Karlsruher Institut für Technologie

# Praktikum Compilerbau
# Sitzung 5 – Semantische Analyse

**Prof. Dr.-Ing. Gregor Snelting**
**Matthias Braun und Sebastian Buchwald**

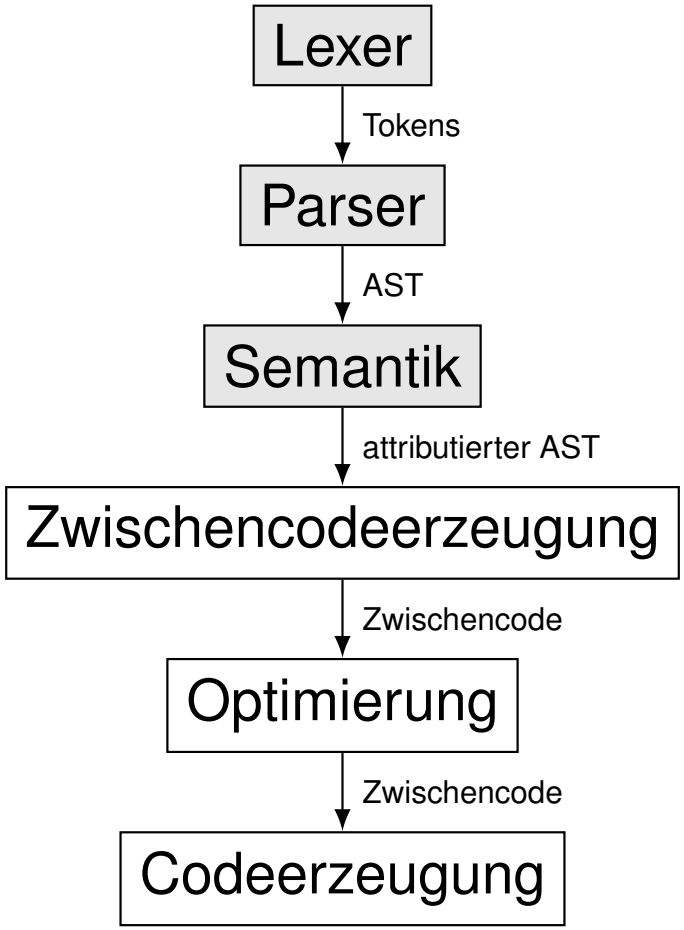
IPD Snelting, Lehrstuhl für Programmierparadigmen

1. Letzte Woche
2. Semantik & Typprüfung
3. Namensanalyse
4. Typanalyse
5. Sonstiges

# Letzte Woche

- Abgabe Grammatiken
- Abgabe Attributierte Grammatiken
- Beispielprogramme im Wiki
- Was waren die Probleme?
- Hat soweit alles geklappt?

# Compilerphasen



# Aufgaben der semantischen Analyse

Karlsruher Institut für Technologie

Die semantische Analyse überprüft die Wohlgeformtheit von Programmen. Sie prüft dabei die Dinge die mit der lexikalischen und syntaktischen Analyse nicht möglich waren.
In MiniJava:

- *Namensanalyse*
  - Welche Dinge werden definiert.
  - Welche Definition wird von einer Benutzung referenziert.
- *Typanalyse*
  - Welchen Typ hat ein Ausdruck?
  - Welchen Typ haben benutzerdefinierte Dinge wie Methoden, Felder und Klassen?
  - Passen die Typen zu den Operationen im Programm?

# Aufgaben der Namensanalyse - Definition/Benutzung

Karlsruher Institut für Technologie

```
int a = 42;
int b = a + 3;
System.out.println(a);
```

- Liste der Definitionen muss leicht zugänglich sein.
- Bei Codeerzeugung: Zuordnung von „Namen”/Definitionen zu Resourcen.
- Zuordnung Benutzung zu Definition nötig für Codeerzeugung, Analysen und Typprüfung.
- Fehlermeldung bei mehreren Definitionen gleichen Namens (im selben Gültigkeitsbereich).
- Fehlermeldung bei Verwendung eines Namens ohne Definition.

# Namensanalyse - Schachtelung, Gültigkeitsbereiche

```
class A {
   public int foo;
   public int getFoo() { return foo; }
   public void setFoo(int foo) {
      this.foo = foo;
   }
   public void bar() {
      if (true) {
         int foo = getFoo() + 42;
         System.out.println(foo);
      }
      System.out.println(foo);
   }
}
```

Bereiche (Scopes):

- (Pakete)[a]
- Klassen
- Methoden, Felder, (innere Klassen)
- Parameter
- Deklaration in Block-Anweisungen, (in for-Anweisung)

---

[a] nicht in MiniJava

# Namensanalyse - Definition nach Benutzung

```
class A {
   public void printFoo() {
      System.out.println(foo);
      bar();
   }
   public int foo;
   public void bar() { }
}
```

- In einigen Bereichen (Pakete, Klassen, Methoden, Felder) dürfen Bezeichner vor ihrer Definition benutzt werden.
- Dies ist der Hauptgrund warum semantische Analyse in Java/MiniJava einen eigenen Durchlauf benötigt

# Namensanalyse - Disjunkte Namensräume

```
public class foo {
   public foo foo;
   public foo foo(int x) {
      foo = foo(0);
      foo: while (true) {
         int foo = 42;
         while (true) {
            foo(foo).foo = (foo) null;
            break foo;
         }
      }
      return this;
   }
}
```

Disjunkte Namensräume!
Unterscheidung Anhand des syntaktischen Kontexts.

