ETH zürich

Hermann Lehner, Felix Friedrich

Informatik I

Vorlesung am D-BAUG der ETH Zürich

Herbst 2019

1. Einführung

Willkommen zur Vorlesung !

`https://www.mentimeter.com/s/54775dbcef2827005cfcaa8e80bff221`

Mathematik war früher die Lingua franca der Naturwissenschaften an allen Hochschulen. Und heute ist dies die Informatik.

Lino Guzzella, Präsident der ETH Zürich 2015-2018, NZZ Online, 1.9.2017

(Lino Guzzella ist übrigens nicht Informatiker, sondern Maschineningenieur und Prof. für Thermotronik ☺)

Programmieren und Problemlösen

In diesem Kurs “lernen” Sie programmieren in Java

- Die Software Entwicklung ist ein **Handwerk**.
- Vergleich: Erlernen eines Musikinstruments.
- **Das Problem:** Es ist noch keiner vom Zuhören Pianist geworden.

Deshalb bietet dieser Kurs Ihnen viele Möglichkeiten, zu üben. Nutzen Sie dies aus!

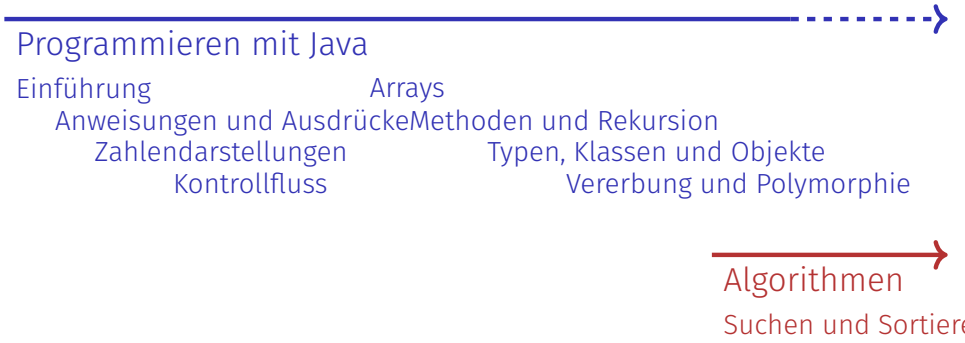
Programmieren und Problemlösen

In diesem Kurs **lernen** Sie Problemlösen mit ausgewählten Algorithmen und Datenstrukturen.

- Sprach-übergreifendes **Grundlagenwissen**
- Vergleich: Rhythmus-Lehre, Tonleitern, Noten-Lesen.
- **Das Problem:** Ohne Musikinstrument macht dies kein Spass.

Deshalb kombinieren wir das Problemlösen mit dem Erlernen von Java.

Inhalte der Vorlesung



Ziel der *heutigen* Vorlesung

- Einführung **Computermodell** und Algorithmus
- Das **erste Programm** schreiben
- Allgemeine Informationen zur Vorlesung

1.1 Informatik und Algorithmus

Informatik, der Euklidische Algorithmus

Algorithmus: Kernbegriff der Informatik

Algorithmus:

- Handlungsanweisung zur schrittweisen Lösung eines Problems
- Ausführung erfordert keine Intelligenz, nur Genauigkeit (sogar Computer können es)
- nach *Muhammed al-Chwarizmi*, Autor eines arabischen Rechen-Lehrbuchs (um 825)

"Dixit algorizmi..." (lateinische Übersetzung)

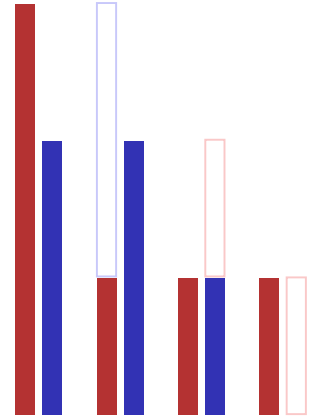
http://de.wikipedia.org/wiki/Algorithmus

Der älteste nichttriviale Algorithmus

Euklidischer Algorithmus (aus Euklids *Elementen*, 3. Jh. v. Chr.)

