Übungsstunde — Informatik — ES01

Adel Gavranović

Organisatorisches, Integer Division & Modulo, Binärrepräsentation, Expressions und Evaluationen

Übersicht

Kennenlernen
Organisatorisches
Zusammenfassung
Integer Division & Modulo
Binärrepräsentation
Expressions und Evaluationen
Binärrepräsentation von neg. Integern
Tipps zu **code** expert
Outro

n.ethz.ch/~agavranovic

Exercise Session Material

Adel's Webpage

Mail to Adel

Intro

Herzlich Willkommen!

Ziele

Ziele für heute

- ☐ Uns kennenlernen
- ☐ Organisatorisches besprechen
- ☐ **code** expert einrichten
- ☐ Int-Division, Operatoren und Modulo verstehen
- ☐ Zahlen in andere Basen umrechnen können
- ☐ Valide C++-Expressions erkennen
- ☐ C++-Expressions evaluieren können

1. Kennenlernen

Euer Assistent

Adel

- Hatte vor der ETH praktisch keine Erfahrungen im Programmieren
- Hatte gute Note in Informatik am BPB-I
- Wird dafür sorgen, dass Ihr den BPB-I nicht wegen Informatik verkackt
- Hier, um euch zu helfen
- Trinkt gern guten Kaffee
- Fährt gern Fahrrad
- Aus Züri

Eure Kommilitoninnen und Kommilitonen

Stell dich vor!

- Wie heisst du?
- Woher kommst du?
- Wieso RW an der ETH?
- Hast du Erfahrung im Programmieren (insb. C++)?
- Hast du coole Hobbies oder aussergewöhnliche Interessen?

Fragen/Unklarheiten?

2. Organisatorisches

Informatik

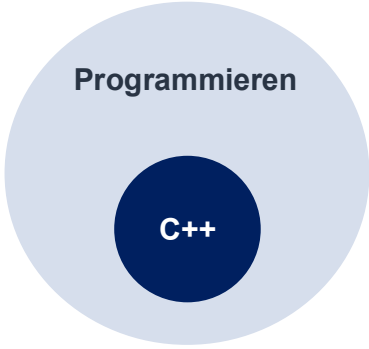
Informationen zur Organisation

Kennenlernen

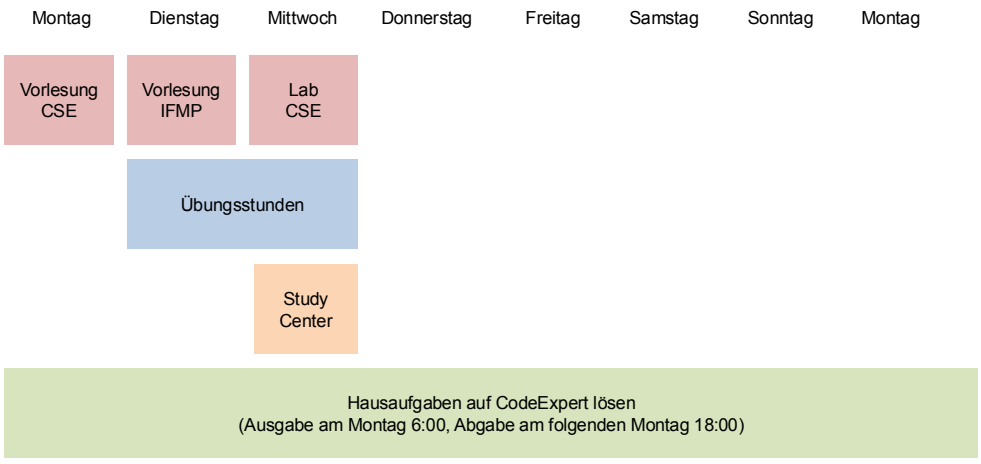
- Name?
- Welcher Teilbereich deines Studiums interessiert dich am meisten?

Ziel des Kurses

- Vorlesung
- Übungsstunde
- Wöchentliche Übungen
- Bonusaufgaben
- Study Center



Wöchentlicher Plan



Wöchentliche Übungen und Bonusaufgaben

- Alle Übungen findet ihr auf [code]expert (https://expert.ethz.ch).
- Ihr müsst euch zuerst mithilfe dem euch gesandten Link in die Übungsgruppe einschreiben.

- **Wöchentliche Übungen:**
  - Zweck: Neuen Stoff anwenden.
  - Veröffentlichung: Montag um 6:00.
  - Deadline: Eine Woche später (Montag 18:00).
  - Erlaubt euch Erfahrungspunkte (XP) zu sammeln.

- **Bonusaufgaben** (benötigt ca. 2/3 der Erfahrungspunkte zur Freischaltung):
  - Zweck: Wissen zu verschiedenen Themen kombinieren.
  - Erlaubt euch max. +0.25 Bonus für die Endnote zu erreichen (mit 2/3 der Bonuspunkte).

Wöchentliche Übungen und Bonusaufgaben

- Alle Übungen findet ihr auf [code]expert (https://expert.ethz.ch).
- Ihr müsst euch [illegible] ungsgruppe einschreiben.
- **Wöchentlich[illegible]**
  - Zweck: Neu[illegible]
  - Veröffentlic[illegible]
  - Deadline: E[illegible]
  - Erlaubt euc[illegible]
- **Bonusaufga[illegible]** chaltung):
  - Zweck: Wissen zu verschiedenen Themen kombinieren.
  - Erlaubt euch max. +0.25 Bonus für die Endnote zu erreichen (mit 2/3 der Bonuspunkte).

Wichtig!

Benutzt zum Lösen der Übungsaufgaben **nur** das, was bereits in der Vorlesung vorgestellt wurde und was nicht von der Aufgabenstellung verboten wird. Beachtet, dass der Autograder weitere Einschränkungen (wie die Vermeidung von globalen Variablen) auferlegen kann, die nicht ausdrücklich in der Aufgabenstellung angegeben sind. Beachtet außerdem, dass Warnungen als Fehler behandelt werden. Überprüft also die Ausgabe des Autograders sorgfältig, um zu vermeiden, dass ihr 0 Punkte bekommt.

Jede Woche wird eine Zusammenfassung der in dieser Woche vorgestellten Konzepte herausgegeben.

Übungsstunden

- Zweck: Vorbereitung für das Lösen von zukünftigen und vergangenen Übungen.
- Ansatz: Vor allem interaktiver Unterricht und konstruktive Diskussionen.
- Wir erwarten, dass ihr:
  - Aktiv am Unterricht teilnehmt
  - Fragen stellt, wenn ihr den Inhalt nicht versteht, oder warum wir ein bestimmtes Thema behandeln
- Es ist völlig normal, wenn ihr Fehler macht, wir sind im Lernprozess. Bitte vermeidet es, Sachen zu tun, welche andere stören könnten. Wenn eine Aufgabe zu einfach ist, helft anderen.

Study Center

- Zweck: Eine Möglichkeit, um nach individueller Hilfe zum Kurs zu fragen

IFMP:

- Zeit: Mittwoch 16:15-18:15, beginnend ab dem 25. September
- Ort: Mensa Polyterrasse
- Link: https://studycenter.ethz.ch/

CSE (mit MAVT geteilt):

- Zeit: Mittwoch 18:15-20:00, beginnend ab dem 2. Oktober
- Ort: ETA F 5

Informationen & Kontakt

- Mehr Informationen sind auf dem Informationsblatt zur Organisation zu finden.
- Für Fragen betreffend der *Vorlesungsinhalte* könnt ihr während der Vorlesung fragen.
- Für Fragen betreffend der *Übungen* könnt ihr euren TA fragen.
- Für *administrative* Fragen kontaktiert bitte den Head-TA (siehe Website für die E-Mail-Adresse).

Fragen/Unklarheiten?

Zur Übungsstunde

- Alles wird auf der meiner Website hochgeladen
- Wird *nicht* aufgezeichnet
- Bitte stellt Fragen bei Unklarheiten
- Bitte beteiligt euch am Unterricht
- Bitte korrigiert mich, sobald ich Fehler mache
- Ihr könnt Fragen auch direkt in euren Code bei **code** expert schreiben, aber das sehe ich erst *nach* der Abgabe

```
int a = 42; // Eure Kommentare und Fragen hierhin
```

- Fragen via Mail sind immer willkommen

Zum Kurs

- Ist nicht der schwierigste Kurs…
- …aber einer der wichtigsten
- Falls ihr den BPB-I nicht besteht, wird es wahrscheinlich nicht an Informatik liegen
- Prüfungen werden erst im Januar stattfinden, aber…
- **…ÜBT WÄHREND DES SEMESTERS UND BLEIBT DRAN**
- …und falls ihr doch mal abhängt: besorgt euch Hilfe, z.B. bei
  - mir
  - dem Study Center
  - euren Mitstudierenden
  - der Kanzlei

How to **code** expert

(öffnet `expert.ethz.ch` auf dem Gerät eurer Wahl)

- **code** expert kann ein wenig pingelig sein
- deshalb folgt den Anweisungen sehr genau (vermeidet unnötigen Text)
- der Autograder wird den Grossteil der Korrekturen übernehmen
- von mir bekommt ihr die letzten paar Punkte für Stil, Dokumentation, Herangehensweise, etc.
- Textaufgaben werden vollständig manuell korrigiert
  - Löst Textaufgaben bitte mit Markdown+LaTeX in **code** expert
  - Schlimmstenfalls ladet ein lesbares PDF direkt auf **code** expert hoch
- Feedback zu den Aufgaben könnt ihr innerhalb 10 Tagen erwarten (falls dringend, einfach eine Mail an mich)

Fragen/Unklarheiten?

3. Zusammenfassung

Zusammenfassung

Jede Woche erscheint auf der Kurswebseite[1] eine Zusammenfassung (“Summary”) des Stoffs der vorherige Woche. Diese könnt ihr beim Lösen der Aufgaben benutzen.

Frage: Wollen wir diese jede Woche gemeinsam anschauen?

[1] Kurswebseite

4. Integer Division & Modulo

Der Unterschied zwischen = und ==

Assignment Operator (=)

gebraucht, um Variablen Werte zuzuweisen

```
int a = 42; // assignes the value 42 to the variable a
int b = 18; // assignes the value 18 to the variable b
```

Equality Operator (==)

gebraucht, um Gleichheit zwischen Variablen zu überprüfen

```
(a == b) // this "expression" will equal 1 (true)
         // or 0 (false) ("boolean")
```

Integer Division & Modulo

Integer Division (`a/b`)

Der Compiler "ignoriert" Dezimalstellen, wenn er (**`unsigned`**) **`int`** durch (**`unsigned`**) **`int`** teilt.

```
7/3 == 2
15/4 == 3
16/4 == 4
```

Modulo (`a%b`)

Division mit Rest, aber *nur* den Rest.

```
7%3 == 1
15%4 == 3
16%4 == 0
```

Wichtige Identität

```
(a / b) * b + a % b == a
```

Fragen/Unklarheiten?

Code Snippet Quiz

Frage: Welche Frage beantwortet dieses Code Snippet?

```
int a;
std::cin >> a;
if (a % 2 == 0) {
    std::cout << "Yes" << std::endl;
} else {
    std::cout << "No" << std::endl;
}
```

Antwort: Die Ausgabe beantwortet, ob die eingegebene Zahl (die in `a` gespeichert wird) eine gerade Zahl ist.

Mal schauen, was ihr gelernt habt

- Geht auf `expert.ethz.ch`
- Logt euch ein
- Geht zu “Code Examples”
- Unter “Lecture 2: Exercise Session”, öffnet “Last Three Digits”
- Versucht die Aufgabe zu lösen (10 Minuten)
- Wir schauen uns eure Ansätze später an

Aufgabe

Task “Last Three Digits”

Write a program which reads in an integer `a` larger than 1000 and outputs its last three digits with a space between them.

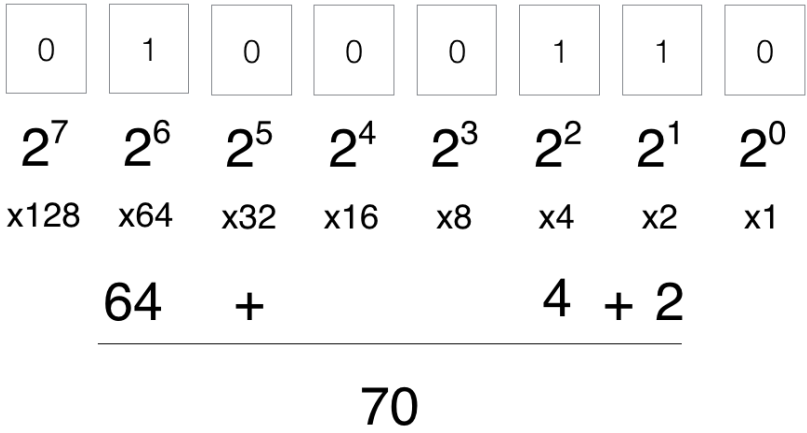
For example, if `a = 14325`, the output should be `3 2 5`.

