

# Einstieg Builder für Mini-Python

---

BC George (FH Bielefeld)

Unless otherwise noted, this work is licensed under CC BY-SA 4.0.

# Wiederholung

---

## Wo stehen wir?

- Das Frontend ist somit fertig.
- Der AST ist fertig

# Motivation

---

## Was muss als nächstes getan werden?

- später: Maschinencode generieren
- noch: Optimierung

# Themen für heute

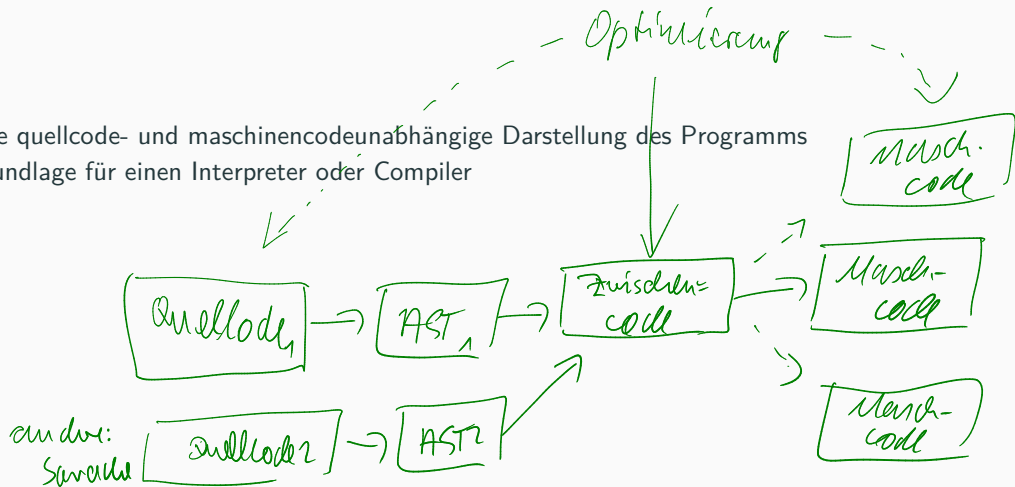
- Zwischencode
- CBuilder

# Zwischencodeerzeugung

---

# Was ist Zwischencode?

- eine quellcode- und maschinencodeunabhängige Darstellung des Programms
- Grundlage für einen Interpreter oder Compiler





# Warum Zwischencode?

- zentrale Datenstruktur im Übersetzungsprozess
- wird am häufigsten durchlaufen (Anzahl Pässe)
- maschinenunabhängige Analysen und Optimierungen (z. B. dead code elimination)
- bei der Portierung eines Compilers muss nur das Backend neu geschrieben werden
- verschiedene Frontends (Sprachen) können denselben Zwischencode (Backend) benutzen
- wenn der Zielprozessor nicht sehr mächtig ist, kann nur 32-Bit-Architektur

- Codegeschwindigkeit erhöhen
- möglichst kleine ausführbare Dateien erzeugen
- möglichst energiesparende Programme erzeugen
- Die meisten Optimierungen finden auf dem Zwischencode statt

*schließen sich teilweise  
gegenseitig aus*

## Unser Zwischencode

---

## Und wenn wir C als Zwischencode nehmen?

- wird durchaus so eingesetzt (Haskell, Lush, Eiffel, ...)
- compilierter C-Code ist sehr schnell
- C-compiler existiert für fast alle Plattformen
- Man bekommt die Optimierung umsonst
- C ist relativ nah an Python
- es müssen nicht alle Elemente von C überprüft  
benutzt werden

## **Generierung unseres Zwischencodes**

---

## Was ist zu tun?

- Wir müssen eine Abbildung finden von <sup>Mini-</sup>Python nach C.
- Für jedes Sprachelement in Mini-Python muss eine Übersetzung nach C festgelegt werden (aus AST und den Symboltabelle)
  - + implementiert

**CBuilder**

= ein Extra Programm  
dafür

(in Java, zu integrieren  
in das ANTLR-Projekt)

Den CBuilder gibt es schon!

Was ist zu tun?

Einfach Klassen und  
Methoden als C-Builders  
benutzen



## Wo ist er zu finden?

<https://github.com/Compiler-CampusMinden/Mini-Python-Builder>

Das Projekt enthält ein Gradle-Buildscript und ein Makefile.

