

**"Grammatik,
die sogar Könige zu kontrollieren weiß....,,**

– aus Molière, Les Femmes Savantes (1672), 2. Akt

Syntax von Programmiersprachen

Prof. Dr. Christian Böhm

in Zusammenarbeit mit
Gefei Zhang

<http://www.dbs.ifi.lmu.de/Lehre/NFInfoSW/>

Ziele

- Zwei Standards zur Definition der Syntax von Programmiersprachen kennen lernen:
 - Backus-Naur-Form (BNF)
 - Syntaxdiagramme

Syntax von Programmiersprachen und Syntaxdiagramme

▪ Beispiel für eine Grammatik

Als Syntaxdiagramm: 

In BNF-Form: Satz = Subjekt Prädikat Objekt

▪ Das Syntaxdiagramm und die EBNF (*erweiterte Backus-Naur-Form*) erlauben das Bilden folgender korrekter Sätze:

- *Ein Programmierer schreibt ein Programm.*
 - *Ein Programmierer* Subjekt
 - *schreibt* Prädikat
 - *ein Programm* Objekt
- *Ein Student liest einen Text.*

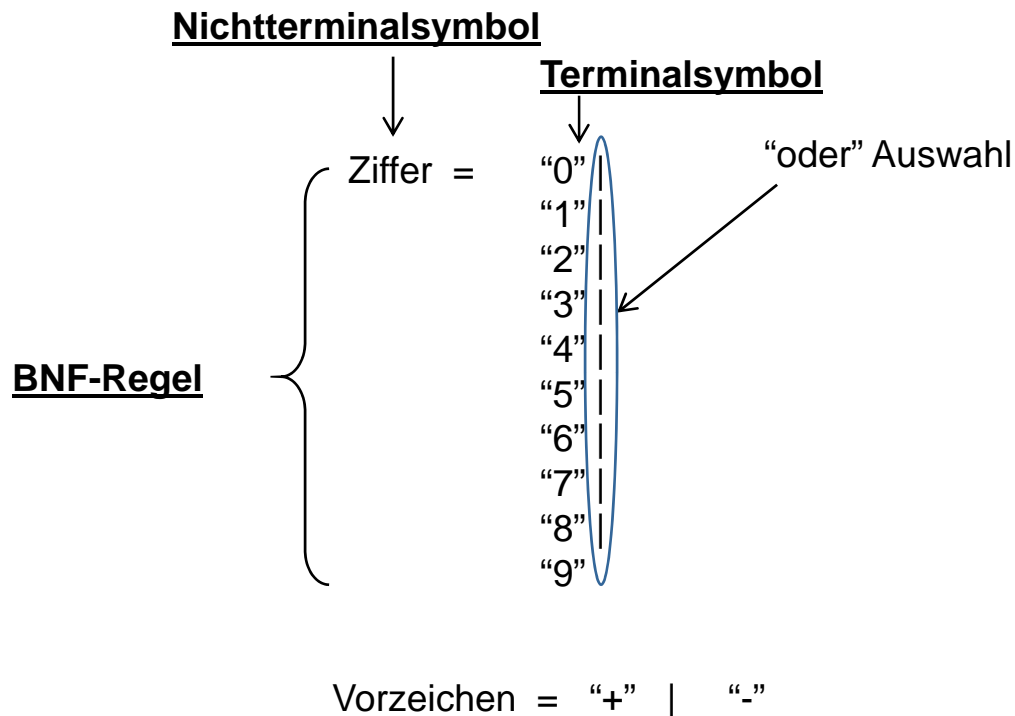
Dieser Satz ist syntaktisch korrekt.

Syntax von Programmiersprachen und Syntaxdiagramme

- Die **BNF (Backus-Naur-Form)**, benannt nach **John Backus** und **Peter Naur**, wurde erstmals zur Beschreibung der Syntax von Algol 60 verwendet.
- Heute ist die BNF (in notationellen Varianten) die Standardbeschreibungstechnik für Programmiersprachen.
- Wir verwenden in der Vorlesung die „erweiterte Backus-Naur-Form“ EBNF.
- Auch die Syntax von Java wird in der Backus-Naur-Form beschrieben.

Backus-Naur-Form

Beispiel: EBNF für Ziffern



Backus-Naur-Form

Zahl ist eine nicht-leere Folge von **Ziffern**

Zahlen werden also durch **Aneinanderhängen von Zahlen und Ziffern** gebildet.
Spezielle Beispiele für Zahlen sind:



“1”
↑
Zahl



Zahl = Ziffer |
Zahl Ziffer

Rekursion

“1” “5”
↑ ↑
Zahl Ziffer



GanzeZahl (engl. Integer) ist eine
Zahl mit möglichen **Vorzeichen**.

