14 Zusammenfassungen

Sitzung 11: Statistische Syntaxmodelle
- 11.1 Probabilistische kontextfreie Grammatiken (PCFGs)
- 11.2 Statistische Dependenzmodelle

Sitzung 12: Datengestützte Syntaxmodelle
- 12.1 Induzierte PCFG-Modelle

Sitzung 13: Partielles Parsing
- 13.1 Partielles Parsing
- 13.1 Komplexität natürlicher Sprachen

Zusatz: Parsing mit neuronalen Netzen

14 Zusammenfassungen

Sitzung 2: Einführung

- **Syntax-, Grammatik- und Satzbegriff**
- **Syntax natürlicher Sprachen**
  $\rightarrow$ Regeln der Kombination von Wörtern zu Sätzen (Satzlehre)
- **Konstituentenstruktur**
  $\rightarrow$ Analyse der Hierarchie **syntaktischer Einheiten** (Phrasenstrukturgrammatik im weiteren Sinne)
  $\rightarrow$ Strukturinformationen in Knoten des Syntaxbaums (Konstituenten = phrasale Einheiten)

- **Dependenzstruktur**
  → Analyse der hierarchischen **syntaktischen Abhängigkeitsrelationen** zwischen Wörtern (Wortgrammatik)
  → Strukturinformationen in Kanten des Syntaxbaums (grammatische Relationen als funktionale Kategorien)

- **formale Grammatik**
  → mathematische Struktur zur Modellierung natürlichsprachlicher Satzstruktur
  → kontextfreie Grammatik (CFG) als Phrasenstrukturgrammatik im engeren Sinne (PSG)

- **Parsing**

  $\rightarrow$ algorithmische Verarbeitung von formalen Grammatiken zur automatischen Satzstrukturanalyse

  $\rightarrow$ Erkennung der Wohlgeformtheit (Grammatikalität) einer Eingabe

  $\rightarrow$ Wiedergabe der syntaktischen Struktur (Syntaxbaum)

Sitzung 3: Syntaktische Kategorien

- **Syntaktische Einheiten = Konstituenten**

  → ***Wörter - Phrasen - Sätze***

  → *Wörter =* ***elementare Einheiten***

  → *Phrasen = Gruppen von Wörtern,* ***Erweiterung um Phrasenkopf***

  → *Feststellbar durch* ***Konstituententests***

- **Kategorisierungen syntaktischer Einheiten**

  → ***syntaktische Kategorie*** *= Menge von syntaktischen Einheiten mit gleichen* ***morphosyntaktischen Eigenschaften*** *(Abstraktionsklasse)*

  → *Klassen primär definiert über* ***Austauschbarkeit im gleichen Kontext***

  → ***sprachabhängig!***

- **Wortarten = Lexikalische Kategorien (Wortklassen)**

  → *im gleichen Kontext austauschbare Wörter*

  → *Hauptkategorien:* ***Nomen, Verb***

  → *Modifikatoren:* ***Adjektiv, Adverb***

  → *Nominale Begleiter und Proformen:* ***Pronomen, Determinativ***

  → *Weitere Kategorien:* ***Adposition, Konjunktion, Partikel***

- **Phrasenkategorien (Konstituentenklasse)**

  → *im gleichen Kontext austauschbare Konstituenten (Wortfolgen)*

  → *definiert durch* ***Wortart des Phrasenkopfs***

  → *nur bestimmte Wortarten sind* ***phrasenbildend***

  → *Phrasen können* ***komplex*** *sein, d. h. andere Phrasen enthalten (`PP = P + NP; NP = NP + PP`)*

  → ***Nominal-, Verbal-, Adjektiv-, Adverb-, Adpositional-Phrase***

Sitzung 4: Syntaktische Relationen: Konstituenz

- **Konstituentenstruktur (auch: Phrasenstruktur)**
  → Konstituenz = **Teil-Ganzes-Beziehung** zwischen sprachlichen Einheiten (Konstituenten)
  → Relation der **unmittelbaren Dominanz** zwischen Einheit und ihren unmittelbaren Konstituenten
  → **in phrasalen Einheiten** können neben lexikalischen auch **phrasale Einheiten anderer oder gleicher Kategorie** vorkommen
  ⇒ **hierarchischer, rekursiver Strukturaufbau**
  → **Merkmalsvererbung** vom **Kopf als Phrasenkern** an Phrase
  → Köpfe werden im Syntaxbaum nach oben weitergereicht (**Perkolation**)
  → Analyse **diskontinuierlicher Phrasen** über *traces* (Spuren)