Lösung

```cpp
#include <iostream>
int main() {
    int a;
    // input
    std::cin >> a;
    // computation
    int digit0 = a % 10;
    int remainder0 = a / 10;
    int digit1 = remainder0 % 10;
    int remainder1 = remainder0 / 10;
    int digit2 = remainder1 % 10;
    // output
    std::cout << digit2 << " " << digit1 << " " << digit0 << std::endl;
    return 0;
}
```

5. Binärrepräsentation

Binärrepräsentation



Bahnhofsuhr

Wie spät ist es?

Source: `bahnhofsuhrsg.ch`

07 : 20 : 40

Und jetzt andersrum!

Frage

Nun wollen wir andersrum rechnen, also von Dezimalrepräsentation zur Binärrepräsentation. Wie könnten wir den Code aus der vorherigen Aufgabe abändern um die letzten drei bits der Binärrepräsentation zu erhalten?

Lösung

```cpp
#include <iostream>
int main() {
    int a;
    // input
    std::cin >> a;
    // computation
    int digit0 = a % 10;
    int remainder0 = a / 10;
    int digit1 = remainder0 % 10;
    int remainder1 = remainder0 / 10;
    int digit2 = remainder1 % 10;
    // output
    std::cout << digit2 << " " << digit1 << " " << digit0 << std::endl;
    return 0;
}
```

Bedeutung?

Frage

Welche Bedeutung haben 10 oder 2 in diesem Programm?

Antwort

Sie sind die Basis in die das Programm umrechnet!

Und jetzt andersrum!

Frage

Nun wollen wir andersrum rechnen, also von Dezimalrepräsentation zur Binärrepräsentation. Wie könnten wir den Code aus der vorherigen Aufgabe abändern um die letzten drei bits der Binärrepräsentation zu erhalten?

Antwort

Einfach alle `10` durch `2` ersetzen!

Lösung

```cpp
#include <iostream>
int main() {
    int a;
    // input
    std::cin >> a;
    // computation
    int digit0 = a % 2;
    int remainder0 = a / 2;
    int digit1 = remainder0 % 2;
    int remainder1 = remainder0 / 2;
    int digit2 = remainder1 % 2;
    // output
    std::cout << digit2 << " " << digit1 << " " << digit0 << std::endl;
    return 0;
}
```

Binärrepräsentation

Frage

Wie sieht ein Algorithmus aus, der die Binärrepräsentation einer Dezimalzahl berechnet?

Wie würde man beispielsweise bei der Dezimalzahl 61_{10} vorgehen, um sie in Binärrepräsentation zu bringen?

Antwort

Teile die Dezimaldarstellung durch 2 und behalte den Rest (wie eine Modulodivision). Teile dann die übrige Nummer nochmal und so weiter, bis man 0 erreicht.

Binärrepräsentation

$$
\begin{aligned}
61 &= 2 * 30 + 1 \\
30 &= 2 * 15 + 0 \\
15 &= 2 * 7 + 1 \\
7 &= 2 * 3 + 1 \\
3 &= 2 * 1 + 1 \\
1 &= 2 * 0 + 1
\end{aligned}
$$

Dann die letzte Spalte von unten nach oben ablesen und fertig!

$$61_{10} = 111101_2$$

Fragen/Unklarheiten?

6. Expressions und Evaluationen

Was sind Expressions?

Expressions

…sind Ausdrücke die evaluiert werden können. Sie kommen oft in Form von mathematischen Ausdrücken vor, die man dann Stück für Stück evaluiert.

Beispiel “Expression”

Evaluiere die Expression[2] `5u + 5 * 3u`

`5u + 5 * 3u` Punkt vor Strich

`5u + (5 * 3u)` das Resultat wird zu **`unsigned int`**

`5u + 15u` simple Addition

`20u`

[2] Hier steht `u` für **`unsigned int`**. Der Wert muss dementsprechen gerechnet werden und es muss auf die Präzedenz der Operatoren (“Punkt vor Strich”) und die Datentypen (später mehr) geachtet werden.

Valide Expression erkennen

Welche sind eine valide C++-Expression und welche nicht?

1. `1*(2*3)`
2. `(a=1)`
3. `(1`
4. `(a*3) = (b*5)`

Lösungen

- 3. ist nicht valide, da die Klammer (`(`) nicht geschlossen wird
- 4. ist nicht valide, da `(a*3)` zu einem R-value wird, der Assignment-Operator (`=`) aber ein L-value zu seiner Linken erwartet
- 1. und 2. sind valide C++-Expressions

Valide Expression erkennen

Welche sind L-Values und welche sind R-Values?

1. `1*(2*3)`
2. `(a=1)`
3. `(1`
4. `(a*3) = (b*5)`

Lösungen

- 3. und 4. sind weder noch, da sie keine validen Expressions sind
- 1. ist ein R-Value, da der Multiplikation-Operator (`*`) ein R-Value zurückgibt
- 2. ist ein L-Value, da der Assignment-Operator (`=`) ein L-Value zurückgibt

Valide Expression erkennen

Zu was werden die Expressions evaluiert?

1. `1*(2*3)`
2. `(a=1)`
3. `(1`
4. `(a*3) = (b*5)`

Lösungen

- 3. und 4. können nicht evaluiert werden, da sie keine validen Expressions sind
- 1. evaluiert zu 6, also das Ergebnis der simplen Multiplikationen
- 2. evaluiert zu 1, da `a` zurückgegeben wird, dem gerade davor der Wert 1 zugewiesen wurde

Fragen/Unklarheiten?

7. Binärrepräsentation von neg. Integern

Binärrepräsentation von negativen Integern

Aufgabe

Finde einen Weg, um negative Integer abzuspeichern.

Tipp:

$$n + (-n) = 0$$

Lösung

Behandle die vorderste Ziffer als das negative ihres “eigentlichen” Werts

Sehr gutes Video dazu

Binärrepräsentation von negativen Integern

Aufgabe

Wie erhält man die (*signed*) `int`-Repräsentation einer beliebigen, negativen Ganzzahl $n < 0$?

Lösung

1. Absolutbetrag von n bestimmen
2. Absolutbetrag von n in Binärrepräsentation aufschreiben
3. Bits flippen
4. 1 addieren

Fragen/Unklarheiten?

8. Tipps zu **code** expert

Tipps für **code** expert

- Früh genug anfangen
- Zusammen daran arbeiten (aber nicht abschreiben!)

9. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche!

Übungsstunde — Informatik — 02

Adel Gavranović

Boolean Expressions, `for`-Schleifen, Debugging, Selection Statements

Übersicht

Heutige Themen

Boolean Expressions
`for`-Schleifen
Debugging
Debugging in **code** expert
Selection Statements

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material
Webpage
E-Mail

1. Lernziele

Ziele für Heute

Lernziele

- ☐ Verstehen, was ein *Short Circuit* ist
- ☐ Verstehen, was Precedence und Assoziativität im Kontext von Bool'schen Operatoren sind
- ☐ (Bool'sche) Expressions von Hand Evaluieren können
- ☐ Expressions vereinfachen können
- ☐ *Program Tracing* verstehen und anwenden können
- ☐ `for`-Schleifen verstehen und anwenden können
- ☐ Simple, "manuelle" Debugging-Strategien anwenden können

2. Zusammenfassung

Fragen/Unklarheiten?

3. Boolean Expressions

Booleans

`bool` ist ein Datentyp der nur zwei Werte annehmen kann: {`true`, `false`}

Konvertierung

- Bool zu Zahl
  - wenn `true` in eine Zahl umgewandelt wird,
    wird es die Zahl 1 sein
  - wenn `false` in eine Zahl umgewandelt wird,
    wird es die Zahl 0 sein
- Zahl zu Bool
  - wenn 0 in einen `bool` umgewandelt wird,
    wird es der Wert `false` sein
  - wenn eine Zahl $\neq 0$ in einen `bool` umgewandelt wird,
    wird es der Wert `true` sein

Precedence Ranking

Precedence Ranking[1]

1. `a++`, `a--`
2. `++a`, `--a`, `-a`, `!a`, `*a`, `&a`
3. `*`, `/`, `%`
4. `+`, `-`
5. `<`, `<=`, `>`, `>=`
6. `==`, `!=`
7. `&&`
8. `||`
9. `=`, `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=`

[1] Gezeigt sind hier nur die z. Z. wichtigsten. Für den Rest, siehe cppreference

(Nutzt) (Klammern)

- Klammern funktionieren wie in der Mathematik
- sie werden oft gebraucht, um die korrekte Evaluation offensichtlich zu machen
- …oder eben um die Evaluationsreihenfolge abzuändern

Aufgabe

Mache die Evaluation mittels Klammern offensichtlich:

```
3 < 4 + 1 && 2 < 3
```

Tipp: nutze die vorherige Folie

Lösung

```
(3 < (4 + 1)) && (2 < 3)
```

Mehrere Operatoren mit gleicher Präzedenz

Assoziativität

- Sagt aus, in welcher Reihenfolge Operationen evaluiert werden
- Entweder Right-to-left ($\leftarrow$) oder Left-to-right ($\rightarrow$)
- 💡 Am besten eine Tabelle auf die Zusammenfassung mit Präzedenzen und Assoziativitäten schreiben

Mehrere Operatoren mit gleicher Präzedenz

Kurzaufgabe
Wie würdest du klammern, damit die Evaluation der unteren Expression offensichtlich wird?
Tipp: Die Assoziativität von `&&` *ist Left-to-right*

```
a && b && c
```

Lösung

```
(a && b) && c
```

Short Circuits (deutsch: Kurzschluss)

Die bool'schen Operatoren `&&` und `||` evaluieren zuerst die linke Expression und dann *nur falls nötig* die rechte Expression.

Insbesondere heisst das, dass die rechte Expression *nicht* evaluiert wird, wenn man das Ergebnis der gesamten Evaluation bereits herleiten kann.

Short Circuits in Code

```
if(3 > 2 && 10 > 11){
    std::cout << "Of course not!\n";
}    // not a short circuit evaluation
```

Short Circuits in Code

```
int a = 3;

if(false && ++a < 2){
    std::cout << "Of course not!\n";
} // a short circuit evaluation

std::cout << a << "\n"; // what will be the output?

if(++a < 2 && false){
    std::cout << "Of course not!\n";
} // another short circuit evaluation

std::cout << a << "\n"; // what will be the output?
```

Verständniskontrolle I

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1, int y = 1`:

```
2>3 && 17 u - 55 <= ++x + y
```

Lösung

```
(2>3) && 17 u - 55 <= ++x + y    beginne links
false && 17 u - 55 <= ++x + y    short circuit!
false
```

Merke: (`true || ...`) evaluiert immer zu (`true`

Verständniskontrolle II

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
(!((true) && (true))) + 1
(!(true)) + 1
false + 1
0 + 1
1
```

Verständniskontrolle III

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
x == 1 || 1 / (x - 1) < 1
```

Lösung

Zuerst: Klammern!

```
(x == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)    beginne links
(1 == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)
true || ((1 / (x - 1)) < 1)    short circuit!
true
```

Fragen/Unklarheiten?

Minimale Expression

Oft kann man Ausdrücke vereinfachen, um sie leichter zu verstehen oder um sie eleganter zu gestalten und weniger Aufmerksamkeit zu erregen. Beispielsweise:

```
(x > 3) == true || z - 3 >= 0
```

kann vereinfacht werden zu

```
x > 3 || z >= 3
```

Verständniskontrolle I

Aufgabe

Minimiere die die folgenden booleschen Expressions. Nehme an `bool a,b; int n;`:

```
b == true && !(n < 0) && (n != 0) && (n != 6) && (n < 6)
```

Lösung

```
b && n > 0 && n < 6
```

oder um es noch deutlicher zu machen:

```
b && (n > 0) && (n < 6)
```

Das ist sehr falsch:

```
b && (0 < n < 6)
```

Aber wieso?

Verständniskontrolle II

Aufgabe

Minimiere die die folgenden booleschen Expressions. Nehme an `bool a,b; int n;`:

```
a && !(a == true) || (b == false)
```

Lösung

```
!b
```

Verständniskontrolle III

Aufgabe

Minimiere die die folgenden booleschen Expressions. Nehme an `bool a,b; int n;`:

```
!(a != false && !(b == false) == false)
```

Lösung

```
!a || b
```

Fragen/Unklarheiten?

4. `for`-Schleifen

Kurzeinführung zu Scopes

- Praktisch immer, wenn Ihr {diese geschweiften Klammern} verwendet, erstellt ihr einen {Scope}
- Stellt euch einen Scope als eine "Welt in einer Welt" vor
- Informationen/Variablen können nicht aus einem Scope rausfliessen, aber Informationen/Variablen von aussen sind im inneren Scope verfügbar
- Wenn das Programm bei der rechten geschweiften Klammer des Scopes ankommt, stirbt jegliche Information/Variable innerhalb dieses Scopes

Allgemeine Struktur einer `for`-Schleife

```
for(init; condition; expression){
    statement 1;
    statement 2;
    // ....
}
```

Wichtige Bemerkung

Der `expression`-Teil wird *nach* den `statements` ausgeführt.

