Konstruktion von LR(1)-Automaten

Anfangszustand, Übergänge, und Zustände konstruieren bis keine neuen mehr entstehen.

Dabei auf jeden Zustand *Hüllenbildung* anwenden:

Wenn [A ::= u . B v R] im Zustand q ist, dann ist auch für jede Produktion B ::= w

[B ::= . w Anf (v R)] im Zustand q.

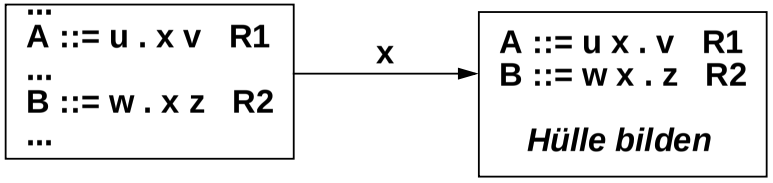
Anfangszustand:

Hülle von [S ::= . u {#}]

S ::= u ist eindeutige Startproduktion,

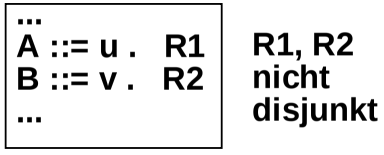
 # ist künstliches Schlußzeichen (eof)

Übergänge in Nachfolgezustände mit Symbolen x , die in Situationen auf die Analyseposition folgen, x Terminal oder Nichtterminal:



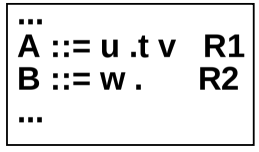
Konflikte: Automat nicht determ., Grammatik nicht LR(1):

reduce / reduce



R1, R2 nicht disjunkt

shift / reduce



t ∈ R2

Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 27

Ziele:

- Konstruktionsmethode verstehen
- LR(1)-Konflikte verstehen

in der Vorlesung:

- Konstruktion am Beispiel vorführen
- Konflikt bei "dangling else"

nachlesen:

Kastens / Übersetzerbau, Abschnitt 4.3

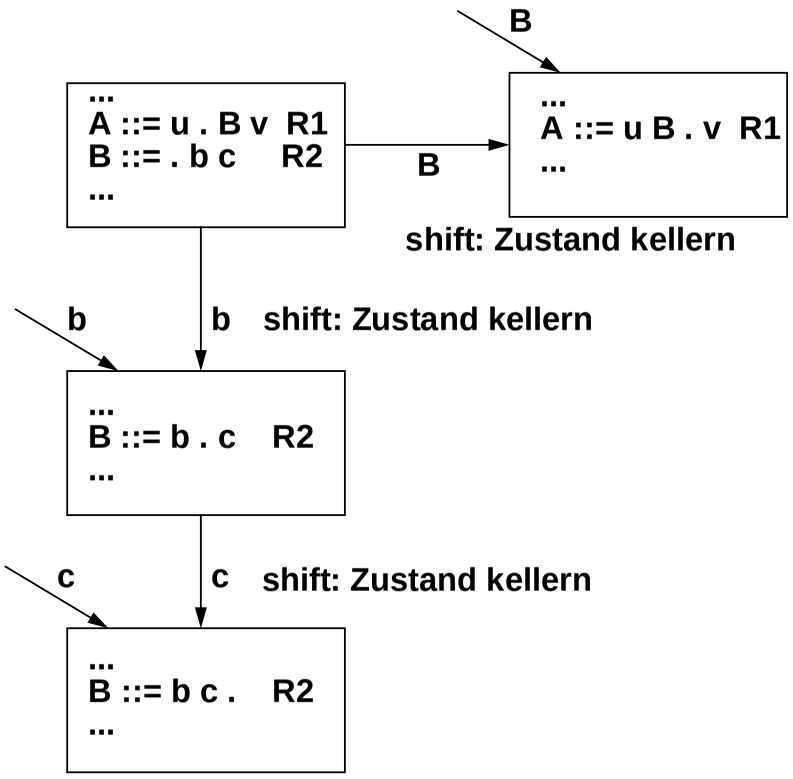
Übungsaufgaben:

- Automaten konstruieren Aufgabe 13
- Konflikt mit LR(1)-Bedingung vergleichen

Verständnisfragen:

- Erläutern Sie die Bedeutung des Rechtskontextes.
- Erläutern Sie seine Rolle bei der Hüllenbildung.