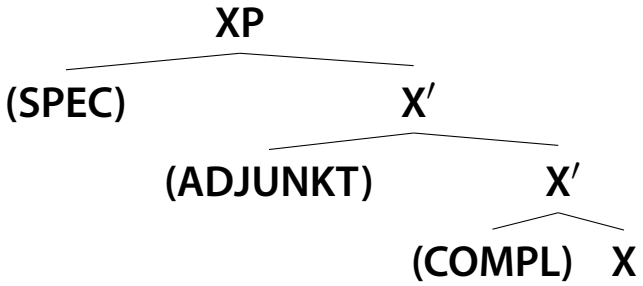
- **Kontextfreie Grammatik**
  → formale Grammatik mit **kontextfreien Regeln**
  → verwendet zur **Modellierung der Konstituentenstruktur natürlicher Sprache**
  → Phrasenstrukturgrammatik (**PSG**) im engeren Sinne
  → beschreibt Regeln der **Kombination von lexikalischen und phrasalen Kategorien** (nichtterminale Symbole) **zu phrasalen Kategorien und Sätzen** (Startysmbol S)
  → Eine syntaktische Struktur (**Syntaxbaum**) wird von einer Grammatik erfüllt, wenn eine **Ableitung aus den als Produktionsregeln** aufgefassten Regeln der Grammatik existiert

- **X-Bar-Schema**

  → Beschränkung der Struktur: **binäre Verzweigung**: $A \rightarrow B\ C$

  → Einführung phrasaler **Analyseebene zwischen Phrase und Kopf (X')**

  → gleichartiges Schema für alle Phrasen:



  → **Komplement**: Schwester von Kopf, Tochter von X'

  → **Adjunkt**: Schwester von X', Tochter von X'

  → **Spezifizierer**: Schwester von X', Tochter von XP

- **CFGs als Konstituentenstrukturmodell**
  → Modellierung des **hierarchischen, rekursiven Aufbaus** natürlicher Sprache aus lexikalischen und phrasalen Kategorien
  → **X-Bar: Differenzierung Argument-Adjunkt-Spezifizierer**
  → Nichtberücksichtigung von Morphosyntax und Subkategorisierung → **Übergenerierung**

- **Erweiterungen von CFGs**
  → Einführung **komplexerer atomarer Kategorien**
  → **Merkmalsstrukturen** (Unifikationsgrammatiken)
  → Auswahl durch **probabilistisches Modell** (PCFG)

Sitzung 5: Syntaktische Relationen: Dependenz

- **Dependenzstruktur**

  → Untersuchung der **Abhängigkeit von *Vorkommen* und *Form*** von Wörtern im Satz

  → **Dependenzrelation =** binäre asymmetrische Relation zwischen Wörtern (Kopf und Dependent)

  → 2 Typen von Abhängigkeiten:

  → ***Rektion*** *(bilaterale Abhängigkeit):* → ***Komplemente***

  → ***Modifikation*** *(unilaterale Abhängigkeit):* → ***Modifikatoren***

  → **Valenzgrammatik**: Untersuchung ausgehend vom Verb

- **Komplement** (valenzgrammatisch: **Ergänzung / Aktant**)
  → **obligatorischer Dependent** (gefordert vom Kopf)
  → aber: kann **fakultativ** sein

- **Modifikator**
  → **optionaler Dependent**
  → hängt ab von Kopf, aber wird nicht vom Kopf gefordert
    → *verbal:* ***Adjunkt*** (valenzgrammatisch: **Angabe / Zirkumstant**)
    → *nominal:* ***Attribut***

- **Dependenzrelationen als syntaktische Funktionen**
  → **Kategorisierung der Dependenzrelationen nach syntaktischem Verhalten der Dependenten**
  → Feststellung der **syntaktischen Funktion** einer Einheit, die sie in Bezug auf ihren Kopf einnimmt (z.B. Objekt-Komplement)

