# Ein modelltheoretischer Blick auf syntaktische Constraints

Thomas Graf
Universität Wien

## 1 Kriterien für die Studie von Constraints

- Deskriptivität
- Generalisierbarkeit
- Framework-Neutralität
- Eignung zu Vorhersagen
- Methodologische Nützlichkeit / Linguistische Relevanz

## 2 Nachteile der rein syntaktischen Perspektive

### 2.1 Empirisch orientierter Diskurs

Ross (1967) (Inseln), Chomsky (1973) (Subjazenz), Chomsky (1981) (ECP), Rizzi (1990) (Relativisierte Minimalität), Chomsky (2001) (PIC) etc.

**Fragestellung**
Wie lassen sich spezifische Constraints verallgemeinern und unifizieren?

**Nachteile**

- Ergebnisse hängen von empirischer Datenlage ab
- Frühere Ergebnisse nicht für neue Constraints wiederverwertbar
- Ergebnisse sind Framework-spezifisch

### 2.2 Methodologisch orientierter Diskurs

Collins (1996), Sternefeld (1996), Johnson and Lappin (1997a) & Johnson and Lappin (1997b), Müller and Sternefeld (2000) & Müller (2005)

**Fragestellung**
Welche der bisher bekannten Constraint-Klassen dürfen verwendet werden?

**Beispiel**
Müller-Sternefeld-Hierarchie (Müller and Sternefeld 2000; Müller 2005)

(1) *Constraint-Klassen*
   a. Repräsentationelle Constraints
      ECP, Government, Barriers
   b. Derivationelle Constraints (beschränken adjazente Schritte in einer Derivation)
      Shortest Move

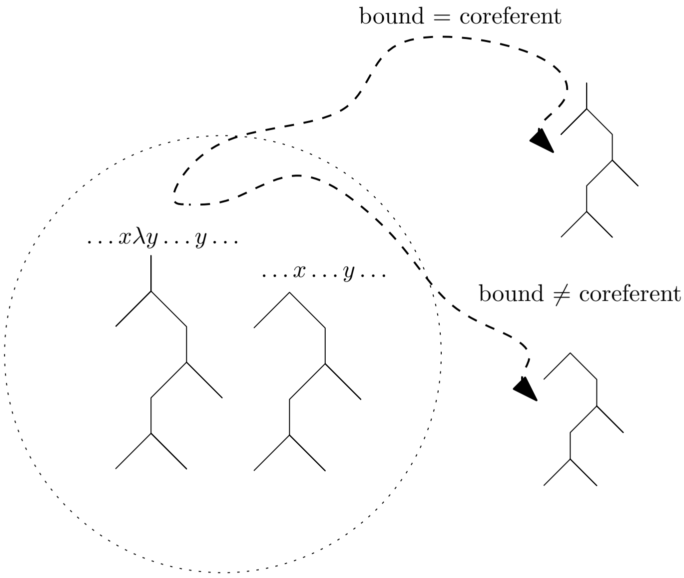


**Abbildung 1: Rule I als translokaler Constraint über semantisch annotierte Derivationsbäume**

c. Globale Constraints (beschränken nicht adjazente Schritte in einer Derivation)
   Projection Principle

d. Translokale Constraints (wählen einen Kandidaten aus einem Set von Repräsentationen)
   Avoid Pronoun Principle

e. Transderivationelle Constraints (wählen einen Kandidaten aus einem Set von Derivationen)
   Fewest Steps, Shortest Path, Procrastinate, Rule I

(2) *Constraint-Hierarchie* (Müller 2005:28)
Repräsentationell = Derivationell < Global < Translokal < Transderivationell

(3) *Methodologisches Prinzip* (Müller 2005:28)
If constraint $C_1$ and constraint $C_2$ can account for a given phenomenon in the same way and $C_1$ is less complex than $C_2$, then, other things being equal, choose $C_1$.