- Eingabe: ganze Zahlen $a > 0$, $b > 0$
- Ausgabe: ggT von a und b

Solange $b \neq 0$
  Wenn $a > b$ dann
    $a \leftarrow a - b$
  Sonst:
    $b \leftarrow b - a$
Ergebnis: a.



Euklid in der Box

Speicher

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
[8] → **L**	[9] → **R**	**L** = 0? *stop*	**R** > **L**? *springe zu* **6**	**L** − **R** → [8]	*springe zu* 0	**R** − **L** → [9]	*springe zu* 0	b	a

Programmcode | Daten

Daten

Links **R**echts

b a

Register

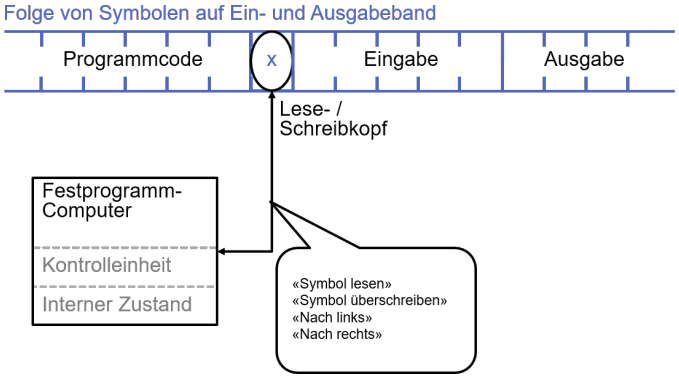
Solange $b \neq 0$
  Wenn $a > b$ dann
    $a \leftarrow a - b$
  Sonst:
    $b \leftarrow b - a$
Ergebnis: a.

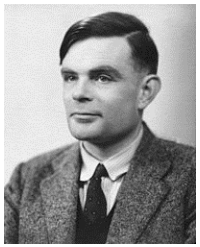
1.2 Computermodell

Turing Maschine, Von Neumann Architektur

Computer – Konzept

Eine geniale Idee: Universelle Turingmaschine (Alan Turing, 1936)

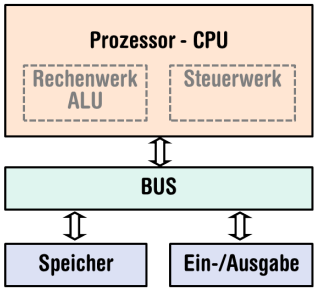



Alan Turing

http://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing

Computer – Umsetzung

- Z1 – Konrad Zuse (1938)
- ENIAC – John Von Neumann (1945)




Konrad Zuse

http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/GNT/hh/biogr/zuse.htm


John von Neumann

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_von_Neumann.jpg

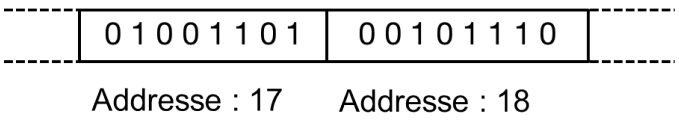
Computer

Zutaten der *Von Neumann Architektur:*

- Hauptspeicher (RAM) für Programme **und** Daten
- Prozessor (CPU) zur Verarbeitung der Programme und Daten
- I/O Komponenten zur Kommunikation mit der Aussenwelt

Speicher für Daten *und* Programm

- Folge von Bits aus $\{0, 1\}$.
- Programmzustand: Werte aller Bits.
- Zusammenfassung von Bits zu Speicherzellen (oft: 8 Bits = 1 Byte).
- Jede Speicherzelle hat eine Adresse.
- Random Access: Zugriffszeit auf Speicherzelle (nahezu) unabhängig von ihrer Adresse.



Prozessor

Der Prozessor (CPU)

- führt Befehle in Maschinensprache aus
- hat eigenen "schnellen" Speicher (Register)
- kann vom Hauptspeicher lesen und in ihn schreiben
- beherrscht eine Menge einfachster Operationen (z.B. Addieren zweier Registerinhalte)

Rechengeschwindigkeit

In der mittleren Zeit, die der Schall von mir zu Ihnen unterwegs ist...

