4. Berechnungen im Strukturbaum Übersicht

Berechnungen im Srukturbaum für beliebige Zwecke, z. B.

- **Eigenschaften** der Eingabestrukturen **berechnen, prüfen**, z. B. Typen, Wertebereiche
- **Zusammenhänge** bestimmen, prüfen; z. B. Definition - Anwendung
- **Datenstrukturen**, **Zieltext** konstruieren

Modell: Attributierte Grammatik, Spezifikationssprache **Lido**, Generator **Liga**:

Abstrakte Syntax wird erweitert:

Attribute zu Nichtterminalsymbolen:

Daten zu den Baumknoten, z. B. Expr.Value Expr.Type TypeName.ClassFwd

zum Speichern von **Werten an den Knoten**, Propagieren von Werten durch den Baum, Spezifizieren von Abhängigkeiten zwischen Berechnungen

Berechnungen zu Produktionen (RULE) oder Nichtterminalsymbolen (SYMBOL):

Berechnen Attributwerte aus anderen **Attributen im Kontext** (RULE oder SYMBOL), oder bewirken Effekte, z. B. Prüfungen, Meldungen, Ausgabe

Jede Berechnung wird genau einmal für jeden Knoten dieses Typs augeführt.
An jedem Knoten wird jedes seiner Attribute genau einmal berechnet.
Die **Reihenfolge der Berechnungen und den Baumdurchlauf** ermittelt der **Generator** aus den Abhängigkeiten zwischen den Attributen.

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Abhängige Berechnungen

```
SYMBOL Expr, Opr: value: int SYNT;
SYMBOL Opr: left, right: int INH;
TERM Number: int;

RULE: Root ::= Expr COMPUTE
   printf ("value is %d\n", Expr.value);
END;

RULE: Expr ::= Number COMPUTE
   Expr.value = Number;
END;

RULE: Expr ::= Expr Opr Expr COMPUTE
   Expr[1].value = Opr.value;
   Opr.left = Expr[2].value;
   Opr.right = Expr[3].value;
END;

RULE: Opr ::= '+' COMPUTE
   Opr.value = ADD (Opr.left, Opr.right);
END;
RULE: Opr ::= '-' COMPUTE
   Opr.value = SUB (Opr.left, Opr.right);
END;
```

´typisierte Attribute zu Symbolen

Terminalsymbol mit int-Wert

SYNThesized Attribute werden im unteren Kontext berechnet, INHerited Attribute im oberen.

Angabe ist meist optional.