**Nachteile**

- Manche Constraints nur schwer zuzuordnen
  e.g. Full Interpretation, Merge-over-Move, Inclusiveness Condition, Earlyness Principle

- Constraint-Klassen unvollständig
  e.g. keine Klassen für Metarules von GPSG oder für Constraints, die Numerationen vergleichen

- Constraint-Klassen zu detailliert
  besteht ein effektiver Unterschied zwischen translokalen und transderivationellen Constraints? Beispiel: Rule I kann von einem transderivationellen zu einem translokalen (vgl. Abbildung 1) oder einem globalen Constraint reduziert werden (siehe Graf 2007).

- Unklare Trennung zwischen Performanz und Kompetenz
  Derivationelle und globale Constraints nur in Suchraum unterschiedlich ⇒ aus Kompetenzperspektive Unterscheidung fragwürdig

- Woraus leitet sich die Hierarchie ab? Wie beweist man ihre Gültigkeit?

# 3 Modelltheoretische Syntax (MTS)

## 3.1 Grundidee

Blackburn et al. (1993), Blackburn and Meyer-Viol (1994), Blackburn (1994), Backofen et al. (1995), Rogers (1996), Rogers (1998a)
Linguistische Theorien sind Mengen logischer Formeln, eine Struktur ist grammatisch wenn sie jede dieser Formeln erfüllt (vgl. Abbildung 2)

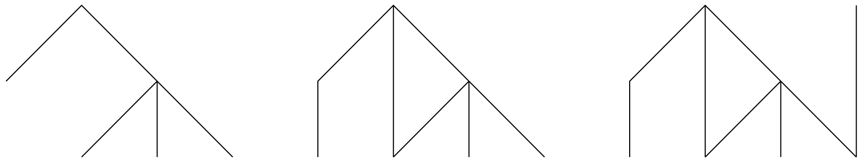

**Abbildung 2:** $\exists x \forall y [x \triangleleft_2^* y]$ **wird bloß von der rechten Struktur nicht erfüllt**

(4) *Notation*
  a. Klassische logische Konnektoren: $\wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow, \neg$
  b. $\triangleleft_1$ = immediately precedes
  c. $\triangleleft_2$ = immediately dominates
  d. $\approx$ = Äquivalenz
  e. $\triangleleft_i^+$ = properly precedes/dominates
  f. $\triangleleft_i^*$ = reflexively precedes/dominates

(5) *Beispiele*
  a. $\text{leaf}(x) := \neg\exists z[x \triangleleft_2 z]$
  b. $\text{c-commands}(x, y) := \neg(x \triangleleft_2^* y) \wedge (y \triangleleft_2^* x) \wedge \forall z[z \triangleleft_2^* x \rightarrow z \triangleleft_2^* y]$
  c. $\text{EPP} := \exists x, y, z[TP(x) \wedge DP(y) \wedge T(z) \wedge x \triangleleft_2 y \wedge x \triangleleft_2 z \wedge y \triangleleft_1 z]$

Wichtige Eigenschaften einer Theorie entsprechen den Eigenschaften der formalen Sprache, in der die Theorie formulierbar ist $\Rightarrow$ Formalisierung einer Theorie = Aussage über ihre Komplexität (analog für syntaktische Constraints)

(6) *Vorteile*
  a. beliebig restriktiv oder mächtig, je nach verwendeter Logik
  b. gemeinsame Perspektive auf unterschiedlichste Frameworks (GB, Minimalism, GPSG, TAG ...)
  c. erlaubt Abstraktion weg von mechanischen Details
  d. Verbindung mit Automatentheorie gibt Hinweise auf Parsing
  e. wohldefinierter Komplexitätsbegriff aus der Theorie formaler Sprachen

## 3.2 Details

### 3.2.1 Zwei Logiken

MTS-Ansatz mit jeder Logik kompatibel, wir wählen Monadic Second-Order Logic (MSO) und Loc (siehe Rogers 1998b).