“1” “5” “7”
↑ ↑
Zahl Ziffer
↑
Zahl

GanzeZahl = [Vorzeichen] Zahl

BNF-Regel

Backus-Naur-Form

Wir unterscheiden 2 Arten von Symbolen:

- **Nichtterminalsymbole** stehen für Begriffe, die durch **BNF-Regeln** erklärt werden (z.B Ziffer, Zahl, ...)
- **Terminalsymbole** (geschrieben in Anführungszeichen) stehen für Symbole und Namen, die so in den Programmtext übernommen werden (z.B. "0", "1", "+", ...)

Jede BNF-Regel hat die Form:

A = Ausdruck

wobei

A ein Nichtterminalsymbol ist und ein **Ausdruck** gebildet wird aus:

- Terminal- und Nichtterminalsymbolen
- Operatoren zum Bilden von Ausdrücken

Auswahl E1 | E2 für "E1 oder E2"

Sequentielle Komposition E1 E2 (direkt hintereinander schreiben) für "E2 folgt direkt auf E1"

Option: [E1] für "E1 kann 1-mal oder 0-mal (d.h. nicht) vorkommen"

Wie erhält man aus der Grammatik korrekte Wörter?

Ist **+31** eine **GanzeZahl**?

Wir bilden folgende Ableitung:

GanzeZahl	→ (rechte Seite der Def. von GanzeZahl)
[Vorzeichen] Zahl	→ (Ausführen des Operators [])
Vorzeichen Zahl	→ (Ersetzen von Vorzeichen durch rechte Seite der Def.)
("+" "") Zahl	→ (Ausführen der Auswahl)
"+" Zahl	→ (Def. von Zahl)
"+" (Ziffer Zahl Ziffer)	→ (Ausführen von)
"+" (Zahl Ziffer)	→ (Def. von Zahl)
"+" ((Ziffer Zahl Ziffer) Ziffer)	→ (Auswahl)
"+" Ziffer Ziffer	→ (Def. von Ziffer)
"+"("0" "1" "..." "9") Ziffer	→ (mehrfache Auswahl)
"+" "3" Ziffer	→ (Def. von Ziffer)
"+" "3" ("0" "1" "..." "9")	→ (mehrfache Auswahl)
"+" "3" "1"	

BNF-Grammatik

- Eine **BNF-Grammatik** besteht aus einer Menge von **BNF-Regeln zusammen mit einem Startsymbol** (Nichtterminalzeichen für den betrachteten Begriff z.B. GanzeZahl).
- Jede solche **Grammatik G** definiert eine **Menge von Wörtern**, die als Sprache von G, geschrieben **L(G)**, bezeichnet wird. (L für Language)

Ein **Wort** ist eine **Folge von Terminalzeichen**.

BNF-Grammatik

Man erhält jedes Wort w von $L(G)$ durch eine **Ableitung** der Form

$$S \rightarrow E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow \dots \rightarrow E_k$$

wobei

- S das Startsymbol von G ist,
- E_{i+1} aus E_i dadurch entsteht, dass
 - ein oder mehrere Nichtterminale aus E_i durch die rechten Seiten ihrer Definition ersetzt werden oder dass
 - Operatoren ausgewertet werden.
- $E_k \equiv w$
↓

syntaktisch gleich

Hier bedeutet "≡" die syntaktische Gleichheit.

Bei dem abgeleiteten Wort w verzichtet man im Allgemeinen auf die Anführungszeichen.

BNF-Grammatik für Java

Bemerkung:

Die Java-Spezifikation verwendet eine etwas andere Schreibweise:

- *Nichtterminalsymbole* *kursiv*
(z.B. *Ziffer* statt Ziffer)
- *Terminalsymbole* Schreibmaschinenschrift
(z.B. *if* statt "if")
- Statt $A = E$ schreibt man $A: E$
- Die Auswahl wird weggelassen und durch neue Zeile ersetzt.
z.B. *Vorzeichen*: +
-
- Die Option wird durch tiefgestelltes *opt* gekennzeichnet.
z.B. E_{opt} statt $[E]$

Beispiel:

<i>Zahl</i> : <i>Ziffer</i>	<i>Vorzeichen</i> : +	<i>GanzeZahl</i> : <i>Vorzeichen</i> _{opt} <i>Zahl</i>
<i>Zahl</i> <i>Ziffer</i>	-	

Abgeleitete Operationen

Eine **Folge von Ausdrücken gleicher Bauart** läßt sich so beschreiben:

Sei E ein Ausdruck

$\{E\}$ bedeutet: E kann 0-mal oder mehrmals auftreten.