- **Grammatische Relationen** → **syntaktische Funktion verbaler Dependenten** (= Satzglieder)
  → **Subjekt**: Kernargument intransitiver Satz, Kongruenz mit Verb
  → **Objekt:** passivierbares Patiens-Argument transitiver Satz
  → **indirektes Objekt:** Recipient-Argument ditransitiver Satz
  → **Adverbial:** nicht-zentrales, peripheres Argument

- **Attributfunktionen $\rightarrow$ Syntaktische Funktion nominaler Modifikatoren**
  - Adjektiv-/Partizipial-Atribut
  - Präpositionales Attribut
  - Genitiv-Attribut
  - Determinativ
  - Apposition
  - Attributsatz

- **Dependenzgrammatik**
  → formale Repräsentation als **gerichteter Graph**
  → **Wortgrammatik**
  → Strukturinformation in den Kanten (Relationen)
  → Transformation Konstituenten- in Dependenzstruktur möglich
  → Hauptvorteil gegenüber PSGs: **Grammatische Funktionen direkt kodiert**

- **Übersicht: Adverbial, Angabe, Ergänzung, Präpositionalobjekt**

Dependenztyp	syntaktische Funktion	Auftreten	Form	Beispiel
Komplement/Ergänzung	Subjekt / Objekt auch Präpositionalobjekt:	**valenzgefordert**	**valenzgefordert**	***jemandes*** *gedenken* ***an jmd.*** *denken*
Komplement/Ergänzung	Adverbial	**valenzgefordert**	***nicht*** valenzgefordert	***auf den Tisch / ins Wasser*** *stellen*
Adjunkt/Angabe	Adverbial auch Kasusadverbial:	*nicht* valenzgefordert	*nicht* valenzgefordert	*Es regnet* ***(im Park / auf den Tisch)*** *Es geschieht* ***dieser Tage***

- **adverbiale Angabe vs. Präpositionalobjekt:**
  - *Er wartet **auf dem Berg auf die Sonne**.*
  - **adverbiale Angabe (*auf dem Berg*; wo?, Dativ) ist optional (weder Auftreten noch Form valenzgefordert):**
    - *Er wartet* **...** *auf die Sonne.*
    - *Er wartet **im Park** auf die Sonne.*
  - **Die Form des präpositionalen Komplements von *warten* (*auf die Sonne*) ist valenzgefordert (worauf?, Akk.):**
    - **Er wartet **zur Sonne**.*
    - **das Auftreten ist aber fakultativ:** *Er wartet* **....**

- **adverbiales Komplement:**
  - **Auftreten der PP ist valenzgefordert**:
    - **Er stellt die Blumen.*
  - **aber: Verb verlangt keine Formeigenschaft:**
    - *Er stellt die Blumen* ***auf den Tisch****.*
    - *Er stellt die Blumen* ***ins Wasser****.*

Sitzung 6: Morphologische Form syntaktischer Funktionen

- **Sprachliche Ausdrucksmittel syntaktischer Funktionen**
  → strukturell über **Wortstellung**
  → morphologisch über **Flexionsmorphologie**

- **morphologische Kodierung grammatischer Relationen** über:
  → **Kasus:** Markierung der Funktion der Relation zwischen Verb und Dependent durch **Marker am Dependent** (Rektion)
  → **Agreement:** Markierung der Funktion der Relation zwischen Verb und Dependent durch **Merkmalskongruenz**

- **Merkmalsstrukturen**

  $\rightarrow$ **formale Repräsentation von grammatischen Kategorien**

  $\rightarrow$ **atomare oder komplexe Werte** (Merkmalsstruktur als Wert, z.B. für Bündelung von Agreementmerkmale)

  $\rightarrow$ **Beschreibung** von lexikalischen Einheiten und Kategorien als komplexe Objekte, die über **Merkmale** definiert sind:

Wortformen: $Hund \begin{bmatrix} \text{CAT} & N \\ \text{AGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM} & SG \\ \text{GEN} & MASK \end{bmatrix} \end{bmatrix}$, $der \begin{bmatrix} \text{CAT} & DET \\ \text{AGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM} & SG \\ \text{GEN} & MASK \\ \text{CASE} & NOM \end{bmatrix} \end{bmatrix}$

lexikalische Kategorien: $[\text{CAT} \quad N]$ $[\text{CAT} \quad DET]$

(unterspezifiziert)

- **Verwendung in Syntaxanalyse**
  $\rightarrow$ Verwendung in **PSG-Regeln zusammen mit Constraintregeln** zum **Ausdruck von Abhängigkeiten** zwischen durch unterspezifizierte Merkmalsstrukturen repräsentierten **Kategorien**
  $\rightarrow$ nominales Agreement: **Beschränkung** der durch die PSG-Regel repräsentierten **Kombination** von Determinativ und Nomen **auf Übereinstimmung im AGR-Merkmal**:

$$\begin{bmatrix} \text{CAT} & NP \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \text{CAT} & DET \\ \text{AGR} & \boxed{1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{CAT} & N \\ \text{AGR} & \boxed{1} \end{bmatrix}$$

- **Unifikation**

  $\rightarrow$ **Constraintregel**: entspricht Anweisung auf Durchführung von **Unifikation** zur **Feststellung der Vereinbarkeit**

  $\rightarrow$ nominales Agreement: Feststellung der Vereinbarkeit dieser **AGR-Teil-Merkmalsstrukturen**:

$$\begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{SG} \\ \text{GEN} & \textit{MASK} \\ \text{CASE} & \textit{NOM} \end{bmatrix} \sqcup \begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{SG} \\ \text{GEN} & \textit{MASK} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{NUM} & \textit{SG} \\ \text{GEN} & \textit{MASK} \\ \text{CASE} & \textit{NOM} \end{bmatrix}$$

Funktionale Kategorien und sprachtypologische Varianz syntaktischer Kodierung (Zusatz)

- ***Funktionale Kategorien***

  → *Funktionale Syntax: Untersuchung der* ***systematischen Variation von morphosyntaktischer Kodierung*** *mit* ***semantischer und pragmatischer Rolle***

  → ***Diathesen:*** *syntaktische Operation der* ***Manipulation der Abbildung semantischer Rollen*** *auf Grammatische Relationen*

  → **Passivierung: Promotion des Patiens**-Arguments in Subjektposition

  → ***Topik-Fokus-Struktur: kontextabhängige****, pragmatische* ***Struktur der Äußerung****, die u. a. über syntaktische Operationen wie* ***Linksversetzung*** *oder* ***Cleftsätze*** *angezeigt werden kann*

- ***Morphosyntaktische Typologien***
  → ***Varianz*** *in der Kodierung syntaktischer Funktionen im* ***Sprachvergleich***
  → *Systematische* ***Differenz in der Abbildung semantischer Rollen*** *auf Grammatische Relationen:* ***Akkusativ- vs. Ergativsprachen***
  → ***Aktiv-Sprachen*** *wie das Georgische kodieren primär die* ***semantische Rolle***
  → ***Topik-prominente Systeme*** *wie das Japanische kodieren primär die* ***pragmatische Rolle***

Sitzung 7: Unifikationsgrammatiken

- **Unifikationsbasierte Erweiterungen** von CFGs
  → Modellierung von **Agreement-, Rektions- und Subkategorisierungs-Constraints**
  → Modellierung von wortstellungsbezogenen Abhängigkeiten wie **Subjekt-Verb-Inversion** und ***long distance dependencies***

- **Subkategorisierung**
  → Differenzierung der Klasse der Verben **nach Anzahl und Art ihrer Argumente** (z. B. auch nach abhängigen Sätzen)
  → **Subkategorisierungsprinzip**: Verb kann nur in **Umgebung** auftreten, die **seinem Subkategorisierungsrahmen entspricht**
  → mit **kontextsensitiven Regeln** oder als **Merkmalsconstraint** modellierbar

Sitzung 8: Komplexe Satzkonstruktionen und Wortstellung

- **Wortstellung**
  → **strukturelle** Kodierung syntaktischer Funktion
  → **Positionierung** syntaktischer Einheiten