30 m ≙ mehr als 100.000.000 Instruktionen

arbeitet ein heutiger Desktop-PC mehr als 100 Millionen Instruktionen ab.[1]

[1] Uniprozessor Computer bei 1GHz

Programmieren

- Mit Hilfe einer **Programmiersprache** wird dem Computer eine Folge von Befehlen erteilt, damit er genau das macht, was wir wollen.
- Die Folge von Befehlen ist das **(Computer)-Programm**.

The Harvard Computers, Menschliche Berufsrechner, ca.1890

http://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_Computers

Programmiersprachen

- Sprache, die der Computer "versteht", ist sehr primitiv (Maschinensprache).
- Einfache Operationen müssen in viele Einzelschritte aufgeteilt werden.
- Sprache variiert von Computer zu Computer.

Höhere Programmiersprachen

darstellbar als Programmtext, der

- von Menschen *verstanden* werden kann
- vom Computermodell *unabhängig* ist
  $\rightarrow$ Abstraktion!

Java

- Basiert auf einer **virtuellen Maschine** (mit von-Neumann Architektur)
  - Programmcode wird in Zwischencode übersetzt
  - Zwischencode läuft in einer simulierten Rechnerumgebung, Interpretation des Zwischencodes durch einen Interpreter
  - Optimierung: Just-In-Time (JIT) Kompilation von häufig genutztem Code: virtuelle Maschine $\rightarrow$ physikalische Maschine
- Folgerung, und erklärtes Ziel der Entwickler von Java: **Portabilität**

  write once – run anywhere

2. Java Einführung

Programmieren – Ein erstes Java Programm

Was braucht es zum Programmieren?

- **Editor:** Programm zum Ändern, Erfassen und Speichern vom Java-Programmtext
- **Compiler:** Programm zum Übersetzen des Programmtexts in Maschinensprache
- **Computer:** Gerät zum Ausführen von Programmen in Maschinensprache
- **Betriebssystem:** Programm zur Organisation all dieser Abläufe (Dateiverwaltung, Editor-, Compiler- und Programmaufruf)

Deutsch vs. Programmiersprache

Deutsch

Es ist nicht genug zu wissen,
man muss auch anwenden.
(Johann Wolfgang von Goethe)

Java / C / C++

```
// computation
int b = a * a; // b = a^2
b = b * b;     // b = a^4
```


Syntax und Semantik

- Programme müssen, wie unsere Sprache, nach gewissen Regeln geformt werden.
  - **Syntax**: Zusammenfügungsregeln für elementare Zeichen (Buchstaben).
  - **Semantik**: Interpretationsregeln für zusammengefügte Zeichen.
- Entsprechende Regeln für ein Computerprogramm sind einfacher, aber auch strenger, denn Computer sind vergleichsweise dumm.

Syntax und Semantik von Java

Syntax

- Was *ist* ein Java Programm?
- Ist es *grammatikalisch* korrekt?

Semantik

- Was *bedeutet* ein Programm?
- Welchen Algorithmus realisiert ein Programm?

Erstes Java Programm

```
// Program to raise a number to the eighth power
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    // input
    Out.print("Compute a^8 for a= ?");
    int a;
    a = In.readInt();
    // computation
    int b = a * a; // b = a^2
    b = b * b; // b = a^4
    // output b * b, i.e. a^8
    Out.println(a + "^8 = " + b * b);
  }
}
```

Klasse: Ein Programm

Methode: benannte Folge von Anweisungen.

Java Klassen

Ein Java-Programm besteht aus mindestens einer Klasse mit einer main-Methode. Die Folge von Anweisungen in dieser Methode wird ausgeführt, wenn das Programm startet.

```
public class Main{
  // Potentiell weiterer Code und Daten

  public static void main(String[] args) {
    // Hier beginnt die Ausfuehrung
    ...
  }

}
```


Verhalten eines Programmes

Zur Compilationszeit:

- vom Compiler akzeptiertes Programm (syntaktisch korrektes C++)
- Compiler-Fehler

Zur Laufzeit:

- korrektes Resultat
- inkorrektes Resultat
- Programmabsturz
- Programm *terminiert* nicht (Endlosschleife)