Man kann $\{E\}$ folgendermaßen definieren:

$\{E\} = [E] \mid$ *E kann beliebig (aber endlich) oft auftreten.*
 $E \{E\}$

Äquivalent dazu ist die Definition:

$\{E\} = [E] \mid$
 $\{E\} E$

Beispiel: Bezeichner

Ein **Bezeichner** besteht aus einer nichtleeren Folge von Buchstaben oder Ziffern, beginnend mit einem Buchstaben.

Bezeichner sind z.B. A, A2D2, Wirsing
Keine Bezeichner sind 007, 1B, F.D.P (*Punkte sind keine Buchstaben.*)

EBNF-Grammatik:

Buchstabe = "A" |

"B" |

...

"Z" |

"a" |

...

"z"

Buzi = Buchstabe |

Ziffer

Bezeichner = Buchstabe {Buzi}

Syntaxdiagramme

Ein **Syntaxdiagramm** ist ein einfacher grafischer Formalismus zur Beschreibung der Syntax von Programmen.

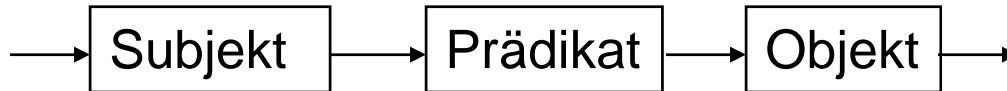
Ein **Syntaxdiagramm** erklärt (wie eine BNF-Grammatik) einen syntaktischen Begriff.

Es besteht aus Rechtecken, Ovalen und Pfeilen.

- Nichtterminale stehen in Rechtecken
- Terminale stehen in Ovalen
- Pfeile führen von einem Sprachelement zum anderen
- Jedes Syntaxdiagramm besitzt genau einen Eingangs- und genau einen Ausgangspfeil.

Beispiele für Syntaxdiagramme

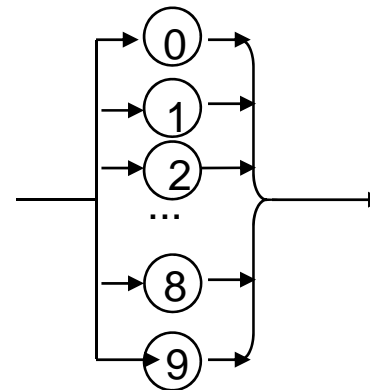
Satz :



Beispiel:

Ziffer = "0" |
 "1" |
 "2" |
 ...
 "9"

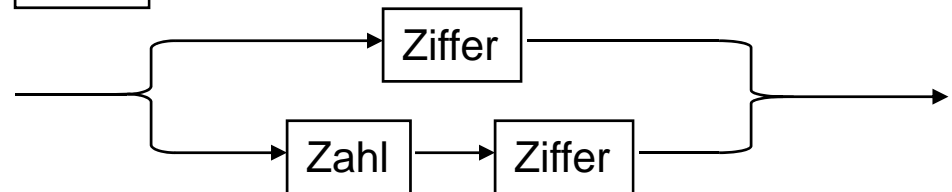
Ziffer :



Beispiel:

Zahl = Ziffer |
 Zahl Ziffer

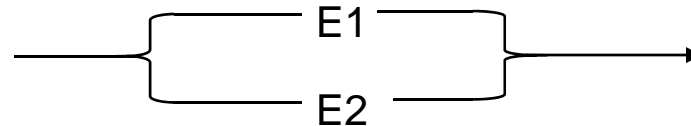
Zahl :



Korrespondenz von Syntaxdiagrammen und BNF

Jeder BNF-Operator läßt sich durch ein Syntaxdiagramm ausdrücken:

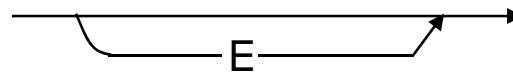
- Auswahl: $E1 \mid E2$ wird repräsentiert durch eine Verzweigung.



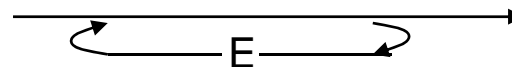
- Komposition: $E1 E2$ wird repräsentiert durch Hintereinanderfügen

$E1 \rightarrow E2$

- Option: $[E]$ wird repräsentiert durch



- Wiederholung:



Korrespondenz von Syntaxdiagrammen und BNF

Umgekehrt lässt sich jedes Syntaxdiagramm durch eine BNF-Grammatik ausdrücken.