Program Tracing

"*Program Tracing* ist der
Prozess des Ausführens eines Programms von Hand mit konkreten Eingaben."

Ziemlich wichtiger Skill, insbesondere am Anfang. Irgendwann werdet ihr das quasi im Kopf können. Einen ausführlichen Guide dazu findet ihr hier:

Program Tracing

`for`-Schleifen-Beispiel

`for` Loop

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

sum: 0

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

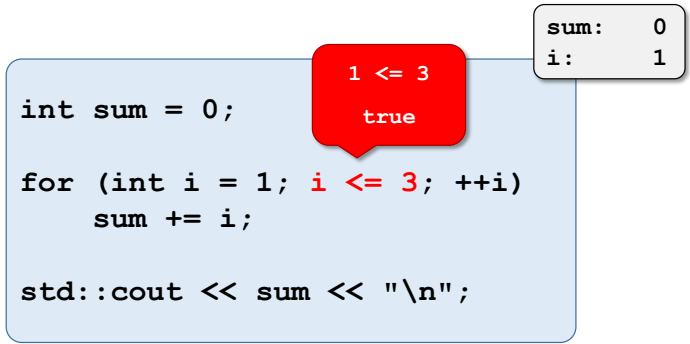
```
sum:    0
i:      1
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    0
i:      1
```

Example – `for` Loop



Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    1
i:      1
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

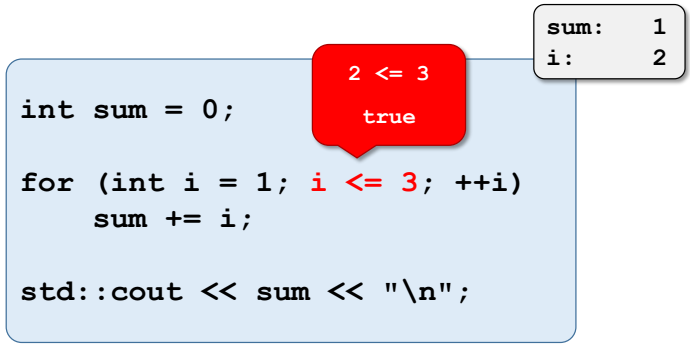
```
sum:    1
i:      2
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    1
i:      2
```

Example – `for` Loop



Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    3
i:      2
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

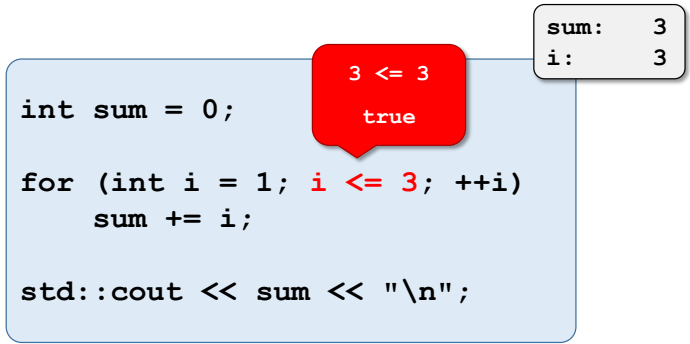
```
sum:    3
i:      3
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    3
i:      3
```

Example – `for` Loop



Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    6
i:      3
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

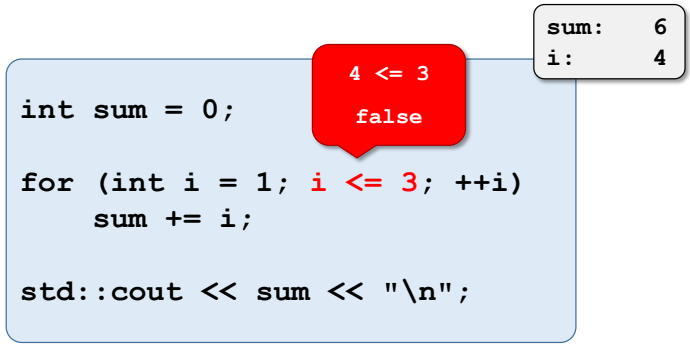
```
sum:    6
i:      4
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    6
i:      4
```

Example – `for` Loop



Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    6
```

Fragen/Unklarheiten?

Aufgabe *Strange Sum*

Aufgabe
Öffnet *Strange Sum* auf **code** expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen.

Description
Write a program that reads a number $n > 0$ from standard input and outputs the sum of all positive numbers up to n that are odd but not divisible by 5.

Aufgabe Und jetzt schreibt das dazugehörige Programm.

Fragen/Unklarheiten?

Mögliche Lösung zu *Strange Sum*

```
// input
int strangesum = 0;
int n;
std::cin >> n;

// computation
for(int i = 1; i <= n; i++){
    if((i % 2) == 1){
        if(i % 5){
            strangesum += i;
        }
    }
}

// output
std::cout << strangesum << "\n";
```

Kompaktere Lösung zu *Strange Sum*

```
// input
int strangesum = 0;
int n;
std::cin >> n;

// computation
for(int i = 1; i <= n; i++){
    if( ((i % 2) == 1) && (i % 5) ){
        strangesum += i;
    }
}

// output
std::cout << strangesum << "\n";
```

Noch kompaktere Lösung zu *Strange Sum*

```
// input
int strangesum = 0;
int n;
std::cin >> n;

// computation
for(int i = 1; i <= n; i+=2){
    if(i % 5){
        strangesum += i;
    }
}

// output
std::cout << strangesum << "\n";
```

Aufgabe *Largest Power*

Aufgabe
Öffnet *Largest Power* auf **code** expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen.

Description
Write a program that inputs a positive natural number n and outputs the largest number p that is a power of 2 and smaller or equal to n.

Aufgabe
Und jetzt schreibt das dazugehörige Programm.

Aufgabe
Besprecht eure Ansätze mit den Personen neben euch. Hattet ihr den gleichen Ansatz? Was könnt ihr voneinander lernen?

Mögliche Lösung zu *Largest Power*

```cpp
#include <iostream>

int main () {
  int n;
  std::cin >> n;

  int power = 1;
  for (; power <= n / 2; power *= 2);

  std::cout << power << std::endl;

  return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

5. Debugging

Debugging

Debugging
…ist der Prozess des Auffindens und der Behebung von Fehlern (Defekte oder Probleme, die den korrekten Betrieb verhindern) in Programmen, Software oder Systemen.

Debugging

```
int main () {
    const int n = 6;

    // Compute n^12
    int prod = 1;
    for (int i = 1; 1 <= i < 13; ++i) {
        prod *= n;
    }

    // Output stars
    for (int i = 1; i < prod; ++i) {
        std::cout << "*";
    }
    std::cout << "\n";
    return 0;
}
```

Debugging - Live Demo

Frage
Wie könnten wir herausfinden, bei welcher Zeile das Programm feststeckt?

Antwort
Sachen ausgeben lassen an interessanten Stellen im Code

Frage
Wieso steckt das Programm in der ersten for-Schleife fest?

Antwort
Die condition ist falsch geschrieben!
Sollte sein: `1 <= i && i < 13`.

Debugging - Live Demo

Frage
Wie können wir ermitteln, wieso trotzdem nichts ausgegeben wird?

Antwort
Einfach den Wert von `prod` nach der ersten Schleife ausgeben lassen

Frage
Wie finden wir raus, wieso `prod` negativ wurde?

Antwort
Einfach den Wert von `prod` in *jeder* Iteration in der Schleife ausgeben lassen

Fragen/Unklarheiten?

Debugging in **code** expert

```
int main() {

    long start = 2;
    // Finding the largest power of 2 representable by long
    while (true) {
      if (start * 2 > LONG_MAX)
        std::cout << "Stopping..." << std::endl;
        break;

      start *= 2;
    }

    std::cout << "Largest power of two representable by long: "
              << start << std::endl;
    // ...
```

Debugging in **code** expert

```
    // ...
    // Finding the smallest negative power of 2 representable by long
    start = -2;
    while (true) {
      if (start * 2 < LONG_MIN)
        std::cout << "Stopping..." << std::endl;
        break;

      start *= 2;
    }

    std::cout << "Smallest negative power of two representable by long: "
              << start << std::endl;

    return 0;
}
```

Debugging in **code** expert

Aufgabe
Öffnet das Beispiel "Debugging in CodeExpert" auf **code** expert

Description
Find the largest (N) and smallest negative (n) power of two that is representable by `long`. Formally that is:

$$\begin{aligned} N &= \max(\{2^i : i \in N \text{ and } 2^i \text{ is representable by } \texttt{long}\}) \\ n &= \min(\{-2^i : i \in N \text{ and } -2^i \text{ is representable by } \texttt{long}\}) \end{aligned}$$

Debugging in **code** expert

Frage
Wie soll das Programm funktionieren?

Antwort
2er-Potenzen berechnen, bis man den maximalen Wert von `long` erreicht

Frage
Es gibt einen Syntaxfehler im Code. Kann jemand erkennen, was falsch ist?

Antwort
die `{}` fehlen nach dem `if`-Zweig.

Debugging in **code** expert

Frage
Was ist an diesem Programm noch falsch?

Antwort
Der Ausdruck `*2` führt zu einem **overflow**, was ein undefiniertes Verhalten für `signed int` ist. Hier führt es zu einer Endlosschleife!

Frage
Wie können wir also den Code korrigieren?

Debugging in **code** expert - Lösung

```cpp
int main() {
    long start = 2;
    // Finding the largest power of 2 representable by long
    while (true) {
      if (start > LONG_MAX / 2) {
        std::cout << "Stopping..." << std::endl;
        break;
      }
      start *= 2;
    }

    std::cout << "Largest power of two representable by long: "
              << start << std::endl;
    // ...
```

Debugging in **code** expert - Lösung

```
    // ...
    // Finding the smallest negative power of 2 representable by long
    start = -2;
    while (true) {
      if (start < LONG_MIN / 2) {
        std::cout << "Stopping..." << std::endl;
        break;
      }
      start *= 2;
    }

    std::cout << "Smallest negative power of two representable by long: "
              << start << std::endl;

    return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

7. Selection Statements

Even Numbers

Aufgabe
Öffnet das Beispiel "Even Numbers" auf **code** expert und versucht es zu lösen

Description
Write a program that accepts an input value n (as an `int`). If the input value is non-negative, it outputs the biggest even number m that does not exceed the input value. If the input value is negative, then the program should output 0.

Input A whole number n

Output

- If $n \geq 0$, output the biggest even number $m \leq n$
- If $n < 0$, output 0

Examples $2 \to 2, \qquad 13 \to 12, \qquad 43 \to 42$

Even Numbers - Lösung

```cpp
#include <iostream>
int main () {

    int n;
    std::cin >> n;
    if ( n < 0) {
        n = 0;
    }
    if (n % 2 == 1) {
        n = n - 1;
    }

    std::cout << n << std::endl;

    return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

Alternative Basen

Zahlen in anderen Basen funktionieren konzeptionell genau gleich

binär	hexadezimal	dezimal
1111	F	15
1’1111	1F	31
11’0111’1100’0101	37C5	14’277
1010’1100’1101’1100	ACDC	44’252
1’0000’0000’0000’0000	1’0000	65’536
1010’1111’1111’1110’0000’1000’0001’0101	AFFE’0815	2’952’661’013

Fragen/Unklarheiten?

Two’s complement

Konversion von Dezimahl zu Binär:

1. Nehme den Betrag der Zahl und schreibe die Binärrepräsentation davon
2. Bits flippen: 1 wird zu 0 und 0 wird zu 1
3. 1 addieren und den Overflow ignorieren

Beispiel: -6

1. $+6$ lässt sich als 0110 schreiben
2. Nach Bit Flipping erhalten wir 1001
3. $1001 + 1 = 1010$

Two's complement

Tipps zu Two's Complement:

- Das erste Bit einer Zahl n heisst **most significant bit** und gibt das Vorzeichen an

$$\text{msb} \begin{cases} = 1 \rightarrow n < 0 \\ = 0 \rightarrow n >= 0 \end{cases}$$

- Die Grösse (= Anzahl Bits) einer Zahl bestimmt, welche Zahlen dargestellt werden können
  - Mit n Bits können Zahlen von $-(2^{n-1})$ bis $2^{n-1} - 1$ dargestellt werden

Fragen/Unklarheiten?