**MSO** Klassische First-Order Logic + Quantifizierung über Mengen
nur monadische Prädikate
"externe" Sicht, unbeschränkter Suchraum
transitiver Abschluss von Relationen definierbar
mächtigste entscheibare Logik
eine Menge ist *recognizable* gdw sie MSO-definierbar ist

**Loc** schwache Modallogik
"interne" Sicht, Suchraum auf Töchterknoten beschränkt
eine Menge ist *local* gdw sie Loc-definierbar ist

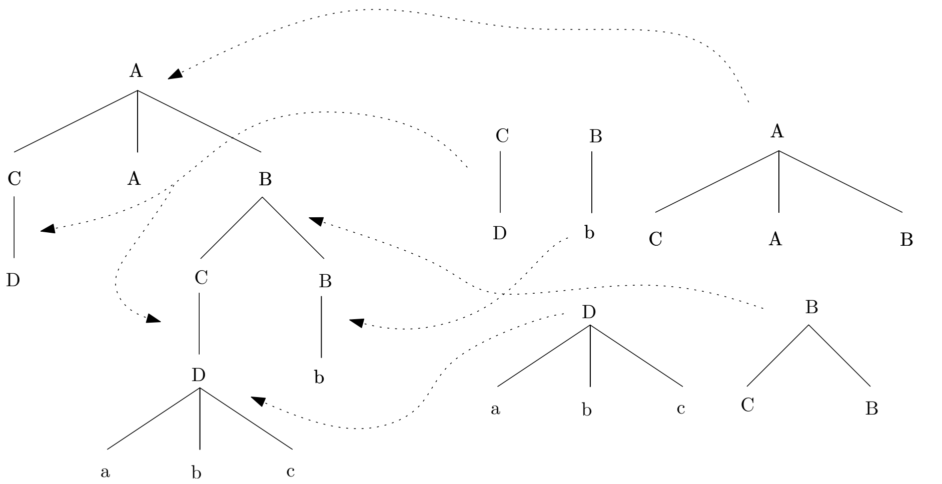


**Abbildung 3: Ein aus Loc-definierbaren Bäumen aufgebauter Baum**

Für eindimensionale Bäume (Strings) entsprechen die recognizable sets den regulären Stringsets und die local sets den strictly 2-local Stringsets (eine der schwächsten formalen Sprachen); für zweidimensionale Bäume entsprechen die Stringyields bei beiden den kontext-freien Sprachen, sie unterscheiden sich aber in der Komplexität der Bäume, die sie diesen Strings zuweisen können

**Theorem 3.1.** *Jedes recognizable Set ist eine Projektion eines local Sets.*

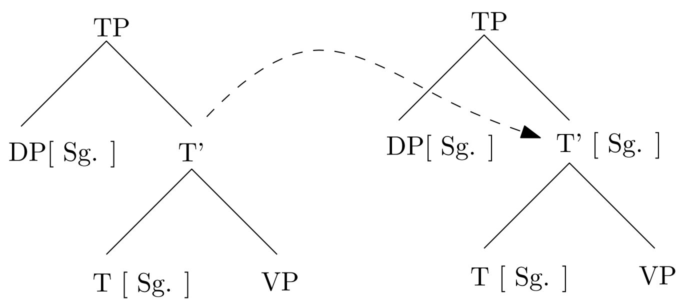


**Abbildung 4: Ein nur in MSO definierbarer Baum wird durch Verfeinerung der Labels Loc-definierbar**

### 3.2.2 Multidimensionale Bäume

MTS ist streng deklarativ, es gibt keine Prozesse und Operationen ⇒ Derivationen werden als Abstraktion von Repräsentationen verstanden ⇒ 3-dimensionale Bäume (Abbildung 5)
beliebig generalisierbar ⇒ mehrdimensionale Bäume (siehe Rogers 2003 für genaue Definitionen)