- **Wortstellungssyntax des Deutschen**
  → Verbstellungstypen: **V1, V2, VE**
  → **Verbstellungs-Split** kodiert Satzfunktion:

- V2 (Verbzweitstellung): **Aussagesatz**
- V1 (Verberststellung): **Aufforderungs-/Wunsch-/Fragesatz**
- VE (Verbendstellung): **Nebensatz**

- **Stellungsfeldermodell**
  → **Lineares Modell** der Wortstellung des Deutschen, Analyse der Stellungsmöglichkeiten der Satzglieder
  → **Einteilung in Felder**, ausgehend vom flektiertem Verbalkomplex als **Satzklammer**
  → **diskontinuierliche Verbalphrase** kennzeichnend für Neuhochdeutsch
  → bei Verbzweitstellung kann **ein** beliebiges Satzglied ins Vorfeld gestellt werden (**Topikalisierung** bzw. **Fokussierung**
  → **Topik-Es** als Platzhalter wenn Vorfeld-Position unbesetzt
  → **Wortstellungsregeln** der Anordnung von Satzgliedern im Mittelfeld, insbesondere '**Thema-vor Rhema**' (pragmatische Wortstellung)

- **Komplexe Satzkonstruktionen**
  → **Einfache Sätze** als **Konstituenten von komplexen Sätzen**
  → **Koordination** = **gleichrangige** Verbindung: Sätze bilden als **Ko-Konstituenten** einen komplexen Satz
  → **Subordination** = **Einbettung** eines Satzes **als Satzglied des übergeordneten Satzes** (Matrixsatz)
  → in **Dependenzanalyse**: **Verb des eingebetteten Satzes ist Dependent** von Verb des übergeordneten Satzes
  → in **Konstituentenanalyse**: je nach Typ **andere Position im Syntaxbaum**: z.B. Objektsatz als Subkonstituente von VP
  → **rekursive Einbettung**

- **Typen von eingebetteten Sätzen**
  → **Komplementsatz**: Subjekt- und Objektsatz
  → **Adverbialsatz**
  → **Attributsatz**: Relativsatz, adnominaler Substantivsatz
  → **Prädikativsatz**

- **Infinite Satzkonstruktionen**
  → können wie finite Sätze **als Satzglied auftreten**
  → **nicht-flektiert**, kein Subjekt
  → **Kontrolle durch Subjekt oder Objekt des Matrixsatzes**

- **Verbale Konstruktionen des Deutschen**
  → **Hilfs-und Modalverben (Auxiliare)** bilden **mit infiniter Verbform** einen **Verbalkomplex**
  → **Auxiliar** als **linker Teil der Satzklammer**
  → **Satzklammer:** Aufteilung Satz in Felder → Vorfeld, Mittelfeld, Nachfeld
  → **Kopula** als **prädikatives Hilfsverb**, das mit einem Nomen, Adjektiv oder Satz eine **Eigenschaft** über das Subjekt oder Objekt prädiziert

Sitzung 9: Parsing-Algorithmen

- 2 Klassen von **Parsing-Algorithmen**: **top-down** / **bottom-up**
  - top-down: **PREDICT + SCAN** (*Regelanwendung* + *Abgleich*)
    $\rightarrow$ probiert jede anwendbare Ersetzungsregel aus
    $\rightarrow$ im Problemfall: ***Backtracking*** *notwendig*
  - bottom-up: **SHIFT + REDUCE** (*Einlesen* + *Regelanw. rückwärts*)
    $\rightarrow$ verschiebt Token auf **Stapel** u. führt sie auf Regeln zurück

- **Vergleich** top-down vs. bottom-up:
  - Start der Analyse:
    $\rightarrow$ **Startsymbol** vs. **1. Wort der Eingabe**
  - Schwäche:
    $\rightarrow$ **strukturelle** vs. **lexikalische** Ambiguität
  - im Extremfall für beide **exponentielle Laufzeit**