# Was wird unter Linux benötigt?

- make
- gcc oder clang

## Und für Windows?

Der generierte Code benötigt Funktionen aus dem POSIX.1-2008-Standard, läuft also nicht direkt unter Windows. Abhilfe:

- 1) mit **MSYS2** arbeiten (**pacman -S make** und **pacman -S gcc** aufrufen) oder
- 2) **WSL** (Windows Subsystem für Linux) benutzen oder
- 3) **Docker** einsetzen oder
- 4) mit einer virtuellen Maschine arbeiten

## Und für den Mac

Sie können Make und clang (und einige weitere Kommandozeilen-Tools) mittels `xcode-select --install` installieren. Alternativen können Sie auch Homebrew oder andere Alternativen nutzen.

# Installation des CBuilders (Linux)

- das Repo clonen: ergibt CBuilder-Gradle-Projekt (build.gradle im Hauptverzeichnis vom Gitrepo)
- das Antler-Projekt hineinkopieren
- Mainklasse festlegen (siehe Doku)

# Benutzung des CBuilders

---

- die Aufrufe des CBuilders in Ihr Projekt integrieren
- den CBuilder ausführen (z. B. über `gradle.run`). Das generierte C-Programm wird z. B. in das Verzeichnis `./src/program.c` geschrieben.
- in diesem Verzeichnis **make** aufrufen: **make all** übersetzt das Programm, **make run** führt es auch aus, **make clean** entfernt überflüssige erzeugte Dateien..
- Das übersetzte Programm (in `./bin/program`) läuft in einer Konsole (mit *input*- und *print*-Anweisungen)

## Java-Interface des CBuilders

---



# Anlegen des CBuilders und Definieren der Funktionalität

Auszug aus der Doku:

```
ProgramBuilder builder = new ProgramBuilder();

builder.addVariable(...);           // Deklaration einer Variable
builder.addFunction(...);           // Deklaration einer Funktion
builder.addClass(...);               // Deklaration einer Klasse

builder.addStatement(...);           // Alle weiteren Programmteile, z.B. Funktionsaufrufe

builder.writeProgram(outputFolder); // Erzeugt den C-Code (inkl. Runtime)
```

# Definition von Literalen

Auszug aus der Doku:

```
new StringLiteral("foo");    // String mit Inhalt "foo" erzeugen
new IntLiteral(5);           // Integer mit Wert "5" erzeugen
new BoolLiteral(true);       // Boolean mit Wert "True" erzeugen
```

# Anlegen von globalen Variablen



```
builder.addVariable(new VariableDeclaration("a"));
```

Danach wird mit Referenzen auf die Variablen gearbeitet:

```
Reference varA = new Reference("a");
```

A green curved arrow originates from the string "a" in the first code block and points to the string "a" in the second code block, indicating a reference.

# Anlegen von Variablen in Funktionen

Lokale Variablen in Funktionen müssen mit der Funktion zusammen definiert werden. Siehe dort.

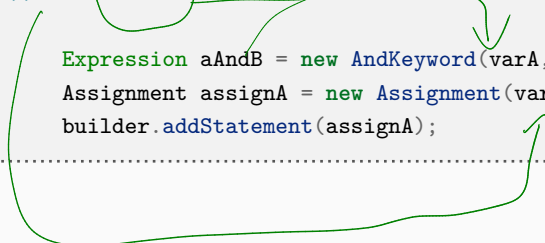
# Logische Operatoren

Logische Operatoren können explizit aufgerufen werden:

```
// a = a and b
```



```
Expression aAndB = new AndKeyword(varA, varB);  
Assignment assignA = new Assignment(varA, aAndB);  
builder.addStatement(assignA);
```



# Arithmetische Operatoren und Vergleichsoperatoren

Arithmetische Operatoren werden in Form von Methodenaufrufen realisiert. Das geht, weil alle Variablen in Python von *object* erben, wo die Operatoren als Methoden definiert sind (und man sie so auch überladen kann).

Methodennamen:

```
__add__(), __sub__(), __mul__(), __div__()  
  
__eq__(), __ne__(), __ge__(), __gt__(), __le__(), __lt__()
```

Beispiel mit anschließender Zuweisung:

```
// d = a + b  
AttributeReference addA = new AttributeReference("__add__", varA);  
Expression add = new Call(addA, List.of(new Expression[] { varB }));  
Assignment assignD = new Assignment(varD, add);
```

siehe Doku

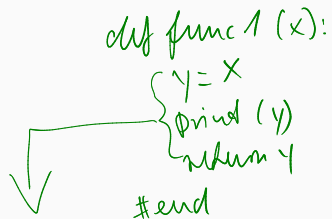
Auszug aus der Doku:

```
Reference printRef = new Reference("print");  
List<Expression> parameterRefList = List.of(new Expression[] {varA});  
Call printCall = new Call(printRef, parameterRefList);  
builder.addStatement(printCall);
```