Operationen des LR(1)-Automaten schematisch



reduziere B ::= b c , falls Eingabe in R2
entkellere 2 Zustände (Länge rechte Seite)
Übergang mit B (linke Seite)

Fehler: kein Übergang möglich

Halt: reduziere Startproduktion bei #

Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 28

Ziele:

- Arbeitsweise des Automaten verstehen.
- Sinn der Konstruktionsregeln verstehen.

in der Vorlesung:

- wie zu vorangehender Folie

Vereinfachte LR-Klassen

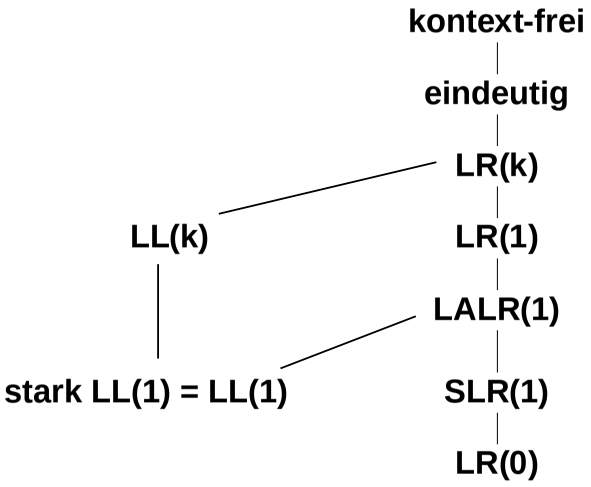
LR(1): zuviele Zustände für praktischen Einsatz
Ursache: Rechtskontexte differenzieren stark
Abhilfe: Rechtskontexte vereinfachen, weniger Zustände, Grammatik weniger mächtig

LR(0): Alle Situationen **ohne** Rechtskontext
Konsequenz: Reduktionssituationen einzeln im Zustand

SLR(1): **LR(0)-Zustände**; bei Reduktionssituationen vergröberten Rechtskontext zur Entscheidung:
[A ::= u . Folge (A)]

LALR(1): LR(1)-Zustände zusammenlegen, wenn sich ihre Situationen nur im Rechtskontext unterscheiden; liefert **LR(0)-Zustände** mit "exaktem" Rechtskontext; **wichtigste Parser-Generatoren**

Grammatik-Hierarchie:



Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 29

Ziele:

- LR-Klassen Übersicht
- LALR(1) für wichtige Generatoren

in der Vorlesung:

- LALR(1)-, SLR(1)-, LR(0)-Zustände

nachlesen:

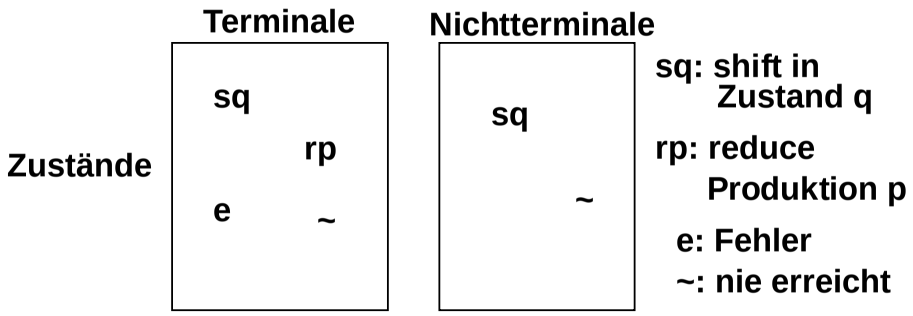
Kastens / Übersetzerbau, Abschnitt 4.3

Verständnisfragen:

- Welche Eigenschaft haben die Zustände eines deterministischen LR(0)-Automaten, in denen reduziert wird?
- Welche Fälle kann man an Hand der Grammatik-Hierarchie unterscheiden, wenn die LALR(1)-Automaten-Konstruktion Konflikte liefert?

Implementierung von LR-Automaten

Tabellen-gesteuert:
(direkt programmmiert möglich, aber zu groß)



Tabellen komprimieren:

- **verträgliche Zeilen / Spalten zusammenlegen**
  Graphfärbung
- **separate Fehlermatrix für Terminaltabelle (Bit-Matrix)**
  erhöht die Zahl verträglicher Zeilen / Spalten
- **kleinsten Wert von Zeilen / Spalten subtrahieren**
  erhöht die Zahl verträglicher Zeilen / Spalten
  verkleinert Wertebereich der Einträge
- **LR(0)-Reduktionszustände streichen, neue Operation im Vorgängerzustand: shift - reduce**
  eliminiert ca. 30% in der Praxis

Insgesamt Tabellenreduktion auf ca. 10-20% möglich.

Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 30

Ziele:

- Spezielle Eigenschaften der LR-Tabellen nutzen.
- Allgemeine Verfahren zur Tabellenkomprimierung anwendbar.

in der Vorlesung:

- Eigenschaften der LR-Tabellen erläutern.

nachlesen:

Kastens / Übersetzerbau, Abschnitt 4.3

Verständnisfragen:

- Warum enthält die Nichtterminaltabelle keine Fehlereinträge?
- Warum gibt es nicht erreichbare Tabellenpositionen?
- Welche Rolle spielen LR(0)-Reduktionszustände in der Implementierung von LALR(1)-Automaten?