- **Earley Parser:** Top-Down-Parsing mit Extras
  - 3 Operationen: **PREDICTION + SCANNING + COMPLETION**
    → *Voraussage*: wenn `. vor Nichtterminal`
    → *Überprüfung*: wenn `. vor Terminal`
    → *Vervollständigung*: wenn `. letzte Position`
  - **Zwischenergebnisse** werden in Datenstruktur (**Chart**) gespeichert (**Dynamische Programmierung**)
    → auch für ambige Grammatiken **maximal polynomielle Laufzeit**
  - **erweiterbar** zu **merkmalsbasiertem** Parsing
    → aber: Unifikation ist sehr **rechenaufwändig**

- **Statistisches Parsing:**
  $\rightarrow$ **nicht alle möglichen Ableitungen** werden ausprobiert, die **wahrscheinlichste** soll bestimmt werden
- per Hand geparste Sätze dienen als **Trainingsdaten**
- Eingabe wird in Merkmale umgewandelt (***Feature Extraction***)
- **Merkmalsvektoren** werden durch **gelernte Gewichte** auf eine **Wahrscheinlichkeitsverteilung** abgebildet
- die **Likelihood** der Trainingsdaten soll **maximiert** werden

Sitzung 10: Unifikation

- **Subsumption:**
  $\rightarrow$ für Typen definiert durch die $\sqsubseteq$**-Relation**
  $\rightarrow$ bei Merkmalstrukturen muss es **alle Knoten der "allgemeineren"** Merkmalstruktur auch **in der spezifischeren** geben (+ **kompatible Typen**)

- **Unifikation:**
  $\rightarrow$ sowohl für Typen als auch Merkmalstrukturen **kleinste obere Schranke in der Subsumptionsbeziehung**
  $\rightarrow$ für **Merkmale** zweischrittig:
  1. **Identifikation äquivalenter Knoten**
  2. **Unifikation ihrer Typen**

- **Bedingungen:**
  → Pfade sind **Ketten von Merkmalen**
  → Beschreibungen legen die **Menge von Merkmalstrukturen**, die sie erfüllen, **eindeutig fest**
  → **Beschreibungen** werden im NLTK durch ihren **allgemeinsten Erfüller** ausgedrückt

Sitzung 11: Statistische Syntaxmodelle

11.1 Probabilistische kontextfreie Grammatiken (PCFGs)

- **Statistische Erweiterungen von CFGs**
  $\rightarrow$ mit **Abdeckung (*coverage*)** steigt **Anzahl an Ableitungen**
  $\rightarrow$ **statistische Modelle zur Disambiguierung**
  $\rightarrow$ **PCFG** (Probabilistische Kontextfreie Grammatik):
  Gewichtung der CFG-Regeln mit Wahrscheinlichkeiten
  $\rightarrow$ **Ranking** der Ableitungen nach ihrer **Wahrscheinlichkeit**

- **Eigenschaften von PCFGs**

  $\rightarrow$ **Wahrscheinlichkeiten der Regeln zur Expansion von einem Nonterminal** addieren sich zu 1

  $\rightarrow$ **Annahme Unabhängigkeit der Regel-Auswahl**

  $\rightarrow$ **Wahrscheinlichkeit einer Ableitung**: **Multiplikation** der Wahrscheinlichkeiten der in der Ableitung verwendeten **Regeln**

  $\rightarrow$ **Wahrscheinlichkeit einer Satzes**: **Summe** der Wahrscheinlichkeiten seiner **Ableitungen**

- **Abschätzung der Regelwahrscheinlichkeiten aus Trainingsdaten**
  $\rightarrow$ *supervised*: aus syntaktisch annotiertem Korpus (Treebank) über **relative Häufigkeiten der Expansionen eines Nonterminals** (**Maximum-Likelihood-Estimation**)
  $\rightarrow$ *unsupervised*, ohne Treebank: **Abschätzung durch wiederholtes Parsen eines Korpus und Anwendung von Expectation-Maximation-Algorithmus** zur iterativen Verbesserung des statistischen Modells (**Inside-Outside-Algorithmus**)

- **Probabilistisches Parsing**
  $\rightarrow$ **Suche der wahrscheinlichste Ableitung (T) eines Satzes (S):** $arg\,max\ P(T|S)$
  $\rightarrow$ PCFG-Version des **Viterbi-Algorithmus zum effizienten Finden der wahrscheinlichsten Ableitung** mit dynamischer Programmierung