- Typen
- Methoden
- Felder
- Marken

# Namensanalyse - Referenzierung fremder Namensräume

Karlsruher Institut für Technologie

```
class B {
   public int foo;
}
class A {
   public B b;
   public int getFoo() {
      return b.foo;
   }
}
```

# Namensanalyse - Pakete

Karlsruher Institut für Technologie

```
class A {
   public void foo() {
      System.out.println(42);
   }
}
class B {
   public B System;
   public B out;
   public void println(int x) {
   }
   public void foo() {
      System.out.println(42);
   }
}
```

# Tips zur Implementierung

- Gemeinsame Basisklasse (`Entity`) für Dinge die mit Namen referenziert werden können.
- Symboltabelle für effizientes Vergleichen benutzen.
- Namenstabelle für effizientes Finden benutzen.

# Symboltabelle

Karlsruher Institut für Technologie

In der Vorlesung: **Stringtabelle**

```
class Symbol {
   String getString();
}

public interface SymbolTable {
      Symbol findOrInsert(String string);
}
```

# Namenstabelle

```
public interface NameTable {
    void enterScope();
    void leaveScope();

    void enterDefinition(Symbol symbol,
        Definition definition);
    Definition getCurrentDefinition(Symbol symbol);
    boolean definitionInCurrentScope(Symbol symbol);
}
public class Symbol {
  /* shortcuts for NameTable */
  Definition currentMethod;
  Definition currentType;
  Definition currentVariable;
}
```

Beachte: Zugriff auf fremde Namensräume nicht über Namenstabelle.

# Implementierung

- Wieviele Durchläufe über den AST sind nötig?
- Besucher-Muster oder einfacher rekursiver Abstieg?

# Typanalyse

- Was wird typisiert? (Ausdrücke, Methoden, Felder)
- Was für Typen gibt es?
  - Atomare Typen: Primitive (**`int`**, **`boolean`**, **`void`**?), Referenz auf X
  - Zusammengesetzte Typen: Array von X, Methodentyp?, Klassentyp?

# Ausdrücke Typisieren

- In MiniJava: Jede Operation/jedes Literal hat festen Typ.
- In Java: Operationen und überladene Methoden werden erst durch Typ der Parameter eindeutig bestimmt.
  (Gibts das auch in MiniJava?)

Beispiele:

- `INTEGER_LITERAL` : *int*
- `IDENTIFIER` Typ hängt von Definition ab
- `+` : $int \times int \rightarrow int$
- `&&` : $boolean \times boolean \rightarrow boolean$
- `<` : $int \times int \rightarrow boolean$
- `new X()` : *Reference*(`X`)

# Typprüfung

Typen der Operanden müssen zu Operationen passen.

- Bedingungen `if (`$x$`), while(`$x$`)`: Typ($x$) == Boolean
- Methodenaufrufe $m$`(`$p_1$`, .., `$p_n$`)`: $m$ hat n Parameter und jeder Ausdruck $p_i$ hat den Typ des entsprechenden Parameters
- Return Statements `return` $x$: Typ($x$) passt zur Methode.

# Sonstige Bedingungen

- Zuweisungen nur an bestimmte Ausdrücke erlaubt (sogenannte l-values). Welche sind das?
- this-Zeiger in static Methoden nicht erlaubt
- Auf jedem Pfad von Anfang zum Ende der Methode gibt es eine **`return`**-Anweisung. Ausnahme Rückgabetyp **`void`**.
- **`void`** nur als Rückgabetyp für Methoden zulässig.
- Was ist mit **`null`**?
- Nicht in MiniJava:
  - Vor jeder Benutzung einer lokalen Variablen muss es eine Definition geben.
  - Es darf kein unerreichbarer Code existieren

# Qualitätskontrolle

Karlsruher Institut für Technologie

## Wette

Schickt uns bis am 25.5. euren Compiler, der die Optionen `--print-ast` und `--check` so wie auf den Übungsblättern angegeben unterstützt. Wir werden in jedem Compiler einen Bug finden!

# Feedback! Fragen? Probleme?

Karlsruher Institut für Technologie

- Nächstes Mal: Laptop mitbringen (Firm wird installiert)
- Anmerkungen?
- Probleme?
- Fragen?