Folgerung:

BNF und Syntaxdiagramme sind äquivalent in dem Sinne, dass sie die gleiche Klasse von (formalen) Sprachen beschreiben.

Bemerkung:

Man nennt sie die Klasse der **kontextfreien Sprachen**, da Nichtterminalsymbole ohne Berücksichtigung ihrer benachbarten Symbole (d.h. ohne Berücksichtigung des Kontexts) durch Ausdrücke (nämlich durch die rechte Seiten der zugehörigen Regeln) ersetzt werden.

Beispiel für eine **nicht-kontextfreie** Sprache:

Die Sprache bestehend aus allen Wörtern der Form $a^n b^n c^n$ mit $n \geq 1$, d.h. alle Wörter der Form

abc, aabbcc, aaabbbccc, aaaabbbbccccc, ...

Beispiel für BNF und Syntaxdiagramme: Palindrome

Ein Palindrom ist ein Wort, das von links wie von rechts gelesen das Gleiche ergibt.

Palindrome sind:

"Ein Neger mit Gazelle zagt im Regen nie"

ANNA

ANANA

NN

A

Kein Palindrom:

ANANAS

ANAN

ANAAA

Beispiel für BNF und Syntaxdiagramme: Palindrome

BNF-Form:

Die folgende Grammatik beschreibt alle Palindrome, die mit den Terminalzeichen "A" und "N" gebildet werden können.

Palindrom
"A", "N"

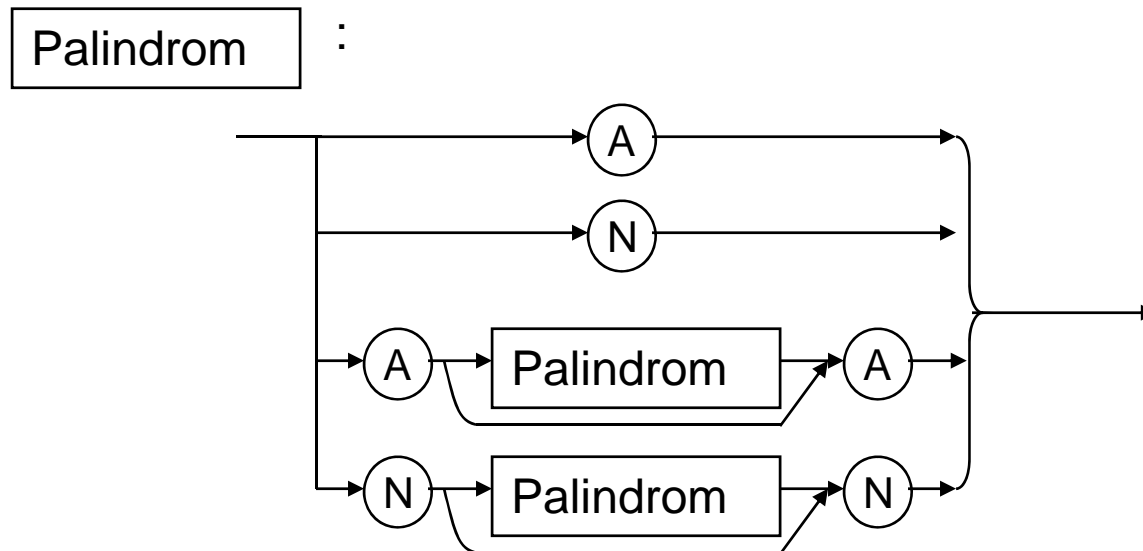
Nichtterminalsymbol
Terminalsymbole

Palindrom = "A" |
"N" | } "einfachste Fälle, Abbruchfälle"

"A" [Palindrom] "A" |
"N" [Palindrom] "N"

Beispiel für BNF und Syntaxdiagramme: Palindrome

Syntaxdiagramm:



Zusammenfassung

- Die **Backus-Naur Form (BNF)** und **Syntaxdiagramme** sind Formalismen zur **Definition der Syntax von Programmiersprachen**.
- Eine **BNF-Grammatik** besteht aus
 - einer Menge von **BNF-Regeln** und
 - einem **Startsymbol**.
- Jede **BNF-Grammatik G** definiert eine **Menge L(G) von Wörtern**, die als Sprache von G bezeichnet wird.
- Ein **Syntaxdiagramm** ist ein zu BNF äquivalenter grafischer Formalismus, bei dem
 - Nichtterminalsymbole in Rechtecken
 - Terminalsymbole in Ovale repräsentiert werden und
 - Pfeile von einem Sprachelement zum anderen führen;
 - dabei besitzt jedes Syntaxdiagramm genau einen Eingangs- und genau einen Ausgangspfeil.