11.2 Statistische Dependenzmodelle

- **Statistische Dependenzmodelle**
  → **Induktion von dependenzbasierten Syntaxmodellen** aus Dependency-Treebanks
  → **Dependency-Treebanks = relationsannotiertes Korpus**
  → Dependenzbäume können aus Konstituentenbäumen abgeleitet werden über **Kopfannotations- und Labeling-Regeln**
  → entspechend können auch Dependency-Treebanks (als Sammlungen von Dependenzbäumen) aus CFG-Treebanks wie der Penn-Treebank gewonnen werden
  → **Übergangsbasiertes und Graph-basiertes** Dependenz-Parsing

- **Übergangsbasiertes Dependenz-Parsing**
  → **Stack-basierter Shift-Reduce-Parser**
  → **Auswahl des Übergangs** von einem Zustand (***Konfiguration*** *von Stack, Buffer und erkannten Relationen*) zum nächsten **über Klassifikator**
  → **Klassifikator: bildet Konfigurationen auf Übergänge ab**
  → **trainiert anhand von Dependency-Treebank**
  → **Merkmale: POS, Lemma, Token** von obersten Elemente auf Stack, Buffer und den **Relationen** zwischen diesen Elementen

Sitzung 12: Datengestützte Syntaxmodelle

12.1 Induzierte PCFG-Modelle

- **Induktion von PCFG-Grammatiken**
  $\rightarrow$ Modell **trainieren anhand von Treebank-Daten** (*supervised*)
  $\rightarrow$ **Extraktion von Regeln und Berechnung von Regelwahrscheinlichkeiten**
  $\rightarrow$ Aufbau von **empirischem Modell**
  $\rightarrow$ Form der induzierten Grammatik **abhängig vom Annotationsschema der Treebank** (viele Regeln bei flachen Bäumen)

- **Normalisierung von CFGs**
  → **Chomsky Normalform**: u. a. zur **Reduktion der Regelmenge** von induzierten PCFGs
  → ***Parent Annotation***: u. a. für *history-based* PCFGs

- **Evaluation von PCFGs**
  → **Übereinstimmung von Konstituenten** (PARSEVAL)
  → korrekte Konstituente: **gleiche Kategorie, gleiche Spanne**
  → **Recall**, **Precision**, *cross-brackets*

- **Lexikalisierte PCFGs**
  → statistische **Modellierung lexikalischer Abhängigkeiten** wie PP-Attachment oder Subkategorisierung
  → **Rücknahme** von PCFG-Annahme der **Unabhängigkeit einer Expansion von lexikalischer Information**
  → **Annotation** syntaktischer Kategorie **mit lexikalischem Kopf**
  → lexikalisiertes **Grammatikmodell** wird **sehr groß (Regelvervielfachung)**
  → ***sparse data*** Problem mit ungesehenen Köpfen: **großes Trainingskorpus** und **Smoothing** notwendig

- **history-based PCFGs**

  $\rightarrow$ statistische **Modellierung von Abhängigkeiten bzgl. des strukturellen Kontexts**

  $\rightarrow$ **Rücknahme** von PCFG-Annahme der **Unabhängigkeit der Regelauswahl**

  $\rightarrow$ **Annotation** syntaktischer Kategorie mit **Kategorie des Mutterknotens** (*parent annotation*)

  $\rightarrow$ **Beispiel:** Subjekt-NP (**NP^S**) erweitert häufiger zu Pronomen als Objekt-NP (**NP^VP**)

Sitzung 13: Partielles Parsing

13.1 Partielles Parsing

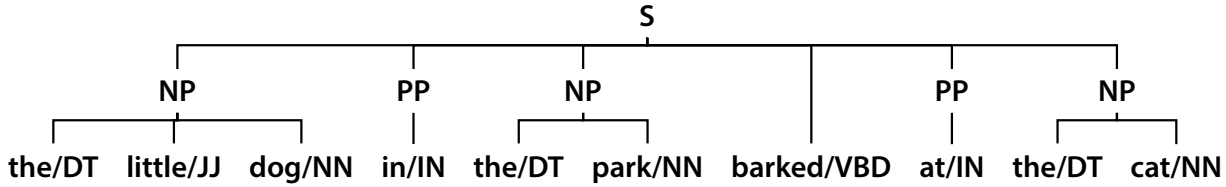
- **Partielles Parsing = Chunking**

  → Anwendungen wie Informationsextraktion oder *information retrieval* benötigen **keine syntaktischen Vollanalyse**