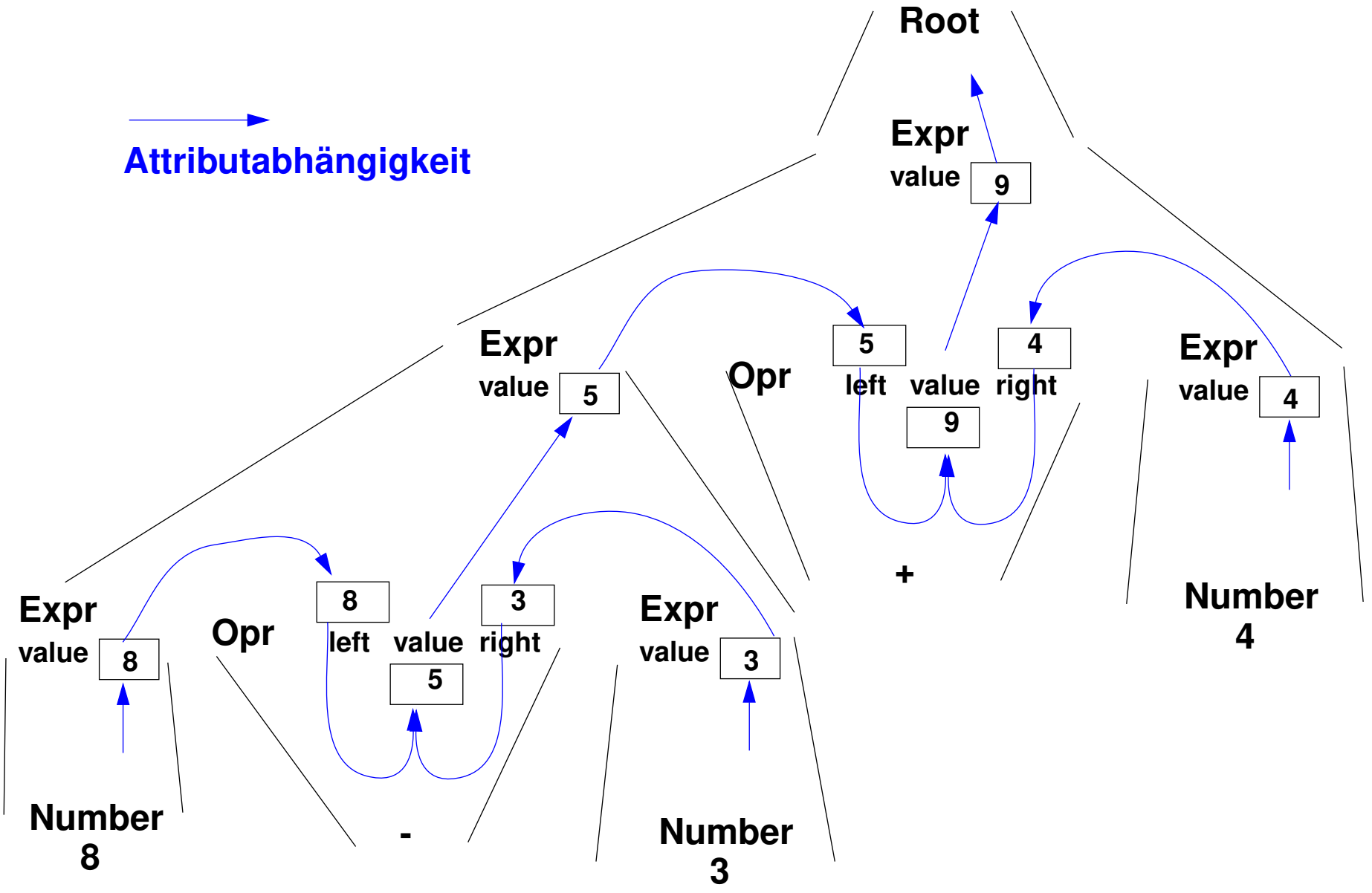
Reihenfolge der Berechnungen wird vom Generator aus den Abhängigkeiten bestimmt

Beispiel:

Berechnung und Ausgabe des Wertes eines Ausdruckes

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Ein attributierter Strukturbaum



© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Vor- und Nachbedingungen von Berechnungen

```
RULE: Root ::= Expr COMPUTE
   Expr.print = "yes";
   printf ("n") <- Expr.printed;
END;

RULE: Expr ::= Number COMPUTE
   Expr.printed =
      printf ("%d ", Number) <-Expr.print;
END;

RULE: Expr ::= Expr Opr Expr COMPUTE
   Expr[2].print = Expr[1].print;
   Expr[3].print = Expr[2].printed;
   Opr.print = Expr[3].printed;
   Expr[1].printed = Opr.printed;
END;

RULE: Opr ::= '+' COMPUTE
   Opr.printed =
      printf ("+ ") <- Opr.print;
END;
```

Attribute **`print`** und **`printed`** haben **keine Werte** (Typ **`VOID`**)

Sie beschreiben die Zustände als **Vor- und Nachbedingungen** der Berechnungen:

`Expr.print`:

Postfix-Ausgabe bis vor diesem Knoten ist erledigt

`Expr.printed`:

Postfix-Ausgabe bis einschließlich dieses Knotens ist erledigt

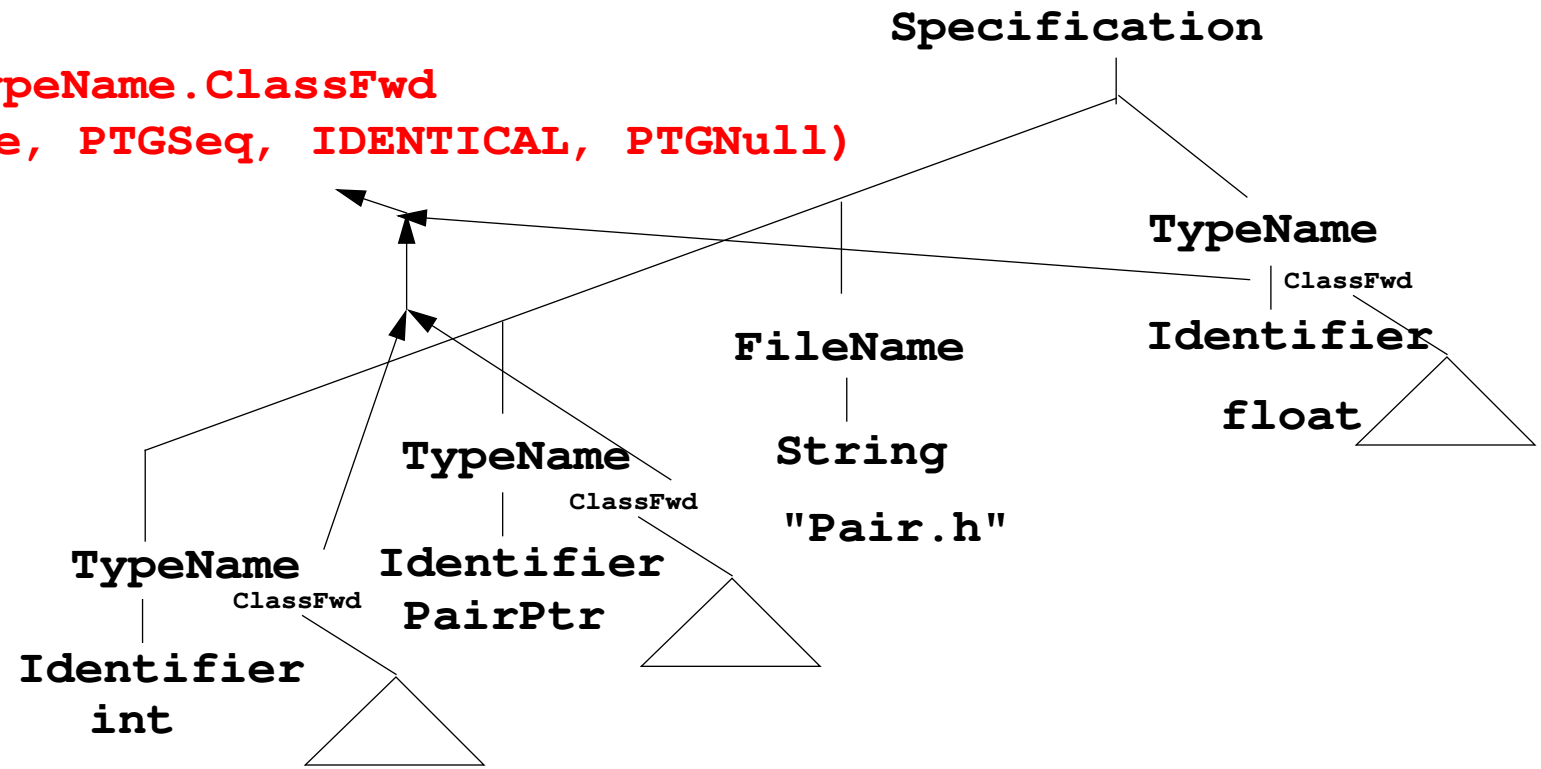
Beispiel:

Ausgabe des Ausdrucks in Postfix-Form

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Schema: Attributwerte aus Unterbaum zusammenfassen

```
CONSTITUENTS TypeName.ClassFwd
   WITH (PTGNode, PTGSeq, IDENTICAL, PTGNull)
```



CONSTITUENTS fasst Attribute aus Unterbaum zusammen, hier **TypeName.ClassFwd**

	WITH (PTGNode,	**PTGSeq,**	**IDENTICAL,**	**PTGNull)**
Bedeutung:	Typ	2-stellige Verknüp-fungs-funktion	1-stellige Funktion, auf jedes Attribut angewandt	0-stellige Funktion für optionale Teilbäume

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Schema: Attribut eines entfernten Oberknotens benutzen

```
SYMBOL Block: depth: int;

RULE: Root ::= Block COMPUTE
   Block.depth = 0;
END;

RULE: Block ::= '(' Sequence ')' END;
RULE: Sequence LISTOF
         Definition / Statement END;
...

RULE: Statement ::= Block COMPUTE
   Block.depth =
      ADD (INCLUDING Block.depth, 1);
END;

TERM Ident: int;

RULE: Definition ::= 'define' Ident
COMPUTE
   printf("%s defined on depth %d\n",
      StringTable (Ident),
      INCLUDING Block.depth);
END;
```