## Eigene Funktionen definieren: Funktionskörper

def func1 (x):  
    { y = x  
      print (y)  
      return y  
    }  
#end



```
VariableDeclaration localVarYDecl = new VariableDeclaration("y");  
Assignment assignYWithX = new Assignment(new Reference("y"), new Reference("x"));  
Call printY = new Call(printRef, List.of(new Expression[] {new Reference("y")}));  
Statement returnY = new ReturnStatement(new Reference("y"));
```

## Eigene Funktionen definieren: Argumente für den Konstruktor

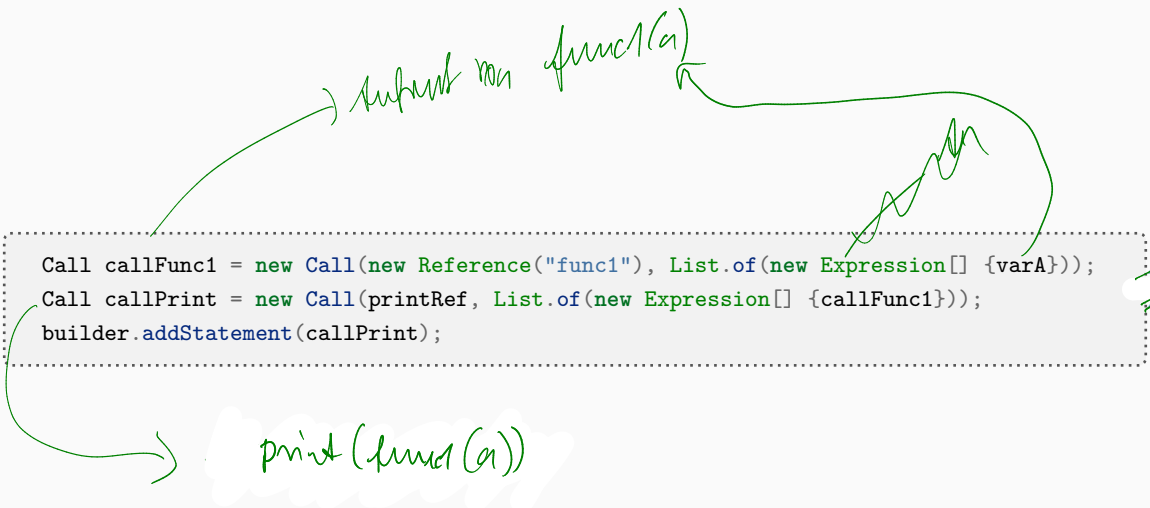
```
List<Statement> body = List.of(new Expression[] {assignYWithX, printY, returnY});  
List<Argument> parameterArguments = List.of(new Argument[] {new Argument("x", 0)});  
List<VariableDeclaration> localVariables = List.of(new VariableDeclaration[] {localVarYDec
```

*local VarYDec });*

## Eigene Funktionen definieren: Anlegen der Funktion

```
Function func1 = new Function("func1", body, parameterArguments, localVariables);  
builder.addFunction(func1);
```

## eigene Funktionen aufrufen



```
Call callFunc1 = new Call(new Reference("func1"), List.of(new Expression[] {varA}));  
Call callPrint = new Call(printRef, List.of(new Expression[] {callFunc1}));  
builder.addStatement(callPrint);
```

print(func1(a))

# Klassen definieren

- Typ **MPyClass**
- Angabe der Referenz auf Elternklasse (`__MPyType_Object`, wenn keine eigene Oberklasse vorhanden ist)
- `__init__` muss **immer** implementiert werden
- in `__init__` **muss** als erstes *super* (Klasse *SuperCall* aufgerufen werden
- Alle Methodendefinitionen **müssen** als ersten Parameter **self** enthalten, nicht jedoch die Methodenaufrufe.

Methoden werden vom CBuilder in normale Funktionen umgesetzt, d. h. gleichnamige Methoden in unterschiedlichen Klassen würden zu Fehlern führen. Eindeutige Namen werden automatisch durch die Funktion *Function#createUniqueCName()* im Konstruktor erzeugt.