  → **unvollständige Analyse:** Finden **nur der wichtigsten Konstituenten** im Satz, primär **NP-, VP- und PP-Chunks**

  → **flache, nicht-hierarchische Analyse:** keine Verschachtelung

  → Chunk = **kleinere Einheit als vollständige Phrase**



- **Chunking mit regulärer Grammatik**
  → Beschreibung von **Muster von POS-Folgen** mit **regulären Ausdrücken**
  → **Chunking-, Chinking-** und **Split-Regeln**

- **kaskadierende Chunker**
  → **Loopen und Hintereinanderschalten von Chunk-Parsern**
  → sukzessive **Erzeugung hierarchisch aufgebauter Strukturen**

- **Lernbasiertes Chunking**
  → **Klassifikation von Token-Sequenz** analog zu POS-Tagging ('*parsing as tagging*')
  → **Lernen** der **Zuordnung von IOB-Tag zu Wort-POS-Tupel** aus **IOB-Chunk-getaggtem Korpus** (*supervised*)
  → mögliche **Merkmale für *feature-extractor***:
  - **POS-Tag und Wortform** des zu taggenden Tokens
  - **POS-Tag und Wortform der vorhergehenden und folgenden Tokens**
  - die bereits zugewiesenen **Chunk-Tags** der vorhergehenden Tokens

- **Evaluation von Chunkern**

  → **Abgleich** von **Chunker-Output mit** annotiertem **Testkorpus**

  → **Precision, Recall und F-score**

  → `conll2000`**-Korpus im NLTK** als Chunk-getaggtes Korpus zum Testen und Trainieren

13.1 Komplexität natürlicher Sprachen

- **Chomsky-Hierarchie**: Klassifizierung formaler Sprachen nach Stärke der **Regeleinschränkung** der sie erzeugenden Grammatik
- **kontextfreie Grammatik:** geeignet für Beschreibung der Phrasenstruktur natürlicher Sprache
- einige Syntaxformalismen sind **kontextsensitiv** (TAG,CCG) bzw. **rekursiv aufzählbar** (HPSG, LFG)

- **nicht-reguläre Konstruktionen in natürlicher Sprache: *center-embedding*-Rekursion:** $X \to \alpha X \beta$
- auch **nicht-kontextfreie Konstruktionen: *cross-serial dependencies*** im Schweizerdeutschen
- solche **nicht-regulären Konstruktionen** sind aber **für die menschliche Sprachverarbeitung schwer zu verarbeiten** (aufgrund von *memory limitations*)
- Hinweise auf Berücksichtigung **statistischer Informationen** beim Parsing durch den Menschen: ***garden-path*-Sätze**

Zusatz: Parsing mit neuronalen Netzen

- **Feed-Forward-Netzwerke (FFNs):**
  - FFNs sind eine Folge von linearen Abbildungen und nichtlinearen Aktivierungsfunktionen
  - Nichtlineare Transformationen (untere Schichten) machen die Daten zugänglich für einen linearen Klassifizierer (oberste Schicht)

  - Features für den linearen Klassifizierer werden von den unteren Schichten gelernt (kein Feature Engineering nötig)
  - nichtlineare Abbildungen ermöglichen das Erlernen von nichtlinearen Zusammenhängen in den Daten
  - Softmax-Regression ist typisches Modell für einen neuronalen Klassifizierer

- **Nachteile:**
  - benötigen tendenziell sehr große Datenmengen
  - haben viele Hyperparameter (schwierig zu optimieren)

- **Word Embeddings:**
  - Alternative Wortrepräsentation zu One-Hot-Vektoren mit weniger Dimensionen
  - Ähnlichkeit zwischen Wörtern wird berücksichtigt
  - Kookkurrenz in unannotierten Texten ist Basis der meisten Embeddingmodelle (Distributional Hypothesis)