Beispiel:

Berechnung der Tiefe geschachtelter Blöcke

`INCLUDING Block.depth` bezieht sich auf das **`depth`**-Attribut des nächsten Oberknotens **`Block`**

Das **`INCLUDING`**-Attribut wird **automatisch durch die Kontexte** zwischen seiner Definition im Oberknoten und seiner Benutzung im **`INCLUDING`**-Konstrukt **transportiert**.

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Schema: Vorbedingungen aus Unterbaum zusammenfassen

```
SYMBOL Block: depth: int;

RULE: Root ::= Block END;

RULE: Block ::= '(' Sequence ')'
COMPUTE
   Block.DefDone =
      CONSTITUENTS Definition.DefDone;
END;

...

RULE: Definition ::= 'define' Ident
COMPUTE
   Definition.DefDone =
   printf("%s defined in line %d\n",
      StringTable (Ident), LINE);
END;

RULE: Statement ::= 'use' Ident
COMPUTE
   printf("%s used in line %d\n",
      StringTable (Ident), LINE)
      <- INCLUDING Block.DefDone;
END;
```

Beispiel:

Erst alle Definitionen dann alle Anwendungen ausgeben

Die Attribute **`DefDone`** haben **keine Werte**, sondern sie spezifizieren **nur Abhängigkeiten**

Das **`CONSTITUENTS`**-Konstrukt brucht **keine `WITH`-Klausel**, da **keine Werte transportiert** werden.

Typische Kombination von **`CONSTITUENTS`**-Konstrukt und **`INCLUDING`**-Konstrukt, um die Reihenfolge der Seiteneffekte zu spezifizieren.

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Schema: Abhängigkeiten links-abwärts durch den Baum

```
CHAIN print: VOID;

RULE: Root ::= Expr COMPUTE
   CHAINSTART HEAD.print = "yes";
   printf ("n") <- TAIL.print;
END;

RULE: Expr ::= Number COMPUTE
   Expr.print =
      printf ("%d ", Number) <-Expr.print;
END;

RULE: Expr ::= Expr Opr Expr COMPUTE
   Opr.print = Expr[3].print;
   Expr[1].print = Opr.print;
END;

RULE: Opr ::= '+' COMPUTE
   Opr.print =
      printf ("+ ") <- Opr.print;
END;
```

CHAIN spezifiziert **left-right depth-first** Abhängigkeit.

CHAINSTART im **Wurzel-Kontext der CHAIN**

Berechnungen werden mit Vor- und Nachbedingungen **in die CHAIN „eingehängt“**

CHAIN-Reihenfolge kann **überschrieben** werden.

Weggelassene CHAIN-Berechnungen werden **automatisch ergänzt**

Beispiel:

Ausgabe des Ausdrucks in Postfix-Form (vgl. GSS-4.4)

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Berechnungen zu Symbolen

Berechnungen können **Symbolen zugeordnet** werden, wenn sie **für jedes Auftreten** des Symbols in Produktionen **gleich** sind.

```
SYMBOL Expr COMPUTE
   printf ("expression value %d in line %d\n", THIS.value, LINE);
END;
```

Symbol-Berechnungen können **INCLUDING**-, **CONSTITUENTS**-, **CHAIN**-Konstrukte enthalten:

```
SYMBOL Block COMPUTE
   printf ("%d uses occurred\n",
      CONSTITUENTS Usage.Count WITH (int, ADD, IDENTICAL, ZERO);
END;
```

SYNT.a bzw. **INH.a** gibt an, dass die Berechnung zum **unteren bzw. oberen Kontext** des Symbols gehört:

```
SYMBOL Block COMPUTE
   INH.depth = ADD (INCLUDING Block.depth);
END;
```

Berechnungen im **RULE-Kontext überschreiben Berechnungen im SYMBOL-Kontext**, z. B. für Rekursionsanfänge, Ausnahmen, oder Defaults:

```
RULE: Root ::= Block COMPUTE
   Block.depth = 0;
END;
```

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Wiederverwendung von Berechnungen

```
CLASS SYMBOL IdOcc: Sym: int;
CLASS SYMBOL IdOcc COMPUTE
   SYNT.Sym = TERM;
END;

SYMBOL DefIdent INHERITS IdOcc END;
SYMBOL UseIdent INHERITS IdOcc END;
```

Berechnungen werden neuen **CLASS**-Symbolen zugeordnet.