Kommentare

```
// Program to raise a number to the eighth power
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    // input
    Out.print("Compute a^8 for a= ?");
    int a;
    a = In.readInt();
    // computation
    int b = a * a;  // b = a^2
    b = b * b;  // b = a^4
    // output b * b, i.e. a^8
    Out.println(a + "^8 = " + b * b);
  }
}
```

Kommentare und Layout

Kommentare

- hat jedes gute Programm,
- dokumentieren, *was* das Programm *wie* macht und wie man es verwendet und
- werden vom Compiler ignoriert.
- Syntax: „Doppelslash“ `// bis Zeilenende.`

Ignoriert werden vom Compiler ausserdem

- Leerzeilen, Leerzeichen,
- Einrückungen, die die Programmlogik widerspiegeln (sollten)

Kommentare und Layout

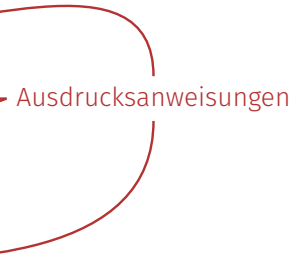
Dem Compiler ist's egal...

```
public class Main{public static void main(String[] args){Out.print
("Compute a^8 for a= ?");int a;a = In.readInt();int b = a*a;b =
b * b;Out.println(a + "^8 = " + b * b);}}
```

... uns aber nicht!

Anweisungen (Statements)

```
// Program to raise a number to the eighth power
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    // input
    Out.print("Compute a^8 for a= ?");
    int a;
    a = In.readInt();
    // computation
    int b = a * a;  // b = a^2
    b = b * b; // b = a^4
    // output b * b, i.e. a^8
    Out.println(a + "^8 = " + b * b);
  }
}
```



Anweisungen (statements)

- Bausteine eines Java Programms
- werden (sequenziell) *ausgeführt*
- enden mit einem Semikolon
- Jede Anweisung hat (potenziell) einen **Effekt**.

Ausdrucksanweisungen

- haben die Form

  expr;

  wobei *expr* ein Ausdruck ist
- Effekt ist der Effekt von *expr*, der Wert von *expr* wird ignoriert.

```
b = b * b;
```

Anweisungen – Werte und Effekte

```
// Program to raise a number to the eighth power
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    // input
    Out.print("Compute a^8 for a= ?");
    int a;
    a = In.readInt();
    // computation
    int b = a * a; // b = a^2
    b = b * b; // b = a^4
    // output b * b, i.e. a^8
    Out.println(a + "^8 = " + b * b);
  }
}
```

Effekt: Ausgabe des Strings `Compute ...`

Effekt: Eingabe einer Zahl und Speichern in a

Effekt: Speichern des berechneten **Wertes** von a*a in b

Effekt: Speichern des berechneten **Wertes** von b * b in b

Effekt: Ausgabe des **Wertes** von a und des berechneten **Wertes** von b * b

Werte und Effekte

- bestimmen, was das Programm macht,
- sind rein semantische Konzepte:
  - Zeichen `0` bedeutet Wert $0 \in \mathbb{Z}$
  - `a = In.readInt();` bedeutet Effekt "Einlesen einer Zahl"
- hängen vom Programmzustand (Speicherinhalte / Eingaben) ab

Anweisungen – Variablendefinitionen

```
// Program to raise a number to the eighth power
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    // input
    Out.print("Compute a^8 for a= ?");
    int a;
    a = In.readInt();
    // computation
    int b = a * a; // b = a^2
    b = b * b;  // b = a^4
    // output b * b, i.e. a^8
    Out.println(a + "^8 = " + b * b);
  }
}
```

Typ-namen

Deklarationsanweisungen

Deklarationsanweisungen

- führen neue Namen im Programm ein,
- bestehen aus Deklaration + Semikolon

```
int a;
```

- können Variablen auch initialisieren

```
int b = a * a;
```

Typen und Funktionalität

`int`:
- Java Typ für ganze Zahlen,
- entspricht $(\mathbb{Z}, +, \times)$ in der Mathematik

In Java hat jeder Typ einen Namen sowie
- Wertebereich (z.B. ganze Zahlen)
- Funktionalität (z.B. Addition/Multiplikation)

Fundamentaltypen

Java enthält fundamentale Typen für
- Ganze Zahlen (`int`)
- Reelle Zahlen (`float`, `double`)
- Wahrheitswerte (`boolean`)
- ...