9. Alte Prüfungsaufgabe

Prüfung 2018 "Typen und Werte"

1 Typen und Werte / Types and values *(9 Punkte)*

Geben Sie für jeden der sechs Ausdrücke unten jeweils C++-Typ (0.5 P) und Wert (1 P) an! Nehmen Sie für Fliesskommazahlen den Standard IEEE 754 an! *For each of the six expressions below, provide the C++ type (0.5 P) and value (1 P)! For floating point numbers, assume the IEEE 754 standard!*

Prüfung 2018 "Typen und Werte"

(a) `8 + 5 / 3` — 1.5 P

Typ/ *Type* | Wert/ *Value*

(b) `1.0 * 0.1 == 0.1 * 1.0` — 1.5 P

Typ/ *Type* | Wert/ *Value*

(c) `1e1 * 2e2` — 1.5 P

Typ/ *Type* | Wert/ *Value*

Prüfung 2018 "Typen und Werte" – Lösung

(a) `8 + 5 / 3` — 1.5 P

Typ/ *Type*	Wert/ *Value*
`int`	`9`

(b) `1.0 * 0.1 == 0.1 * 1.0` — 1.5 P

Typ/ *Type*	Wert/ *Value*
`bool`	`true`

(c) `1e1 * 2e2` — 1.5 P

Typ/ *Type*	Wert/ *Value*
`double`	`2000`

Prüfung 2018 "Typen und Werte"

(d) `5 / 2.0f + 5 / 2.0` 1.5 P

Typ/ *Type* | Wert/ *Value*

(e) `!false || true && false` 1.5 P

Typ/ *Type* | Wert/ *Value*

(f) `17 % 5u` 1.5 P

Typ/ *Type* | Wert/ *Value*

Prüfung 2018 "Typen und Werte" – Lösung

(d) `5 / 2.0f + 5 / 2.0`

1.5 P

Typ/ *Type*	Wert/ *Value*
`double`	`5`

(e) `!false || true && false`

1.5 P

Typ/ *Type*	Wert/ *Value*
`bool`	`true`

(f) `17 % 5u`

1.5 P

Typ/ *Type*	Wert/ *Value*
`unsigned int`	`2`

10. Tipps zu **code** expert

Tipps für **code** expert

Task "two-complement integer representation (Optional)"

- nichts $\rightarrow$ Basis 10
- `0b` $\rightarrow$ Basis 2
- `0` $\rightarrow$ Basis 8 (also `10` $\neq$ `010`)
- `0x` $\rightarrow$ Basis 16

Task "From decimal to binary representation"

- Denkt an letzte Übungsstunde…

Task "Fibonacci overflow check"

- ***Most importantly***: *exit the print loop as soon as you detect that an overflow would occur.*, also darf die Addition *nicht* passieren!

11. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 03

Adel Gavranović

Expressions, Loops, Reihen Berechnen, Scopes

Übersicht

Expressions
Loops
Reihen Berechnen
Scopes
Alte Prüfungsaufgabe

n.ethz.ch/~agavranovic

Material

Webpage

Mail

Bevor es richtig losgeht…

- Wieso kommt ihr in *diese* Übungsstunde?
- What about the english sessions?

2. Follow-up

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Habe ich etwas versäumt?

3. Feedback zu **code** expert

Allgemeines bezüglich **code** expert

- Ich war *sehr* streng was die Korrekturen angeht. Das wird nicht immer so sein :)
- Nehmt euch (ein wenig) Zeit euren Code schön zu formatieren
- Falls beim Lösen Fragen aufkommen
  - schreibt sie bitte ganz oben im Code hin, damit ich sie direkt sehen kann (falls Sie nicht dringend sind)
  - oder schreibt mir eine E-Mail (falls Sie dingend sind) nachdem ihr bereits eine Abgabe gemacht habt und stellt sicher, dass ich die relevante Abgabe erkenne (mit einem Kommentar markieren oder so)
- Woher haben so viele von euch eigentlich das "`/n`"?
- Was bedeutet `const`?

Allgemeines bezüglich **code** expert

- Meine Kommentare werden einheitlich auf Englisch geschrieben sein
- 3/3 TA-points werden nicht häufig vergeben werden
- "Excellent" ist so ziemlich die höchste Auszeichnung
- Im Editor auf **code** expert gibt es eine feine, graue Linie ganz rechts
  - Schaut, dass ihr die nie mit Code überschreitet
  - Auch nicht mit Kommentaren: spaltet sie lieber auf

```
// Das hier ist ein mehrzeiliger
// Kommentar in C++, den man
// noch immer gut lesen kann!
```

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

4. Lernziele

Ziele

Ziele für heute

- ☐ Komplexe Expressions, die arithmetische und Bool'sche Operatoren beinhalten, von Hand evaluieren können
- ☐ Mathematische Serien (Summen und Produkte) in C++ kodieren/implementieren können
- ☐ `for`-, `while` und `do-while`-Schleifen tracen können
- ☐ Jede Art von Schleife in jede andere Art von Schleife umformen können

5. Zusammenfassung

6. Expressions

Types

Bisher behandelte Types

- logic variables: `bool` {`false`, `true`}
- integers: `unsigned int`, `int` {`-7, 2, 0`}
- floating point numbers: `float`, `double` {`1.4, -4.3, 7.0`}

Manchmal sind mehrere Types in einer Expression.
Wie interagieren verschiedene Typen miteinander?

Generalitätsreihenfolge der Typen

```
bool < int < unsigned int < float < double
```

Types konvertieren immer zum generellsten Type der Expression

Wie man sich Types vorstellen kann

Type (literal)	**Approximiert**
`bool`	$\{$`false`, `true`$\}$
`unsigned int` (`u`)	$\mathbb{N}$
`int`	$\mathbb{Z}$
`float` (`f`)	$\mathbb{R}$
`double`	$\mathbb{R}$, aber *double* Präzision

Types evaluieren I

```
std::cout << 5.0/2 << std::endl;
// what type and value will this return and why?
```

Lösung

`double`, `2.5`, weil die `int` `2` zuerst in eine `double` `2.0` konvertiert wird, um diese Expression zu berechnen.

Types evaluieren II

```
std::cout << (1/2)*5.0/2 << std::endl;
// what type and value will this return and why?
```

Lösung

`double`, `0`, weil zuerst die linke Expression `1/2` evaluiert wird, welche zu `0` evaluiert (Integer-Division). Der Rest ist trivial, weil `0*anything` evaluiert zu `0`. Aber diese `0` wird vom Type `double` sein.

Literale

Es gibt bestimmte Buchstaben, die der Compiler mit bestimmten Types verbindet. Wenn ihr dem Compiler sagen möchtest *"Hey, don't treat this `2.0` as a `double`, but instead as a `float`"* müsst ihr ein `f` am Ende des Werts hinzufügen. Etwa so:

```
std::cout << (5/2)*5.0f/2 << std::endl;
```

Types evaluieren III

```
std::cout << (5/2)*5.0f/2 << std::endl;
// what type and value will this return and why?
```

Lösung
`float`, `5.0`, (kann als `5.0f` geschrieben werden).

Zuerst, wird `5/2` evaluiert, was zu `2` wird (integer division). Dann wird `2.0f*5.0f` berechnet: Die `int 2` wurde zu einer `float 2`, weil `float` der generellere Type (in dieser Expression) ist. Dito für `/2` später.

Exercise I

1. Welche der folgenden Zeichenfolgen sind keine C++ Expression, und warum nicht? Hierbei seien `x` und `y` Variablen vom Typ `int`.
   a) `(y++ < 0 && y < 0) + 2.0`
   b) `y = (x++ = 3)`
   c) `3.0 + 3 - 4 + 5`
   d) `5 % 4 * 3.0 + true * x++`
2. Für alle gültigen Expression, die oben identifiziert wurden, entscheide, ob es sich um l-Werte oder r-Werte handelt und begründe deine Entscheidung.
3. Determine the values of the expressions and explain how these values are obtained. Assume that initially `x == 1` and `y == -1`.

Expression Evaluation - Lösungen a)

```
(y++ < 0 && y < 0) + 2.0

(-1 < 0 && y < 0) + 2.0  // after this step: y==0
(true && y < 0) + 2.0
(true && false) + 2.0
(false) + 2.0
0.0 + 2.0
2.0
```

r-Wert

Expression Evaluation - Lösungen b)

```
y = (x++ = 3)
```

Invalid

Expression Evaluation - Lösungen c)

```
3.0 + 3 - 4 + 5

((3.0 + 3) - 4) + 5
((3.0 + 3.0) - 4) + 5
(6.0 - 4) + 5
(6.0 - 4.0) + 5
2.0 + 5
2.0 + 5.0
7.0
```

r-Wert

Expression Evaluation - Lösungen d)

```
5 % 4 * 3.0 + true * x++

((5 % 4) * 3.0) + (true * (x++))
(1 * 3.0) + (true * (x++))
(1.0 * 3.0) + (true * (x++))
3.0 + (true * (x++))
3.0 + (true * 1)
3.0 + (1 * 1)
3.0 + 1
3.0 + 1.0
4.0
```

r-Wert

Loop Correctness

Kann man beim Laufen dieses Programms den Unterschied zwischen den Ausgaben dieser drei Schleifen feststellen? Wenn ja, wie? Nehmen wir an, dass `n` eine Variable vom Typ **`unsigned int`** ist, deren Wert eingegeben wird.

```
//////////////////////////
unsigned int n;
std::cin >> n;
unsigned int i;

// loop 1 /////////////////
for (i = 1; i <= n; ++i) {
  std::cout << i << "\n";
}
```

```
// loop 2 ////////////////
i = 0;
while (i < n) {
    std::cout << ++i << "\n";
}
// loop 3 /////////////////
i = 1;
do {
  std::cout << i++ << "\n";
} while (i <= n);
```

Schleifenkorrektheit - Lösung

Lösung

Es gibt die folgenden Unterschiede:

- Im Gegensatz zu den Schleifen 1 und 2 wird in Schleife 3 für die Eingabe `n == 0` `1` ausgegeben, da die Anweisung in einer **`do`**-Schleife immer einmal ausgeführt wird, bevor die Bedingung geprüft wird
- Wenn n die grösstmögliche ganze Zahl ist, dann können die Schleifen 1 und 3 unendlich sein, weil die Bedingung `i <= n` für alle möglichen `i` wahr sein wird

Fragen/Unklarheiten?

7. Loops

for → while

```
// TASK: Convert the following
// for-loop into an
// equivalent while-loop:

for (int i = 0; i < n; ++i) {
    // BODY
}
```

```
// SOLUTION

int i = 0;

while(i < n){
    // BODY
    ++i;
}
```

while → for

```
// TASK: Convert the following
// while-loop into an
// equivalent for-loop:

while(condition){
    // BODY
}
```

```
// SOLUTION

for(;condition;){
    // BODY
}
```

do-while → for

```
// TASK: Convert the following
// do-while-loop into an
// equivalent for-loop:

do{
    // BODY
}while(condition)
```

```
// SOLUTION

// BODY
for(;condition;){
    // BODY
}
```

Fragen/Unklarheiten?

8. Reihen Berechnen

Von Summe zur Schleife

Mathematische Summen können zu Loops umgewandelt werden

$$\sum_{i=0}^{n} f(i)$$

Wird zu

```
int n = 0;
int sum = 0;

for(int i = 0; i <= n; i++){
  sum += f(i);
}
```

Aufwärmübungen

Betrachten wir die Formel

$$\frac{1}{n!} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \ldots \cdot \frac{1}{n}$$

Wie könnte man dies als ("multiplikative") Reihe umsetzen?

$$\frac{1}{n!} = \prod_{i=1}^{n} \frac{1}{i}$$

Wie verwandeln wir dieses Stück Mathematik in ein Stück C++-Code?

```
int main(){

    int n;           // user input
    double result;   // main output









    std::cout << result
              << std::endl;

    return 0;
}
```

Aufwärmübungen - Lösungsbeispiel

```
int main(){
    int n;
    double result = 1;
    int i = 1;

    std::cin >> n;

    while(i <= n){
        result = result/i;
        i++;
    }

    std::cout << result << std::endl;

    return 0;
}
```

Von Reihe zur Schleife

Taylor Series auf code expert

Schreibe ein Programm, dass $\sin(x)$ bis auf sechs Stellen berechnet.
Tipp: Welchen Loop sollte man hierfür verwenden?
Tipp: MacLaurin-Reihe verwenden.

$$\sin x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)!} x^{2n+1}$$

Aufgabe

- Mit Stift und Papier versuchen
- Mit Person neben euch versuchen in **code** expert zu implementieren

Von Reihe zur Schleife - Lösung

```
#include <iostream>

int main () {

  double x;
  std::cin >> x;

  double numtor = x;
  double denomtor = 1;

  double sum = x;
  double term;
  double term_abs;
  int n = 1;
```

```
do {
    numtor *= -(x * x);
    denomtor *= (2 * n) * (2 * n + 1);
    term = numtor / denomtor;
    sum += term;
    if (term < 0) {
      term_abs = -term;
    } else {
      term_abs = term;
    }
    ++n;
  } while (term_abs > 0.000001);

  std::cout << sum << std::endl;
  return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

9. Scopes

Scopes

Frage

In der Vorlesung von dieser Woche wurde ein neues Konzept eingeführt: "Variable Scopes". Was sind "Variable Scopes" und warum brauchen wir sie?

Antwort

Scopes definieren die Codesegmente unseres Programms, in denen eine Variable (l-Wert) existiert. Der Scope einer Variablen beginnt an der Stelle, an der sie definiert wurde, und endet am Ende des Blocks, in dem sie definiert wurde. Zum Beispiel:

```
if (x < 7){
    int a = 8;          // <-- a's variable scope BEGINS here!
    std::cout << a;     // Fine, prints 8.
}                       // <-- a's variable scope ENDS here!
std::cout << a;         // Compiler error, a does not exist.
```

Bug?

Ein vermeindlicher Weg, den Fehler zu beheben, wäre:

```
int a = 2;

if (x < 7) {
    int a = 8;
    std::cout << a;
}

std::cout << a;
```

Frage
Was wird dieses Programm wiedergeben wenn `x==2`?

Antwort
Es wird 82 wiedergegeben.
Warum? Siehe Program Tracing Guide

Bug?

Frage

Was ist der Scope von `sum`, `i` und `a` im folgenden Beispiel?