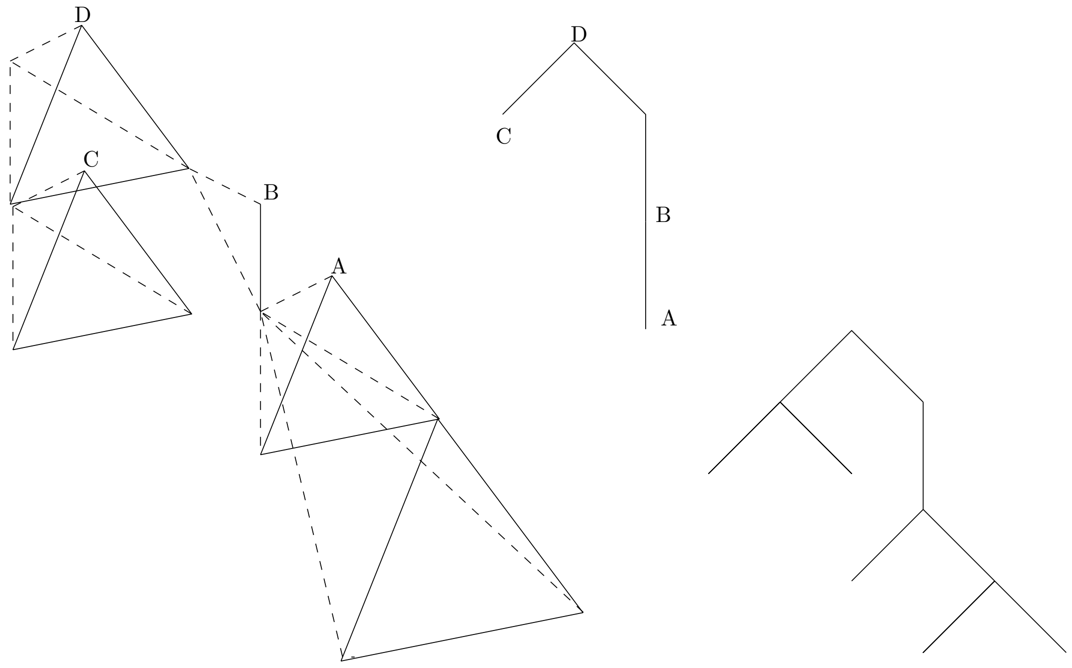


**Abbildung 5: 3D-Baum, äquivalenter Derivationsbaum und 2D-Yield**

**Definition 3.2** (Baum)**.** Sei $\mathcal{T}_{\Sigma}^{n,d} := \left\langle T_{\Sigma}^{n,d}, \triangleleft_i \right\rangle_{1 \leq i \leq d}$ ein höchstens $n$-verzweigender, $\Sigma$-gelabelter, $d$-dimensionaler Baum mit einer Dominance-Relation $\triangleleft_i$ für jede Dimension $1 \leq i \leq d$. Gemäß linguistischer Konvention bezeichnen wir $\triangleleft_1$ mit Precedence and $\triangleleft_2$ mit Dominance.

Die Anzahl der Dimensionen hat keinen direkten Einfluss auf die Mächtigkeit unserer Logiken, insbesondere bleiben undefinierbare Relationen undefinierbar

### 3.2.3 Anwendung für Constraints

- Bereits bekannte Undefinierbarkeitsresultate erlauben Trennung in definierbare und undefinierbare Constraints

- Dimensionen unerheblich für Definierbarkeit von Constraints ⇒ repräsentationelle und derivationelle Constraints direkt vergleichbar, Resultate für eine Klasse auf andere übertragbar

- Verbindung zwischen local und recognizable sets enkodiert Reduzierbarkeit von Constraintklassen

- Definierbarkeit einer Theorie bestimmt maximal liziten Suchraum — es gibt keinen kompetenzgrammatischen Grund, in Theorien, die nur in MSO definierbar sind, den Suchraum einzuschränken

- Die Resultate sind auf jede in endlich vielen Dimensionen formalisierbare linguistische Theorie übertragbar

| | 1 | finit | infinit | *Suchraum* |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | repräsentationell | |
| 3 | derivationell | beschränkt global | unbeschränkt global | |
| 4 | | | | |
| ⋮ | | | | |
| *Dim.* | | | | |

**Tabelle 1: Die klassischen Constraints in der neuen Constraint-Typologie**

# 4 Ausgewählte Resultate

## 4.1 Lokale Constraints

**Definition 4.1** (Constraints)**.** Wir bezeichnen einen Constraint $\mathscr{C}$ mit $i \leq d$ für all seine $\triangleleft_i$ als $d$-Constraint ($\mathscr{C}^d$). Ein $d$-Constraint ist *$d$-planar* gdw er keine $\triangleleft_i$ enthält sodass $i \neq d$. Ein $d$-Constraint $\mathscr{C}^d$ ist *trivial positiv/negativ verschiebbar* gdw wir alle $\triangleleft_i$ in $\mathscr{C}^d$ durch $\triangleleft_j$ ersetzen können, $i \leq d$, $j = i + n$ (bzw. $i - n$), sodass wir einen formulierbaren Constraint $\mathscr{C}^{d+n}$ erhalten (bzw. $\mathscr{C}^{d-n}$).