## Methoden: *init(self)* anlegen

```
Statement simpleSuperCall = new SuperCall(List.of());  
List<Statement> initBody = List.of(new Statement[] { simpleSuperCall });  
List<Argument> initParamList = List.of(new Argument[] {new Argument("self", 0)});  
Function methodInit = new Function("__init__", initBody, initParamList, List.of());
```

## Methoden: *foo(self, x)* anlegen

oder auch

Parameter  
numerieren!

```
List<Argument> fooParamList = List.of(new Argument[]  
    {new Argument("self", 0), new Argument("x", 1)});  
Function methodFooA = new Function("foo", List.of(), fooParamList, List.of());
```



## Methoden: Klasse A anlegen

```
List<Function> functionListA = List.of(new Function[] { methodInit, methodFooA });  
Reference refToObject = new Reference("__MPyType_Object");  
MPyClass classA = new MPyClass("A", refToObject, functionListA, Map.of());
```

## Was fehlt noch?

builder. addclass (class A);

# Vererbung

eigentlich wie gehabt:

```
// "__init__(self)"
Statement simpleSuperCall = new SuperCall(List.of());
List<Statement> initBody = List.of(new Statement[] { simpleSuperCall });
List<Argument> initParamList = List.of(new Argument[]
    {new Argument("self", 0)});
Function methodInitB = new Function("__init__", initBody, initParamList, List.of());

// "foo(self, x)"
Statement fooPrint = new Call(printRef, List.of(new Expression[] { new Reference("x")}));
List<Argument> fooParamList = List.of(new Argument[] {new Argument("self", 0), new Argument("x", 0)});
List<Statement> fooBody = List.of(new Statement[] { fooPrint });
Function methodFooB = new Function("foo", fooBody, fooParamList, List.of());

// Klasse "B"
List<Function> functionListB = List.of(new Function[] { methodInitB, methodFooB });
MPyClass classB = new MPyClass("B", new Reference("A"), functionListB, Map.of());
builder.addClass(classB);
```

# Die Klassen benutzen

```
Reference varI = new Reference("i");
VariableDeclaration varIDecl = new VariableDeclaration("i");
builder.addVariable(varIDecl);

Assignment assignX = new Assignment(varI, new Call(new Reference("B"), List.of()));
builder.addStatement(assignX);

Expression callFoo = new Call(new AttributeReference("foo", varI),
    List.of(new StringLiteral("test")));
builder.addStatement(callFoo);
```

## *self* verwenden: Ausgangscode in MiniPython

```
class C:  
    def __init__(self, y):  
        self.x = y  
    #end  
  
    def getX(self):  
        return self.x  
    #end  
#end
```

*self* verwenden: `__init()`

```
// Weise "self.x" den Methodenparameter "y" zu
Statement assignSelfX = new AttributeAssignment(new AttributeReference("x", new Reference('
    ew Reference("y")));

// Zugriff auf "self.x" in "getX(self)"
Expression getSelfX = new AttributeReference("x", new Reference("self"));
Statement returnX = new ReturnStatement(getSelfX);

// "__init__(self, y)"
List<Statement> initBodyWithSelfAssign = List.of(new Statement[] { simpleSuperCall,
    assignSelfX });
List<Argument> initParamListWithX = List.of(new Argument[] {new Argument("self", 0),
    new Argument("y", 1)});
Function methodInitWithSelf = new Function("__init__", initBodyWithSelfAssign,
    initParamListWithX, List.of());
```

## *self* verwenden: *getX*

```
List<Statement> getXBody = List.of(new Statement[] { returnX });  
List<Argument> paramListGetX = List.of(new Argument[] {new Argument("self", 0)});  
Function getX = new Function("getX", getXBody, paramListGetX, List.of());  
  
// Class "C"  
List<Function> functionListC = List.of(new Function[] { methodInitWithSelf, getX });  
MPyClass classC = new MPyClass("C", refToObject, functionListC, Map.of());  
builder.addClass(classC);
```

# Methoden auf Objekten aufrufen

```
// Variable "objectC"
```

```
Reference varObjectC = new Reference("objectC");
```

```
VariableDeclaration varObjectCDecl = new VariableDeclaration("objectC");
```

```
builder.addVariable(varObjectCDecl);
```

```
// Erzeugung und Zuweisung eines Objekts der Klasse "C" mit "__init__(self, 5)"
```

```
Call newC = new Call(new Reference("C"), List.of(new IntLiteral(5)));
```

```
Assignment assignObjectC = new Assignment(varObjectC, newC);
```

```
builder.addStatement(assignObjectC);
```

```
// Auf dem Objekt der Klasse "C" die Methode "getX" aufrufen und Rückgabewert ausgeben.
```

```
Expression callGetX = new Call(new AttributeReference("getX", varObjectC), List.of());
```

```
builder.addStatement(new Call(printRef, List.of(callGetX)));
```



## Wrap-Up

---

## Das sollen Sie heute mitnehmen

- Zwischencode ist ein wichtiger Bestandteil eines Compilers, insbesondere für die Optimierung
- Über die Java-API des CBuilders kann aus dem AST heraus Zwischencode in C erzeugt und mit einem vorhandenen C-Compiler in Maschinencode übersetzt werden.



Unless otherwise noted, this work is licensed under CC BY-SA 4.0.