```
int sum = 0;

for (int i = 0; i < 5; ++i) {
    int a;
    std::cin >> a;
    sum += a;
}
```

Antwort

`sum` (Mindestens) das gesamte Snippet

`i` Die gesamte `for`-Schleife

`a` Eine Schleifeniteration. Anders gesagt: Am Anfang des Schleifenkörpers hat `a` *nicht* garantiert den Wert, den es am Ende des Schleifenkörpers in der vorherigen Schleifeniteration hatte.

Fragen/Unklarheiten?

10. Alte Prüfungsaufgabe

By the way…

Falls ihr selbst durch alte Prüfungen gehen wollt, sind sie Hier unter "Informatik I, Computer Science Introduction, C++" auffindbar.

Eure Prüfung wird denen mit "CSE" wahrscheinlich am ähnlichsten sein.

Das Passwort sollte überall `Informatik` sein.

11. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 04

Adel Gavranović

Fliesskommazahlen: Binärrepresentation, Guidelines, Vergleiche; Normalisierte Fliesskommazahlensysteme

Übersicht

Intro
Repetition
Binärdarstellung
Normalisiertes Fliesskommazahlensystem
Floating Point Guidelines
Fliesskommazahlen vergleichen
Alte Prüfungsfrage

n.ethz.ch/~agavranovic

Material

Webpage

Mail

1. Intro

Intro

- Bin seit Sonntag krank und in Isolation
- Hoffe euch hat die Session mit Ioana[1] gefallen! :)

[1] Ioana's Webpage

2. Repetition

Expressions

Aufgabe

Evaluierere die folgenden Expressions:

1. `5 < 4 < 1`
2. `true > false`

Lösung 1

```
5 < 4 < 1
(5 < 4) < 1
false < 1
0 < 1
true
```

Lösung 2

```
true > false
1 > 0
true
```

Binärdarstellung...aber welche?

Math. Dec	Math. Bin	`int`	`unsigned int`
42_{10}	101010_2	0101010	101010
-42_{10}	-101010_2	1010110	-

`int` speichert Zahlen in der *two's complement Representation*, daher die führende 0.

Binäre Arithmetik

Aufgabe

1. Konvertiert die Ganzzahlen $a = 4$ und $b = 7$ in ihre Binärdarstellung (*nicht* Two's Complement)
2. Addiert die zwei in ihren Binärdarstellungen
3. Konvertiert das Resultat zurück in Dezimaldarstellung

Lösung

$a = 4_{10} = 100_2$
$b = 7_{10} = 111_2$
$100_2 + 111_2 = 1011_2$
$1011_2 = 11_{10}$

Fragen/Unklarheiten?

3. Binärdarstellung

Binärdarstellung

binary	1	1	1	1	.	1	1	1
decimal	2^3	2^2	2^1	2^0	.	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
	8	4	2	1	.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$

Beispiel

$$101.011_2 = 2^2 + 2^0 + 2^{-2} + 2^{-3} = 4 + 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = 5.375_{10}$$

Umwandlung in Binärdarstellung

Vorgehen (Aus der Vorlesung)

1. Zahl aufschreiben
2. Erste Ziffer der Zahl aufschreiben
3. Berechne: Zahl − erste Ziffer
4. Mit 2 multiplizieren und in eine neue Zeile schreiben

Beispiel

$x = 1.9$

x	b_i	$x - b_i$	$2 \cdot (x - b_i)$
1.9	1	0.9	1.8
1.8	1	0.8	1.6
$\mathbf{1.6}$	1	0.6	1.2
1.2	1	0.2	0.4
0.4	0	0.4	0.8
0.8	0	0.8	1.6
$\mathbf{1.6}$	1	0.6	1.2

Die $\mathbf{1.6}$ bemerkt?

$1.6_{10} = 1.1\overline{1100}_2 =$
$1.1100110011001100110011001100110011$

Dezimal zu Binär

Aufgabe Berechne die binären Expansionen von 0.25_{10} und 11.1_{10}.
Lösung

x	b_i	$x - b_i$	$2 \cdot (x - b_i)$
0.25	0	0.25	0.5
0.5	0	0.5	1
1	1	0	0

$0.25_{10} = 0.01_2$

x	b_i	$x - b_i$	$2 \cdot (x - b_i)$
0.1	0	0.1	0.2
0.2	0	0.2	0.4
0.4	0	0.4	0.8
0.8	0	0.8	1.6
1.6	1	0.6	1.2
1.2	1	0.2	0.4
0.4	0	0.4	0.8

$11.1_{10} = 1011.0\overline{0011}_2$

Fragen/Unklarheiten?

4. Normalisiertes Fliesskommazahlensystem

Normalisiertes Fliesskommazahlensystem

$F^*(\beta, p, e_{\text{min}}, e_{\text{max}})$

*	Normalisiert ($d_0 \neq 0$)
$\beta \geq 2$	Basis
$p \geq 1$	Präzision (Anzahl Ziffern)
e_{min}	kleinstmöglicher Exponent
e_{max}	grösstmöglicher Exponent

…beschreibt Zahlen der Form:

$$\pm d_0.d_1d_2d_3 \ldots d_{p-1} \cdot \beta^e$$

wobei:
$d_i \in \{0, \ldots, b-1\}$
$d_0 \neq 0$
$e \in [e_{\text{min}}, e_{\text{max}}]$

Übungen

Übungen

Sind die folgenden Zahlen im Set $F^*(2, 4, -2, 2)$?

$$
\begin{aligned}
0.000_2 \cdot 2^1 &= 0_{10} \\
1.000_2 \cdot 2^1 &= 2_{10} \\
1.001_2 \cdot 2^{-1} &= 0.5625_{10} \\
1.0001_2 \cdot 2^{-1} &= 0.53125_{10} \\
1.111_2 \cdot 2^{-2} &= 0.46875_{10} \\
1.111_2 \cdot 2^5 &= 60_{10}
\end{aligned}
$$

Lösungen

in F^*

$$
\begin{aligned}
1.000_2 \cdot 2^1 &= 2_{10} \\
1.001_2 \cdot 2^{-1} &= 0.5625_{10} \\
1.111_2 \cdot 2^{-2} &= 0.46875_{10}
\end{aligned}
$$

nicht in F^*

$0.000_2 \cdot 2^1$ nicht "normalisierbar"

$1.0001_2 \cdot 2^{-1}$ $5 > p = 4$

$1.111_2 \cdot 2^5$ $5 \notin [-2, 2]$

mehr Übungen

Aufgabe

Nenne die folgenden Zahlen in $F^*(2, 4, -2, 2)$ als Dezimalzahlen

1. die grösste Zahl
2. die kleinste Zahl
3. die kleinste nicht-negative Zahl

Lösung

grösste:	$1.111 \cdot 2^2 = 7.5_{10}$
kleinste:	$-1.111 \cdot 2^2 = -7.5_{10}$
kleinste > 0:	$1.000 \cdot 2^{-2} = 0.25_{10}$

Trick

Für gegebenes $F^*(\beta, p, e_{\text{min}}, e_{\text{max}})$:

Grösste:	$1.11\ldots1 \cdot 2^{e_{\text{max}}}$
Kleinste:	$-$Grösste
Kleinste > 0:	$1.00\ldots0 \cdot 2^{e_{\text{min}}}$

Normalisiertes Fliesskommazahlensystem

Frage
Wie viele Zahlen sind in $F^*(2, 4, -2, 2)$?

Antwort
Für einen gefixten Exponenten gibt es immer drei Ziffern, die man frei variieren kann und für alle Zahlen gibt es auch eine jeweils negative in der Menge F^*. Das resultiert in $2 \cdot 2^3 = 16$ Zahlen pro Exponenten. Es gibt 5 mögliche Exponenten, daher also $5 \cdot 16 = 80$ Zahlen. Merke, dass keine Zahl doppelt gezählt wird, da jede NFP eindeutig (*unique*) ist.

Fragen/Unklarheiten?

Arithmetik in F^*

Floats addieren

1. Beide zum gleichen Exponenten umformen
2. In Binärdarstellung addieren
3. Summe renormalisieren
4. Runden, falls nötig

Beispiel

$F^*(2, 6, -2, 3)$	
$1.125_{10} + 9.25_{10}$	
$1.001_2 + 1001.01_2$	(bereits gleicher Exponent ($\cdot 2^0$))
1010.011	Addition
$1.010011 \cdot 2^3$	Renormalisierung, e und p anpassen
$1.01010 \cdot 2^3$	Runden: 1 rauf (und ggf. übertragen), 0 runter
$1.01010_2 \cdot 2_2^3 = 1010.10_2 = 10.5_{10}$	$\neq 10.375_{10}$

Wieso 10.5 und nicht 10.375?

Einfach, weil die exakte Zahl 10.375 nicht im gegebenen F^* dargestellt werden *kann*. Die nächste Zahl, die in F^* ist, ist 10.5. Das ist der Grund, wieso Floats gefährlich sein können. Deshalb müssen wir auch die *Floating Point Guidelines* befolgen.

Es ist nicht 10.25, weil wir in diesem Fall aufrunden, obwohl die Differenz bei beiden 10.25 und 10.5 zu 10.375 bei 0.125 liegt.

Übung

Übung
Addiere

$$1.001 \cdot 2^{-1} = 0.5625_{10}$$

zu

$$1.111 \cdot 2^{-2} = 0.46875_{10}$$

in

$$F^*(2, 4, -2, 2).$$

Lösung

1. Bringe beide auf den gleichen Exponenten, sagen wir -1

$$1.001 \cdot 2^{-1} + 0.1111 \cdot 2^{-1}$$

2. Addiere sie in der Binärdarstellung:

$$10.0001 \cdot 2^{-1}$$

3. Renormalisiere:

$$1.00001 \cdot 2^{0}$$

4. Runde: $1.000 \cdot 2^0 = 1_{10} \neq 1.03125_{10}$

Fragen/Unklarheiten?

5. Floating Point Guidelines

Guidelines

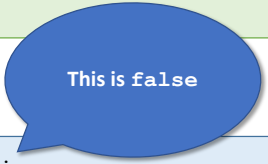
Guideline 1:

> «Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

Guideline 1 – Example

Guideline 1:

«Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»



Example:

```
float a = 1.05f;
if (100*a == 105.0f)
    std::cout << "no output\n";
```

Guideline 1 – Example

Guideline 1:

«Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

Example:

```
float a = 1.05f;
if (100*a == 105.0f)
    std::cout << "no output\n";
```

This is `false`

Problem:

`1.05f` not representable

Guideline 1 – Example

Guideline 1:

«Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

This is `false`

Example:

```
float a = 1.05f;
if (100*a == 105.0f)
    std::cout << "no output\n";
```

Problem:

`1.05f` not representable

$$1.05 = \overbrace{1.00001100110011001100110}^{\text{24bit}}001\ldots \cdot 2^0$$

(rounding) $\rightarrow 1.049999995231\ldots = 1.00001100110011001100110 \cdot 2^0$

Guidelines

Guideline 1:

«Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

Guideline 2:

«**Avoid** the **addition** of numbers of extremely **different sizes**!»

Guideline 2 – Example

Guideline 2:

«**Avoid** the **addition** of numbers of extremely **different sizes**!»

Example:

```
float a = 67108864.0f + 1.0f;

if (a > 67108864.0f)
    std::cout << "This is not output ... \n";
```

Guideline 2 – Example

Guideline 2:

«**Avoid** the **addition** of numbers of extremely **different sizes**!»

Problem:

Significand too short

Example:

```
float a = 67108864.0f + 1.0f;

if (a > 67108864.0f)
    std::cout << "This is not output ... \n";
```

Guideline 2 – Example

Guideline 2:

«**Avoid** the **addition** of numbers of extremely **different sizes**!»

Problem:

Significand too short

Example:

```
float a = 67108864.0f + 1.0f;

if (a > 67108864.0f)
    std::cout << "This is not output ... \n";
```

$$
\begin{aligned}
67108864 &= \overbrace{1.00000000000000000000000}^{\text{24bit}} \cdot 2^{26} \\
+1 &= 0.00000000000000000000000001 \cdot 2^{26} \\
\hline
67108865 &= 1.00000000000000000000000001 \cdot 2^{26}
\end{aligned}
$$

Guideline 2 – Example

Guideline 2:

«**Avoid** the **addition** of numbers of extremely **different sizes**!»

Problem:

Significand too short

Example:

```
float a = 67108864.0f + 1.0f;

if (a > 67108864.0f)
    std::cout << "This is not output ... \n";
```

24bit

$$
\begin{aligned}
67108864 &= \overbrace{1.00000000000000000000000}\cdot 2^{26} \\
+1 &= 0.00000000000000000000000001 \cdot 2^{26} \\
\hline
67108865 &= 1.00000000000000000000000001 \cdot 2^{26} \\
\text{(rounding)} \rightarrow 67108864 &= 1.00000000000000000000000 \cdot 2^{26}
\end{aligned}
$$

Guidelines

Guideline 1:

«Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

Guideline 2:

«**Avoid** the **addition** of numbers of extremely **different sizes**!»

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- Consider sequence $\mathrm{x}_{n+1} = 6x_n - 1$

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- Consider sequence $x_{n+1} = 6x_n - 1$
- Computing some sequences for given x_0:

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- Consider sequence $x_{n+1} = 6x_n - 1$
- Computing some sequences for given x_0:
  - e.g. $x_0 = 1$ → $x_1 = 5, \quad x_2 = 29, \quad x_3 = 173, \quad \ldots$

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- Consider sequence $x_{n+1} = 6x_n - 1$
- Computing some sequences for given x_0:
  - e.g. $x_0 = 1$ → $x_1 = 5, \quad x_2 = 29, \quad x_3 = 173, \quad \ldots$
  - e.g. $x_0 = 0.2$ → $x_1 = 0.2, \quad x_2 = 0.2, \quad x_3 = 0.2, \quad \ldots$

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- Consider sequence $x_{n+1} = 6x_n - 1$
- Computing some sequences for given x_0:
  - e.g. $x_0 = 1$ → $x_1 = 5, \quad x_2 = 29, \quad x_3 = 173, \quad \ldots$
  - e.g. $x_0 = 0.2$ → $x_1 = 0.2, \quad x_2 = 0.2, \quad x_3 = 0.2, \quad \ldots$

C++ claims

$x_{14} \approx 622.982$

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- What went wrong?

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- What went wrong?
  - `float` represents 0.2 as 0.20000000298…
  - Thus: $6 \cdot x_0 - 1 \neq 1.2 - 1$

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- What went wrong?
  - `float` represents 0.2 as 0.20000000298…
  - Thus: $6 \cdot x_0 - 1 \neq 1.2 - 1$ but rather:

$$x_1 = 0.20000004768 \ldots$$
$$x_2 = 0.20000028610 \ldots$$
$$x_3 = 0.20000171661 \ldots$$
$$\vdots$$

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

Example:

- What went wrong?
  - `float` represents 0.2 as 0.20000000298…
  - Thus: $6 \cdot x_0 - 1 \neq 1.2 - 1$ but rather:

$$x_1 = 0.2000000\mathbf{4768} \ldots$$
$$x_2 = 0.2000000\mathbf{28610} \ldots$$
$$x_3 = 0.2000\mathbf{0171661} \ldots$$
$$\vdots$$

Note how error increases!

Guideline 3 – Example

Guideline 3:

«**Avoid** the **subtraction** of numbers of **similar sizes**!»

But why do we subtract two similarly sized floating point numbers when we are comparing them to see if they are (roughly) equal?

In these cases, we do not further use the result from the subtraction in any other calculations. Therefore, the error does not add up over time causing issues as seen in the previous example.

Floating Point Numbers Vergleichen

Kurzgesagt: nicht auf *Gleichheit* prüfen
lieber auf "*innerhalb der Toleranz*" prüfen

```
// Example of "equality" check function for doubles
bool equal(double x, double y, double tol){
    double diff = x - y;
    if(diff < 0){
        diff *= -1;
    }
    return (diff < tol);
}
```

6. Fliesskommazahlen vergleichen

The Comparison Problem

- Given `fp1` and `fp2` of type `float` or `double`.

- Guideline 1:

  «Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

The Comparison Problem

- Given `fp1` and `fp2` of type `float` or `double`.
- Guideline 1:

  «Do **not** test two floating point numbers for **equality**, if at least one of them was rounded before.»

- Thus `fp1 == fp2` should be **avoided**.

The Comparison Problem

- How can we compare instead?

The Comparison Problem

- How can we compare instead?

- First idea:
  Allow for small differences!

> Given: tolerance value `c > 0`.
>
> **`fp1`** **"equals"** **`fp2`** whenever **`|fp1 - fp2| < c`**

(Remark: |…| means absolute value. In C++ it's not available using vertical bars.)

The Comparison Problem

Given: tolerance value `c > 0`.

`fp1` "equals" `fp2` whenever **`|fp1 - fp2| < c`**

- Examples (`c` is `0.001`):
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 12.0`

(Remark: on this slide = is meant in the mathematical sense.)

The Comparison Problem

Given: tolerance value `c > 0`.

`fp1` "equals" `fp2` whenever **`|fp1 - fp2| < c`**

- Examples (`c` is `0.001`):
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 12.0`
    `|10.0 - 12.0| = 2.0`

(Remark: on this slide = is meant in the mathematical sense.)

The Comparison Problem

Given: tolerance value `c > 0`.

`fp1` "equals" `fp2` whenever **`|fp1 – fp2| < c`**

- Examples (`c` is `0.001`):
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 12.0`
    `|10.0 – 12.0| = 2.0 > c`
    Thus: **not "equal"**

(Remark: on this slide = is meant in the mathematical sense.)

The Comparison Problem

Given: tolerance value `c > 0`.

`fp1` "equals" `fp2` whenever **`|fp1 – fp2| < c`**

- Examples (`c` is `0.001`):
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 12.0`
    `|10.0 – 12.0| = 2.0 > c`
    Thus: **not "equal"**
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 10.000013`

(Remark: on this slide = is meant in the mathematical sense.)

The Comparison Problem

Given: tolerance value `c > 0`.

`fp1` "equals" `fp2` whenever **`|fp1 – fp2| < c`**

- Examples (`c` is `0.001`):
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 12.0`
    `|10.0 – 12.0| = 2.0 > c`
    Thus: **not "equal"**
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 10.000013`
    `|10.0 – 10.000013| = 0.000013`

(Remark: on this slide = is meant in the mathematical sense.)

The Comparison Problem

Given: tolerance value `c > 0`.

`fp1` "equals" `fp2` whenever **`|fp1 – fp2| < c`**

- Examples (`c` is `0.001`):
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 12.0`
    `|10.0 – 12.0| = 2.0 > c`
    Thus: **not "equal"**
  - `fp1 = 10.0` and `fp2 = 10.000013`
    `|10.0 – 10.000013| = 0.000013 < c`
    Thus: **"equal"**

(Remark: on this slide = is meant in the mathematical sense.)

Exercise

Write the following function:

```
// POST: returns true if and only if
//       |x - y| < tol
bool equals (double x, double y, double tol) {
  ...
}
```

Exercise

For example:

```
// POST: returns true if and only if
//       |x - y| < tol
bool equals (double x, double y, double tol) {
  double diff = x - y;
  if (diff < 0)
    diff *= -1; // absolute value
  return diff < tol;
}
```

Remark

- Comparing absolute differences with a tolerance value is a great first idea!

- (But: for example problems when the numbers are large.)

7. Alte Prüfungsfrage

Prüfungsfrage

Geben Sie ein möglichst knappes normalisiertes Fliesskommazahlensystem an, mit welchem sich die folgenden dezimalen Werte gerade noch genau darstellen lassen: jede Verkleinerung von p, $e_{\max}$ oder $-e_{\min}$ muss dazu führen, dass mindestens eine Zahl nicht mehr dargestellt werden kann.
Hinweis: p zählt auch die führende Ziffer.
Tipp: Schreiben Sie sich die normalisierte Binärzahldarstellung der Werte auf, wenn sie für Sie nicht offensichtlich ist.

Provide a smallest possible normalized floating point number system that can still represent the following values exactly: any decrease of the numbers p, $e_{\max}$ or $-e_{\min}$ must imply that at least one of the numbers cannot be represented any more.
Hint: p does also count the leading digit.
Tip: Write down the normalized binary representation of the values, if it is not obvious for you.

Werte / *Values*: 2.25, $\frac{1}{8}$, 0.5, 16.5, 2^3

$F^*(\beta, p, e_{\min}, e_{\max})$ mit / *with*

$\beta = 2$, $p =$, $e_{\min} =$, $e_{\max} =$.

Prüfungsfrage

Geben Sie ein möglichst knappes normalisiertes Fliesskommazahlensystem an, mit welchem sich die folgenden dezimalen Werte gerade noch genau darstellen lassen: jede Verkleinerung von p, $e_{\max}$ oder $-e_{\min}$ muss dazu führen, dass mindestens eine Zahl nicht mehr dargestellt werden kann.
Hinweis: p zählt auch die führende Ziffer.
Tipp: Schreiben Sie sich die normalisierte Binärzahldarstellung der Werte auf, wenn sie für Sie nicht offensichtlich ist.

Provide a smallest possible normalized floating point number system that can still represent the following values exactly: any decrease of the numbers p, $e_{\max}$ or $-e_{\min}$ must imply that at least one of the numbers cannot be represented any more.
Hint: p does also count the leading digit.
Tip: Write down the normalized binary representation of the values, if it is not obvious for you.

Werte / *Values*: 2.25, $\frac{1}{8}$, 0.5, 16.5, 2^3

$F^*(\beta, p, e_{\min}, e_{\max})$ mit / *with*

$\beta = 2$, $p = 6$, $e_{\min} = -3$, $e_{\max} = 4$.

8. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!
(und bleibt gesund!)

Übungsstunde — Informatik — 05

Adel Gavranović

code expert -Änderungen, assert, PRE und POST, Funktionen, Headerfiles, Namespaces

Übersicht

code expert Neuerungen
`assert`
PRE und POST
Functions
Exam Question
Headers und Namespaces
Stepwise Refinement
Alte Prüfungsfragen

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material
Webpage
Mail

1. Intro

Intro

- Hoffe euch hat die Session mit Ioana[1] gefallen! :)

[1] Ioana's Webpage

2. Follow-up

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Gab es noch offene Fragen bezüglich letzer Übungsstunde?
- Who liked it better in english?

3. Feedback zu **code** expert

Allgemeines bezüglich **code** expert

- Ihr müsst keine <> setzen beim beantworten der Fragen. Schaut euch das kompilierte markdown-file einfach beim schreiben an :)
- Bitte löscht die Aufgabenbeschreibung, Tips und jegliche TODOs aus euren Abgaben (sonst gibt's Punkteabzug) ausser ihr macht was sinnvolles mit ihnen
- Falls jemand denkt, einen guten Grund (z.B. Militärdienst) zu haben, wieso eine verspätete Abgabe noch gewertet werden soll, so soll die Person mir mit kontaktieren (am besten via Mail)

Informationen bezüglich Bonusaufgabe I

- 10 Reguläre Tests ($\approx 71\%$)
- 4 Versteckte Tests
- Keine TA-Punkte von mir (aber wenn ihr wollt, dass ich den Code verstehe, gebt euch beim Formatting Mühe)
- Exericses ab "Perpetual Calendar" sammeln Punkte für die Bonusaufgabe II

Allgemeines bezüglich **code** expert

- Sind alle mit der Art des Feedbacks zufrieden?
- Gibt es Worte/Ausdrücke im Feedback die ihr nicht versteht?
- Was könnte ich besser machen?

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

4. Lernziele

Ziele für Heute

Lernziele

- ☐ in der Lage sein, Vor- und Nachbedingungen (PRE and POST conditions) für Funktionen zu schreiben
- ☐ in der Lage sein, Aufgaben mittels "stepwise refinement" zu lösen
- ☐ in der Lage sein, `assert()` richtig anzuwenden
- ☐ in der Lage sein, Code, der Funktionen aufruft, zu tracen[2]
- ☐ Verstehen, was die Gefahren von `namespace` sind
- ☐ in der Lage sein, verständlichen und schönen Code zu schreiben[3]

[2] Program Tracing Guide

[3] Style Guide

5. Zusammenfassung

6. **code** expert Neuerungen

Neues Features: Versteckte Testfälle

Versteckte Testfälle

- Ab Woche 7 enthalten einige [code]expert-Übungen versteckte Testfälle
- Versteckte Testfälle zeigen bei Fehlern die erwartete Ausgabe nicht an, um Hard-Coding[4] zu verhindern
- Versteckte Testfälle sind in Bonusübungen und Prüfungen üblich
- Übungen mit versteckten Testfällen und persistenter Eingabe werden in **code** expert mit "[hidden tests]" gekennzeichnet

[4] Ohnehin verboten

Neues Features: Persistente Eingabe

Persistente Eingabe

- Neues Feature eingeführt, um Eingaben (aus `input.txt`) über mehrere Durchläufe zu speichern und wiederzuverwenden
- Die persistente Eingabe hat keinen Einfluss auf Noten oder XP
- Nutzung: `f` (ohne Leerzeichen) statt eigentliche Eingabe in Terminal eingeben[5]

[5] Eselsbrücke: `f` wie file!

Fragen/Unklarheiten?

7. assert

assert

- Wir werden Exit-Codes sehen, mehr Infos hier[6]

[6] Exit Code Guide

`assert`

Frage

- Wofür sind asserts nützlich?

Mögliche Antworten

- Um herauszufinden, wo genau ein Fehler passiert
- In langen Programmen, um den Überblick zu bewahren
- Falsche (User) Inputs sofort erkennen (hilft, *undefined behavior* zu vermeiden)
- Als eine Art der Code Dokumentation

`assert` Demo

code expert Code Example "Debugging with Assert"

Fragen/Unklarheiten?

8. PRE und POST

PRE und POST Conditions

```
// PRE:  describes accepted input
// POST: describes expected output
int yourfunction(int a, int b){
    ...
}
```

PRE und POST Conditions

Frage: Was wären hier sinnvolle Conditions?