**Lemma 4.2.** *Jeder formulierbare planare Constraint $\mathscr{C}$ kann auf jede Dimension $d \geq 1$ trivial verschoben werden.*

*Beweis.* Trivial. □

⇒ planare Notionen, e.g. k-Kommando, können beliebig verschoben werden ⇒ e.g. derivationelles k-Kommando mögliche Grundlage für Constraints

**Theorem 4.3.** *Derivationelle Constraints und globale Constraints bilden unterschiedlichen Klassen in Bezug auf Grammatiken die in $Loc$ definierbar sind.*

*Beweis.* Folgt aus den Definitionen der Constraint-Klassen und von $Loc$. □

**Theorem 4.4.** *Für jeden globalen Constraint $\mathscr{C}$ einer Grammatik $\mathscr{G}_i$ existiert eine Grammatik $\mathscr{G}_j$ sodass $\mathscr{C}$ in $\mathscr{G}_j$ zu einem derivationellen Constraint reduziert werden kann.*

*Beweis.* Folgt aus der Tatsache, dass die Recognizable Sets eine Projektion der Local Sets sind. Es gibt auch einen konstruktiven Beweis: Sei $\mathscr{G}_i$ eine Grammatik von $d$-dimensionalen Bäumen. Wandle $\mathscr{G}_i$ in eine $d+1$-dimensionale Grammatik $\mathscr{G}_j$ um, indem zu jedem Baum in $\mathscr{G}_i$ ein Rootknoten in der $d+1$-ten Dimension hinzugefügt wird. Jeder dieser Bäume ist lokal und somit alle Constraints auf ihn in $Loc$ definierbar (vgl. Abbildung 6). □

## 4.2 Komparative Constraints

**Lemma 4.5.** *Das Reference Set bestehend aus allen Derivationen einer Grammatik mit gleichen Output-Repräsentationen ist nicht definierbar. Analog für alle anderen Dimensionen $d > 1$.*

*Beweis.* Folgt direkt aus der Undefinierbarkeit des Prädikats YieldsEq (siehe Rogers 1998a). □

**Lemma 4.6.** *Fewest Steps ist nicht definierbar.*

*Beweis.* Folgt direkt aus der Undefinierbarkeit des Equal-Level-Prädikats (siehe Rogers 1998a). □

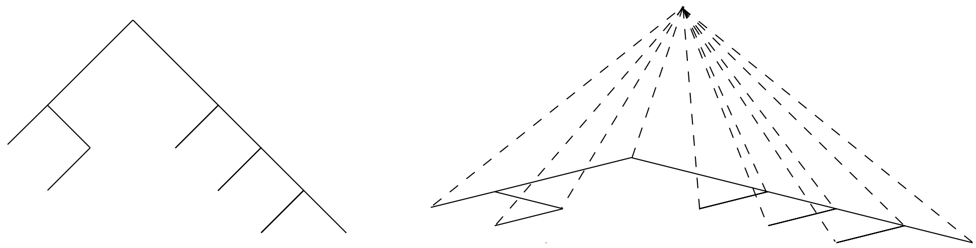

**Abbildung 6: MSO-definierbarer 2D-Baum und entsprechender Loc-definierbarer 3D-Baum**

**Definition 4.7.** Wir nennen einen komparativen Constraint *inklusiv* (bzw. *exklusiv*), wenn er die Anwesenheit (bzw. Abwesenheit) bestimmter Bäume verlangt.