Behandlung syntaktischer Fehler

Allgemeine Kriterien:

- **Fehler so früh wie möglich erkennen**
- **Symptom quellbezogen melden**
- **Parsing möglichst kurz nach Fehlerstelle fortsetzen**
- **Folgefehler vermeiden**
- **strukturell korrekter Baum trotz Fehler**
- **kein Zurücksetzen, Zurücknehmen von Aktionen**
- **möglichst kein zusätzlicher Aufwand für korrekte Programme**

LL- und LR-Verfahren erkennen Fehler frühest möglich.

Begriffe: **Fehlerstelle t, korrekter Präfix w:**

Eingabe w t x $\in$ T*

korrekter Präfix w d.h. es gibt ein u $\in$ T* mit w u $\in$ L(G)

w t ist kein korrekter Päfix

Parser akzeptiert t nicht.

Aufsetzpunkt d für die Fortsetzung des Parsing:

w t x = w y d z

$\downarrow$ ersetzen (konzeptionell)

w v d z mit w v d ist korrekter Präfix

Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 31

Ziele:

- Kriterien und Grundbegriffe zu syntaktischen Fehlern

in der Vorlesung:

- Beispiele zu syntaktischen Fehlern, Aufsetzpunkten

nachlesen:

Kastens / Übersetzerbau, Abschnitt 4.4

Verständnisfragen:

- In welchem Sinne kann ein Parser syntaktische Fehler "korrigieren"?
- Warum erkennen LL- und LR-Verfahren syntaktische Fehler frühest möglich?

Methode: simulierte Fortsetzung

anwendbar bei LL- und LR-Verfahren (mit kopierbarem Keller)

Idee: Aus Fehlerstelle und Keller Menge von Symbolen als mögliche Aufsetzpunkte bestimmen.

Verfahren:

1. **bei Fehler Keller speichern**
   Fehlersymbol überlesen
2. **Menge D möglicher Aufsetzpunkte bestimmen**
   Automat zuende laufen lassen (Modifikation siehe unten),
   Symbole nicht aus der Eingabe lesen, sondern
   in D einfügen
3. **einen Aufsetzpunkt finden**
   Eingabe überlesen bis Symbol in D
4. **Aufsetzpunkt erreichen**
   gespeicherter Keller wird wieder Keller des Automaten,
   Übergänge bis der Aufsetzpunkt akzeptabel ist,
   dabei Symbole einfügen statt aus Eingabe lesen.
   Damit ist ein korrekter Präfix konstruiert.
5. **Automat normal fortsetzen**

Automatenkonstruktion für Schritt 2 erweitern:

Automat muß Keller leeren und terminieren,
dazu in jedem Zustand ein zulässiges Symbol für
Übergang auswählen
(automatisch generierbar)

Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 32

Ziele:

- Ein automatisch generierbares Verfahren zur Behandlung von syntaktischen Fehlern kennenlernen.

in der Vorlesung:

- Verfahren erläutern

nachlesen:

Kastens / Übersetzerbau, Abschnitt 4.4

Verständnisfragen:

- Welche Alternativen zur Bestimmung von Mengen möglicher Aufsetzpunkte kommen in Frage?

Parser-Generatoren

PGS	Univ. Karlsruhe; in Eli	**LALR(1), Tabellen-gest.**
Cola	Univ. Paderborn; in Eli	**LALR(1), Tab. o. dir. progr.**
Lalr	Univ. / GMD Karlsruhe	**LALR(1), Tabellen-gest.**
Yacc	Unix-Werkzeug	**LALR(1), Tabellen-gest.**
Bison	Gnu	**LALR(1), Tabellen-gest.**
Llgen	Amsterdam Comp. Kit	**LL(1), recursive descent**
Deer	Univ. Col. Bouder	**LL(1), recursive descent**

Spezifikationsform:

EBNF: Cola, PGS, Lalr
BNF: Yacc, Bison

Fehlerbehandlung:

simulierte Fortsetzung (automatisch):	Cola, PGS, Lalr
Fehlerproduktionen (manuell):	Yacc, Bison

Aktionen:

Anweisungen in Implementierungssprache

am Ende von Produktionen:	Yacc, Bison
auch innerhalb von Produktionen:	Cola, PGS, Lalr

Konfliktlösung:

Einfluß auf Zustände (reduziere bei ...)	Cola, PGS, Lalr
Reihenfolge von Produktionen:	Yacc, Bison
Präzedenz und Assoziativität:	Yacc, Bison

Implementierungssprache:

C	Cola, Yacc, Bison
C, Pascal, Modula-2, Ada	PGS, Lalr

Vorlesung Übersetzer WS 97/98 / Folie 33

Ziele:

- Übersicht zu Parser-Generatoren und ihren Eigenschaften

in der Vorlesung:

- Hinweise auf Bedeutung der Unterschiede

nachlesen:

Kastens / Übersetzerbau, Abschnitt 4.5