```
// PRE:
// POST:
double area(double height, double length){
    return height*length;
}
```

Sie müssen nicht sehr detailiert sein, sie sollten beschreiben, was die Funktion erwartet und was sie ausgeben wird (wenn der Input erwartungsgemäss war)

Fragen/Unklarheiten?

PRE und POST Conditions I

Bestimme sinnvolle PRE- und POST-conditions für die folgende Funktion

```
// PRE:  ???
// POST: ???
double f(double i, double j, double k){
    if(i > j){
        if(i > k){return i;}
        else {return k;}
    } else {
        if(j > k){return j;}
        else {return k;}
    }
}
```

PRE und POST Conditions I (Lösung)

Mögliche Lösung

```
// PRE:  (not needed)
// POST: return value is maximum of {i, j, k}
double f(double i, double j, double k){
    if(i > j){
        if(i > k){return i;}
        else {return k;}
    } else {
        if(j > k){return j;}
        else {return k;}
    }
}
```

PRE und POST Conditions II

Bestimme sinnvolle PRE- und POST-conditions für die folgende Funktion

```
// PRE:  ???
// POST: ???
double g(int i, int j){
    double r = 0.0;
    for(int k = i; k <= j; k++){
        r += 1.0 / k;
    }
    return r;
}
```

PRE und POST Conditions II (Lösung)

Mögliche Lösung

```
// PRE:  0 not in [i, j] and i <= j < INT_MAX
// POST: return value is the sum 1/i + 1/(i+1) + ... + 1/j
double g(int i, int j){
    double r = 0.0;
    for(int k = i; k <= j; k++){
        r += 1.0 / k;
    }
    return r;
}
```

9. Functions

Output?

```
int f(int i){
    return i * i;
}

int g(int i){
    return i * f(i) * f(f(i));
}

int h(int i){
    std::cout << g(i) << "\n";
}
// ...
```

```
// ...
int main(){
    int i;
    std::cin >> i;
    h(i);
    return 0;
}
```

Was wird (mögliche Over- und Underflows vernachlässigt) der Output sein? **Lösung**: i^7

Fehlersuche

```
double f(double x){
    return g(2.0 * x);
}

double g(double x){
    return x % 2.0 == 0;
}

double h(double x){
    std::cout << result;
}
// ...
```

```
// ...
int main(){
    double result = f(3.0);
    h();

    return 0;
}
```

Finde mindestens 3 Fehler in diesem Programm.

Fehlersuche (Lösung)

1. `g()` ist `f()` nicht bekannt, da der Scope von `g()` erst später anfängt
2. Es gibt keinen `%`-Operator für `double`
3. `h()` "sieht" die Variabel `result` nicht, da sie nicht im gleichen Scope ist
4. Die Funktion `h()` hat keine Rückgabe, obwohl es eine braucht
5. `h()` wird ohne Argument aufgerufen

Anzahl Divisoren

Schreibe eine Funktion `number_of_divisors()`, die `int n` als Argument entgegennimmt und die Anzahl Divisoren von n zurückgibt (inklusive 1 und n)

```
// PRE:  0 < n < MAX_INT
// POST: returns number of divisors of n (incl. 1 and n)
unsigned int number_of_divisors(int n){
    // ...
}
```

Beispiel
6 hat 4 Divisoren, nämlich $1, 2, 3, 6$

Anzahl Divisoren (Lösung)

```
// PRE:  0 < n < MAX_INT
// POST: returns number of divisors of n (incl. 1 and n)
unsigned int number_of_divisors(int n){

    assert(n > 0);
    unsigned int counter = 0;

    for (int i = 1; i <= n; ++i){
        if(n % i == 0){
            counter++;
        }
    }

    return counter;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

10. Exam Question

Prüfungsrelevant?

- Das ist eine echte Prüfungsaufgabe aus dem Jahr 2022
- Öffnet die Aufgabe "[Exam 2022.02 (MAVT + ITET)] Decimal to arbitrary base" auf **code** expert
- Besprecht die Aufgabe und euren Lösungsansatz mit euren Nachbar:innen
- Löst die Aufgabe

Fragen/Unklarheiten?

11. Headers und Namespaces

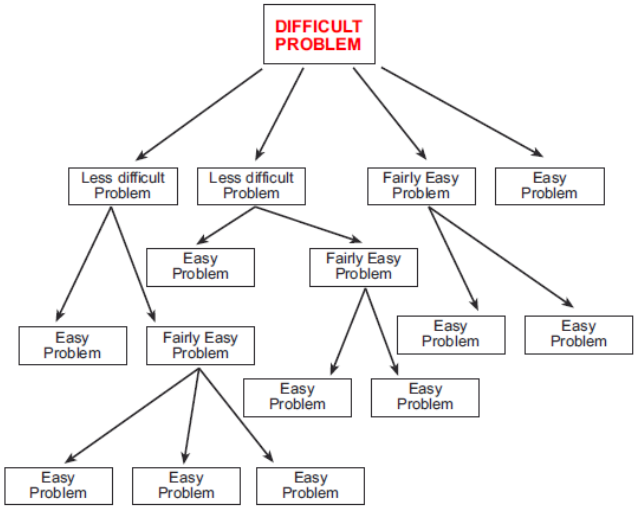
Headers und Namespaces

Live Demo Code Example "CPP Headers & Namespaces"

Fragen/Unklarheiten?

12. Stepwise Refinement

Grundidee


DIFFICULT PROBLEM
Less difficult Problem
Less difficult Problem
Fairly Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem
Fairly Easy Problem
Easy Problem
Fairly Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem
Easy Problem

Stepwise Refinement

Code Example "Perfect Numbers" on code expert

Write a program that counts how many perfect numbers exist in the range $[a, b]$. Please use stepwise refinement to develop a solution to this task that is divided into meaningful functions. We provide a function `is_perfect` in `perfect.h` that checks if a given number is perfect.

A number $n \in \mathbb{N}$ is called perfect if and only if it is equal to the sum of its proper divisors. For example:

- $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$ is perfect
- $12 \neq 1 + 2 + 3 + 4 + 6$ is not perfect

Stepwise Refinement

- *nicht sofort programmieren!*
- identifiziert die einfacheren Teilprobleme
- welche Teilprobleme konntet ihr identifizieren?

"Problembaum"

Wie viele vollkommene Zahlen (engl. perfect numbers) gibt es in $[a, b]$?

Lösung zu "Perfect Numbers"

```
// PRE:
// POST:
bool is_perfect(unsigned int number) {
  unsigned int sum = 0;
  for (unsigned int d = 1; d < number; ++d) {
    if (number % d == 0) {
      sum += d;
    }
  }
  return sum == number;
}
```

Lösung zu "Perfect Numbers"

```
#include <iostream>
#include "perfect.h"

// PRE:
// POST:
unsigned int count_perfect_numbers(unsigned int a, unsigned int b) {
  unsigned int count = 0;
  for (unsigned int i = a; i <= b; ++i) {
    if (is_perfect(i)) {
      count++;
    }
  }
  return count;
}

// ...
```

Lösung zu "Perfect Numbers"

```
// ...

int main () {
  // input
  unsigned int a;
  unsigned int b;
  std::cin >> a >> b;

  // computation
  unsigned int count = count_perfect_numbers(a, b);

  // output
  std::cout << count << std::endl;

  return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

13. Alte Prüfungsfragen

Prüfungsfrage "Typ und Wert"

Geben Sie den Typ und den Wert der Variablen `c` an[7]

```
int a = 5;
int b = 1;
auto c = (9 * a + b) % a;
```

Lösung

`int`, `1`

```
int a = 5;
double b = 1;
auto c = (9.0 * a + b) / a;
```

Lösung

`double`, `9.2`

[7] Bemerkung zu Typ- und Wertfragen: Das Keyword **`auto`** bedeutet, dass der Typ des Ausdrucks durch den Compiler bestimmt wird. Im Folgenden steht es also für den Typ des Ausdrucks, die Sie identifizieren müssen.

Prüfungsfrage F^*

Sei F^* das folgende normalisierte Fliesskommazahlensystem[8]

$$F^*(\beta = 2, p = 3, e_{\text{min}} = -1, e_{\text{max}} = 4)$$

Richtig oder Falsch?

1. "1.25 kann im Fliesskommazahlensystem exakt dargestellt werden"
   Richtig, nämlich $1.01 \cdot 2^0$
2. "Es existiert keine Zahl $Z \in F^*$, für die gilt: $0.0625 < Z < 0.25$"
   Richtig, die kleinste darstellbare Zahl ist 0.5 (i.e., $1.0 * 2^{-1}$)
3. "3.25 kann genau in F^* dargestellt werden"
   Falsch, $3.25 = 1,101 * 2^1$ würde die Genauigkeit $p \geq 4$ erfordern

[8] Erinnerung: die Genauigkeit (Anzahl der Ziffern) schliesst das führende Bit ein.

Prüfungsfrage "Schleife"

```
int sum = 17;
int i = 1;

do {
    i += sum;
    sum = sum / 2;
} while (i > sum && sum >= 0);

std::cout << sum;
```

Welche Aussage beschreibt den Output am besten?

- 17
- 8
- Terminiert nie
- 18

Prüfungsfrage "Loop Termination"

```
int sum = 17;
int i = 1;

do {
    i += sum;
    sum = sum / 2;
} while (i > sum && sum >= 0);

std::cout << sum;
```

Antwort: Es terminiert nie!

- Division von zwei positiven `int` kann nicht negativ sein
  $\Rightarrow$ `sum >= 0` ist immer wahr!
- Nach der ersten Ausführung des do-Blocks: `i > sum`.
  `sum` ist monoton fallend, `i` ist monoton steigend
  $\Rightarrow$ `i > sum` ist immer wahr.

14. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 06

Adel Gavranović

Follow-up, Referenzen, `std::vector`, Mehrdimensionale Vektoren

Übersicht

Follow-up
- Prüfungsfrage
- Runden (in F^*)

Referenzen

`std::vector<T>`

Multidimensionale Vektoren

Repetition: Fliesskommazahlen

Alte Prüfungsfragen

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material

Webpage

Mail

1. Follow-up

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Entschuldigt die suboptimale Übungsstunde von letzer Woche
- Sehr viel Follow-up heute

1. Follow-up

1.1. Prüfungsfrage

Prüfungsrelevant?

- Das ist eine echte Prüfungsaufgabe aus dem Jahr 2022
- Öffnet die Aufgabe "[Exam 2022.02 (MAVT + ITET)] Decimal to arbitrary base" auf **code** expert
- Besprecht die Aufgabe und euren Lösungsansatz mit euren Nachbar:innen
- Löst die Aufgabe

Lösung

```
int convert_base(int n, int b) {

    int result = 0;              // result stored in base 10
    int basetenposition = 1;     // for setting correct digit in 'result'

    while (n != 0) {
        int rightmost_digit = (n % b);
        result += basetenposition * rightmost_digit;
        n = n / b;
        basetenposition *= 10;
    }

    return result;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

1. Follow-up

1.2. Runden (in F^*)

Wie Runden?

Fliesskommazahlen runden ist *sehr kompliziert*[1]

[1] 754-2019 - IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic

Wie Runden?

Solange nichts anderes von euch (in der Aufgabenbeschreibung) gefordert wird, könnt so runden wie in der Mathematik:

1. Abrunden falls "Cuttoff-Zahl" $c < 1$
2. Aufrunden falls $c > 1$
3. Falls $c = 1.000\ldots$ dann "Round to even", i.e. einfach so runden, dass die letzte ziffer gerade ist (binär also immer 0 – aber vorsichtig!)

- Seien die exakten Resultate:
  1. $1.01011 \cdot 2^2$
  2. $1.01010 \cdot 2^2$
  3. $1.01110 \cdot 2^2$
  4. $1.01100 \cdot 2^2$
- …aber das sind mehr als $p = 4$ Ziffern![2] Wir runden – aber wie?
  1. $1.01011 \cdot 2^2 \approx 1.011$ per (2)
  2. $1.01010 \cdot 2^2 \approx 1.010$ per (3)
  3. $1.01110 \cdot 2^2 \approx 1.100$ per (3)
  4. $1.01100 \cdot 2^2 \approx 1.011$ per (1)

[2] Erinnerung: die Genauigkeit (Anzahl der Ziffern) schliesst das führende Bit ein.