**Vermutung 4.8.** *Jeder inklusive komparative Constraint ist als Abschlusseigenschaft auf die Menge von Modellen formulierbar (vgl. Rogers 1997).*

**Vermutung 4.9.** *Exklusive komparative Constraints sind nicht MSO-definierbar.*

## 4.3 Minimalismus und Entscheidbarkeit

**Theorem 4.10.** *Jede syntaktische Theorie, die die Copy-Theory-of-Movement verwendet, ist unentscheidbar.*

*Beweis.* Folgt direkt aus der Undefinierbarkeit von Subtree-Isomorphism (siehe Rogers 1998a). □

**Lemma 4.11.** *Jede syntaktische Theorie, die die Copy-Theory-of-Movement verwendet, kann durch mindestens einen komparativen Constraint erweitert werden, ohne dass ihre Mächtigkeit zunimmt.*

*Beweis.* Es existieren MSO-definierbare, also entscheibare (inklusive) komparative Constraints. □

# Literatur


Backofen, Rolf, James Rogers, and K. Vijay-Shanker. 1995. A first-order axiomatization of the theory of finite trees. Technical Report RR-95-05, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Erwin-Schrödinger Straße, Postfach 2080, 67608 Kaiserslautern, Germany.

Blackburn, Patrick. 1994. Structure, languages and translations: the structural approach to feature logic. In *Constraints, language and computation*, ed. C. Rupp, M. Rosner, and R. Johnson, 1–27. San Diego, CA: Academic Press.

Blackburn, Patrick, Claire Gardent, and Wilfried Meyer-Viol. 1993. Talking about trees. In *Proceedings of the Sixth Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 30–36.

Blackburn, Patrick, and Wilfried Meyer-Viol. 1994. Linguistics, logics, and finite trees. *Logic Journal of the IGPL* 2:3–29.

Chomsky, Noam. 1973. Conditions on transformations. In *A festschrift for morris halle*, ed. Stephen Anderson and Paul Kiparsky, 232–286. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Chomsky, Noam. 1981. *Lectures on government and binding: The Pisa lectures*. Dordrecht: Foris.

Chomsky, Noam. 2001. Derivation by phase. In *Ken Hale: A life in language*, ed. Michael J. Kenstowicz, 1–52. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Collins, Chris. 1996. *Local economy*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Graf, Thomas. 2007. Localizing transderivationality. Ms., University of Vienna. Available at request.

Johnson, David, and Shalom Lappin. 1997a. A critique of the minimalist program. *Linguistics and Philosophy* 20:273–333.

Johnson, David, and Shalom Lappin. 1997b. *Local constraints vs. economy*. Stanford: CSLI.

Müller, Gereon. 2005. Constraints in syntax. Lecture Notes, Universität Leipzig.

Müller, Gereon, and Wolfgang Sternefeld. 2000. The rise of competition in syntax: A synopsis. In *Competition in syntax*, ed. Wolfgang Sternefeld and Gereon Müller, 1–68. Berlin: Mouton de Gruyter.

Rizzi, Luigi. 1990. *Relativized minimality*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Rogers, James. 1996. A model-theoretic framework for theories of syntax. In *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the ACL*. Santa Cruz, USA.

Rogers, James. 1997. "Grammarless" phrase structure grammar. *Linguistics and Philosophy* 20:721–746.

Rogers, James. 1998a. *A descriptive approach to language-theoretic complexity*. Stanford: CSLI.

Rogers, James. 1998b. The descriptive complexity of generalized local sets. In *The mathematics of syntactic structure*, ed. Uwe Mönnich and Hans-Peter Kolb, 21–40. Berlin: Mouton de Gruyter.

Rogers, James. 2003. Syntactic structures as multi-dimensional trees. *Research on Language and Computation* 1:265–305.

Ross, John R. 1967. *Constraints on variables in syntax*. Doctoral Dissertation, MIT.

Sternefeld, Wolfgang. 1996. Comparing reference-sets. In *The role of economy principles in linguistic theory*, ed. Chris Wilder, Hans-Martin Gärtner, and Manfred Bierwisch, 81–114. Berlin: Akademie Verlag.