitives Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 116

Fehlersensitives Parsing



Wolfgang Menzel: Sprachorientierte KI: Syntax und Parsing – p. 118

Fehlersensitives Parsing

- Verarbeitung spiegelt den kognitiven Aufwand wider:
Ignorieren < Detektieren < Lokalisieren < Diagnostizieren < Korrigieren
- Unterstützung der Analyse durch Weltwissen möglich
 - propositional repräsentierte graphische Information
 - propositionaler Inhalt einer einfachen Geschichte