Literale

- repräsentieren konstante Werte,
- haben festen **Typ** und **Wert**
- sind "syntaktische Werte".

- `0` hat Typ `int`, Wert 0.
- `1.2e5` hat Typ `double`, Wert $1.2 \cdot 10^5$.

Variablen

- repräsentieren (wechselnde) Werte,
- haben
  - **Name**
  - **Typ**
  - **Wert**
  - **Adresse**
- sind im Programmtext "sichtbar".

`int a;` definiert Variable mit
- Name: `a`
- Typ: `int`
- Wert: (vorerst) undefiniert
- Addresse: durch Compiler bestimmt

Objekte

- repräsentieren Werte im Hauptspeicher
- haben **Typ**, **Adresse** und **Wert** (Speicherinhalt an der Adresse),
- können benannt werden (Variable) ...
- ... aber auch anonym sein.

Anmerkung

Ein Programm hat eine *feste* Anzahl von Variablen. Um eine variable Anzahl von Werten behandeln zu können, braucht es "anonyme" Adressen, die über temporäre Namen angesprochen werden können.

Bezeichner und Namen

(Variablen-)Namen sind Bezeichner:

- erlaubt: A,...,Z; a,...,z; 0,...,9;_
- erstes Zeichen ist Buchstabe.

Es gibt noch andere Namen:

- **`Out.println`** (qualifizierter Name)

Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*
- sind entweder **primär** (`b`)
- oder **zusammengesetzt** (`b * b`)...
- ...aus anderen Ausdrücken, mit Hilfe von **Operatoren**

Analogie: Baukasten

Ausdrücke (Expressions)

```
// input
Out.print("Compute a^8 for a= ?");
int a;
a = In.readInt();

// computation
int b = a * a; // b = a^2
b = b * b;    // b = a^4

// output b * b, i.e. a^8
Out.println(a + "^8 = " + b * b );
```

Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*,
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

  `a * a`
  zusammengesetzt aus
  Variablenname, Operatorsymbol, Variablenname
  Variablenname: primärer Ausdruck
- können geklammert werden

  `a * a` ist äquivalent zu `(a * a)`

Ausdrücke (Expressions)

haben **Typ**, **Wert** und **Effekt** (potenziell).

Beispiel `a * a`
- Typ: `int` (Typ der Operanden)
- Wert: Produkt von `a` und `a`
- Effekt: keiner.

Beispiel `b = b * b`
- Typ: `int` (Typ der Operanden)
- Wert: Produkt von `b` und `b`
- Effekt: Weise `b` diesen Wert zu.

Typ eines Ausdrucks ist fest, aber Wert und Effekt werden erst durch die *Auswertung* des Ausdrucks bestimmt.

Operatoren und Operanden

```
// input
Out.print("Compute a^8 for a= ?");
int a;
a = In.readInt();
// computation
int b = a * a; // b = a^2
b = b * b;     // b = a^4

// output
Out.println(a + "^8 = " + b * b );
```

Linker Operand (Variable)

Rechter Operand (Ausdruck)

Zuweisungsoperator

Multiplikationsoperator

Operatoren

Operatoren
- machen aus Ausdrücken (*Operanden*) neue zusammengesetzte Ausdrücke
- spezifizieren für die Operanden und das Ergebnis die Typen
- haben eine Stelligkeit

Multiplikationsoperator *

- erwartet zwei R-Werte vom gleichen Typ als Operanden (Stelligkeit 2)
- "gibt Produkt als Wert des gleichen Typs zurück", das heisst formal:
  - Der zusammengesetzte Ausdruck repräsentiert den Wert des Produktes der Werte der beiden Operanden

Beispiele: `a * a` und `b * b`

Zuweisungsoperator =

- Weist linkem Operanden den Wert des rechten Operanden zu und gibt den linken Operanden zurück

Beispiele: `b = b * b` und `a = b`

Vorsicht, Falle!
Der Operator = entspricht dem Zuweisungsoperator in der Mathematik (:=), nicht dem Vergleichsoperator (=).