Durch **INHERITS** werden sie an Baum-Symbole gebunden

```
CLASS SYMBOL OccRoot COMPUTE
   CHAINSTART HEAD.Occurs = 0;
   SYNT.TotalOccs = TAIL.Occurs;
END;
CLASS SYMBOL OccElem COMPUTE
   SYNT.OccNo = THIS.Occurs;
   THIS.Occurs = ADD (SYNT.OccNo, 1);
END;

SYMBOL Block      INHERITS OccRoot END;
SYMBOL Definition INHERITS OccElem END;

SYMBOL Statement INHERITS OccRoot END;
SYMBOL Usage     INHERITS OccElem END;
```

Zusammenwirkende CLASS-Symbole, z. B. Auftreten eines syntaktischen Konstruktes zählen

Paarweise Wiederverwendung

Auf diesem Prinzip beruht die Benutzung von Bibliotheksmodulen, z. B. zur Namensanalyse (siehe Kap. 6)

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

Richtlinien zum Entwurf von Berechnungen im Baum

1. Zerlege die Aufgabe in **Teilaufgaben**, die klein genug sind, um durch wenige der u. g. Spezifikationsmuster gelöst zu werden.
   Entwickle für jede Teilaufgabe ein `.lido`-Fragment und erläutere es im umgebenden `.fw`-Text.

2. Arbeite den **zentralen Aspekt der Teilaufgabe** heraus und bilde ihn auf einen der folgenden Fälle ab:

   A. Der Aspekt wird in natürlicher Weise durch **Eigenschaften von einigen Programmkonstrukten** beschrieben,
   z. B. Typen von Ausdrücken, Schachtelungstiefe von Blöcken, Übersetzung der Anweisungen eines Blockes.

   B. Der Aspekt wird in natürlicher Weise durch **Eigenschaften von Programmobjekten** beschrieben, z. B. Relativadresse von Variablen, Benutzung von Variablen vor der Definition.

   Entwirf die Berechnung wie für A oder B beschrieben.

3. Im Schritt 2 können Anforderungen an **weitere Aspekte** der Teilaufgabe entstehen (benutzte Attribute, deren Berechnung noch nicht entworfen ist): Wiederhole Schritt 2 für diese.

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens

A: Eigenschaften von Programmkonstrukten

Bestimme den **Typ der Werte**, die die Eigenschaft beschreiben. Führe **Attribute dieses Typs zu allen Symbolen** ein, die die **Programmkonstrukte** repräsentieren. Prüfe, welcher der folgenden Fälle für die Bestimmung der Eigenschaft am besten zutrifft.

A1: Jeder **untere Kontext** bestimmt die Eigenschaft in unterschiedlicher Weise:
Entwirf **RULE-Berechnungen**.

A2: Wie A1; aber **oberer Kontext**.

A3: Die Eigenschaft kann **unabhängig von den RULE-Kontexten** berechnet werden, wobei nur Attribute des Symbols oder über INCLUDING, CONSTITUENT(S), CHAIN erreichbare Attribute verwendet werden:
Entwirf eine **untere (SYNT) SYMBOL-Berechnung**.

A4: Wie A3. Aber es gibt **wenige Ausnahmen**, wo entweder untere oder obere (nicht beide!) RULE-Kontexte die Eigenschaft abweichend bestimmen:
Entwirf eine obere (INH) oder untere (SYNT) **SYMBOL-Berechnung** und **überschreibe sie in solchen RULE-Kontexten**.

A5: Wie A4; aber für **rekursive Symbole**: Die Fundierung der Rekursion ist die Ausnahme aus A4, z. B. Schachtelungstiefe von Blöcken.

Wenn keiner der Fälle passt, muss die Modellierung der Eigenschaft überdacht werden. Sie könnte zu komplex sein und eine weitere Zerlegung erfordern.

© 2002 bei Prof. Dr. Uwe Kastens