Fragen/Unklarheiten?

2. Feedback zu **code** expert

Allgemeines bezüglich Feedback/Fragen

- Bitte schickt mir *immer* eine "Follow-up/Reminder"-Mail wenn ihr mir eine Frage im Unterricht gestellt habt und noch eine Antwort erwartet (insb. in Bezug auf die **code** expert -Aufgaben)

Allgemeines bezüglich **code** expert

- Bitte behaltet den Code und die Antworten innerhalb der grauen Linie auf **code** expert
- "There's almost always a better approach", seid nicht traurig, falls euer Ansatz nicht der effizienteste war
- Fast alle Submissions waren viel wortreicher als nötig; fasst euch kürzer
- Wenn es mehrere ähnliche Aufgaben gab, wurde nur zu einer Aufgabe ein ausführliches Feedback gegeben (und von der zweiten darauf verwiesen)
- Kein Feedback $\implies$ Gut (genug) gemacht!
- Ich werde von nun an öfter direkt im eurer Submission Änderungen machen; falls ich auf eine solche Änderung im Code verweise, aber ihr sie nicht sieht, schreibt mir sofort eine Mail

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

3. Lernziele

Ziele für Heute

Lernziele

- ☐ Programme, die Referenzen enthalten, tracen können
- ☐ Programme, die `std::vector` verwenden, tracen und schreiben können
- ☐ Programme, die mehrdimensionale `std::vector` verwenden, tracen und schreiben können

4. Zusammenfassung

5. Referenzen

Beispiel zu Program Tracing I

```
int a = 3;
int& b = a;

b = 7;

std::cout << a;
```

Output: 7

Beispiel zu Program Tracing II

```
void foo(int i){
    i = 5;
}

int main(){
    int i = 4;
    foo(i);
    std::cout << i << std::endl;
}
```

Output: 4 …aber wieso?

- Referenzen (`type&`) werden als Typ von Funktionsparametern (Inputs) oder Rückgabetypen (Returns) verwendet
- Wenn die Parameter **nicht** *referenced* sind, so sagt man *passed to the function by value* (So haben wir das bei allen bisherigen Funktionen gemacht); dabei wird immer eine Kopie des Inputs für die Funktion angefertigt

Beispiel zu Program Tracing III

```
void foo(int& i){
    i = 5;
}

int main(){
    int i = 4;
    foo(i);
    std::cout << i << std::endl;
}
```

Output: 5

- Wenn ein Funktionsparameter ein Referenztyp (`type&`) ist, sagt man “*passed (the argument) by reference*”

Referenzen

Wieso das Ganze?

- da man so mehrere Resultate/Variablen beeinflussen kann und nicht nur auf das `return` angewiesen ist
- da man sich so das (teils teure) Kopieren der Parameter spart und somit die Performance des Programms verbessern kann
- da es manchmal einfach nicht anders geht (`std::cout` zum Beispiel werden wir uns in paar Wochen anschauen)

Referenzen als Return Types

Wir haben jetzt Funktionsparameter gesehen, die einen Referenztypen haben, aber auch für return types lassen sich Referenzen verwenden

```
int& increment(int& m){
    return ++m;
}

int main(){
    int n = 3;

    increment(increment(n));

    std::cout << n << std::endl;
}
```

Output: 5, aber wieso? Wegen der Referenz im return type!

Fragen/Unklarheiten?

Referenz oder Kopie? I

```cpp
int foo(int& a, int b){
    a += b;
    return a;
}

int main(){
    int a = 0;
    int b = 1;
    for(int i = 0; i < 5; ++i){
        b = foo(a, b);
        std::cout << b << " ";
    }
    return 0;
}
```

Output: `1 2 4 8 16`

Referenz oder Kopie? II

```
int foo(int a, int b){
    a += b;
    return a;
}

int main(){
    int a = 0;
    int b = 1;
    for(int i = 0; i < 5; ++i){
        b = foo(a, b);
        std::cout << b << " ";
    }
    return 0;
}
```

Output: `1 1 1 1 1`

Referenz oder Kopie? III

```
int foo(int a, int& b){
    a += b;
    return a;
}

int main(){
    int a = 0;
    int b = 1;
    for(int i = 0; i < 5; ++i){
        b = foo(a, b);
        std::cout << b << " ";
    }
    return 0;
}
```

Output: `1 1 1 1 1`

Fragen/Unklarheiten?

6. std::vector<T>

`std::vector`, aber wie?

- `#include <vector>`
- Vektoren kann man sich als eine Reihe von Kästchen vorstellen, die je einen Wert des gegebenen Typs speichern
- Man kann Vektoren etwa so behandeln wie einen neuen Typen
- Es gibt viele Möglichkeiten, einen Vector zu initialisieren/definieren. Schaut im Vorlesungsmaterial nach oder sucht online
- `myvector[n-1]`
  um den n-ten Wert im Vektor `myvector` zu benutzen
- `myvector.push_back(x)`
  um den Wert `x` anzuhängen

Fragen/Unklarheiten?

Übung: "Reversing Vectors"

Let’s code together!
Code Example "Reversing Vectors" auf **code** expert

Übung: "Reversing Vectors" – Beispiellösung

```cpp
// POST: Prints a vector in reverse without side-effects
void efficient_reverse_print(std::vector<int>& sequence) {

    for (int i = sequence.size() - 1; i >= 0; i--) {
        std::cout << sequence[i] << " ";
    }

    std::cout << std::endl;

}
```

7. Multidimensionale Vektoren

Was sind Multidimensionale Vektoren?

Multidimensionale Vektoren sind Matrizen[3]

```
matrix.at(row_index)                // Accessing vector<T> (entire row)
matrix.at(row_index).at(col_index)  // Accessing T (single element)
```

[3] eigentlich sind sie Vektoren von Vektoren!

Aufgabe "Matrix Transpose"

- Öffnet "Matrix Transpose" auf **code** expert

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{bmatrix}^\top = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{bmatrix}$$

- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Vereinfachung der Syntax:

```
using irow = std::vector<int>;
using imatrix = std::vector<irow>;
```

- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Lösung zu "Matrix Transpose"

```
imatrix transpose_matrix(const imatrix& matrix) {
  int rows = get_rows(matrix);
  int cols = get_cols(matrix);

  // construct a matrix with zero rows
  imatrix transposed_matrix = imatrix(0);
  for (int col_index = 0; col_index < cols; col_index++) {
    // construct a row with zero entries
    irow row = irow(0);
    for (int row_index = 0; row_index < rows; row_index++) {
      row.push_back(matrix[row_index][col_index]);
    }
    transposed_matrix.push_back(row);
  }
  return transposed_matrix;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

8. Repetition: Fliesskommazahlen

Fliesskommazahlensysteme

Aufgabe

- Versucht, folgende Aufgaben zu lösen
- Fragt, wenn etwas unklar ist

Informatik
Exercise Session

Consider the normalized floating point number system $F^*(\beta, p, e_{\min}, e_{\max})$ with $\beta = 2$, $p = 3$, $e_{\min} = -4$, $e_{\max} = 4$.
Compute the following expressions as the parentheses suggest, representing each intermediate result (and the final result) in the normalized floating point system according to the rules of computing with floating point numbers.

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		?????
+	0.5		?????
=			?????
+	0.5		?????
=	??	←	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
+	0.5		?????
=			?????
+	10		?????
=	??	←	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			?????
$+$	0.5		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.0101 \cdot 2^3$
$+$	0.5		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	??	$\leftarrow$	$1011.00 \cdot 2^0$

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	??	$\leftarrow$	$1.011 \cdot 2^3$

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	12	$\leftarrow$	$1.10 \cdot 2^3$

Fragen/Unklarheiten?

9. Alte Prüfungsfragen

Prüfungsfrage F^*

Sei F^* das folgende normalisierte Fliesskommazahlensystem[4]

$$F^*(\beta = 2, p = 3, e_{\text{min}} = -1, e_{\text{max}} = 4)$$

Richtig oder Falsch?

1. "1.25 kann im Fliesskommazahlensystem exakt dargestellt werden"
   Richtig, nämlich $1.01 \cdot 2^0$
2. "Es existiert keine Zahl $Z \in F^*$, für die gilt: $0.0625 < Z < 0.25$"
   Richtig, die kleinste darstellbare Zahl ist 0.5 (i.e., $1.0 * 2^{-1}$)
3. "3.25 kann genau in F^* dargestellt werden"
   Falsch, $3.25 = 1,101 * 2^1$ würde die Genauigkeit $p \geq 4$ erfordern

[4] Erinnerung: die Genauigkeit (Anzahl der Ziffern) schliesst das führende Bit ein.

Prüfungsfrage "Schleife"

```
int sum = 17;
int i = 1;

do {
    i += sum;
    sum = sum / 2;
} while (i > sum && sum >= 0);

std::cout << sum;
```

Welche Aussage beschreibt den Output am besten?

- 17
- 8
- Terminiert nie
- 18

Prüfungsfrage "Loop Termination"

```
int sum = 17;
int i = 1;

do {
    i += sum;
    sum = sum / 2;
} while (i > sum && sum >= 0);

std::cout << sum;
```

Antwort: Es terminiert nie!

- Division von zwei positiven `int` kann nicht negativ sein
  $\Rightarrow$ `sum >= 0` ist immer wahr!
- Nach der ersten Ausführung des do-Blocks: `i > sum`.
  `sum` ist monoton fallend, `i` ist monoton steigend
  $\Rightarrow$ `i > sum` ist immer wahr.

10. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 07

Adel Gavranović

Follow-up, ASCII-Zeichen, `char`, Rekursion, viel **code** expert

Übersicht

Follow-up
- `const` und Funktionen
- Repetition: Fliesskommazahlen

(ASCII) Zeichen in C++ (`char`)
Rekursion
Feedback
Alte Prüfungsfragen

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material

Webpage

Mail

1. Follow-up

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Nicht viel Follow-up heute
- Habe ich etwas vergessen?
- Werde mir in Zukunft Fragen besser notieren…

1. Follow-up

1.1. `const` und Funktionen

`const` und Funktionen

1.
```
void Funktion(const Type& n){                    //  const als Arugment
    // n kann nicht verändert werden
} // sehr oft sinnvoll; muss man kennen!
```

2.
```
const Type& Funktion(const Type& n){             //  const als Return
    // n kann nicht verändert werden
    return n; // ursprüngliches n wird returned
} // manchmal sinnvoll; ziemlich spezifish
```

3.
```
void Funktion(Type n) const {                    // const-Funktionen
    // n kann verändert werden
    // nichts in der Klasse, der die Funktion angehört,
    // kann verändert werden. [Klassen wurden noch nicht behandelt]
} // oft sinnvoll; wird vielleict besprochen im Thema "Klassen"
```

Fragen/Unklarheiten?

1. Follow-up

1.2. Repetition: Fliesskommazahlen

Fliesskommazahlensysteme

Aufgabe

- Versucht, folgende Aufgaben zu lösen
- Fragt, wenn etwas unklar ist

Informatik
Exercise Session

Consider the normalized floating point number system $F^*(\beta, p, e_{\min}, e_{\max})$ with $\beta = 2$, $p = 3$, $e_{\min} = -4$, $e_{\max} = 4$.
Compute the following expressions as the parentheses suggest, representing each intermediate result (and the final result) in the normalized floating point system according to the rules of computing with floating point numbers.

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		?????
+	0.5		?????
=			?????
+	0.5		?????
=	??	←	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
+	0.5		?????
=			?????
+	10		?????
=	??	←	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			?????
$+$	0.5		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.0101 \cdot 2^3$
$+$	0.5		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		?????
$+$	0.5		?????
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			?????
$+$	10		?????
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	??	$\leftarrow$	?????

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	??	$\leftarrow$	$1011.00 \cdot 2^0$

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	??	$\leftarrow$	$1.011 \cdot 2^3$

$(10 + 0.5) + 0.5$

	decimal		binary
	10		$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$			$1.01 \cdot 2^3$
$+$	0.5		$0.0001 \cdot 2^3$
$=$	10	$\leftarrow$	$1.01 \cdot 2^3$

$(0.5 + 0.5) + 10$

	decimal		binary
	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$+$	0.5		$1.00 \cdot 2^{-1}$
$=$			$1.00 \cdot 2^0$
$+$	10		$1010.00 \cdot 2^0$
$=$	12	$\leftarrow$	$1.10 \cdot 2^3$

Fragen/Unklarheiten?

2. Feedback zu **code** expert

Allgemeines bezüglich Feedback/Fragen

...

Allgemeines bezüglich **code** expert

...

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

3. Lernziele

Ziele für Heute

Lernziele

- ☐ Programme, die `char` verwenden, tracen und schreiben können
- ☐ Sich mit dem Konzept der Rekursion vertraut gemacht

4. Zusammenfassung

5. (ASCII) Zeichen in C++ (`char`)

Übung "Converting Input to UPPER CASE"

Aufgabe

1. Überlegt, wie ihr die Aufgabe "Converting Input to UPPER CASE" auf **code** expert am besten angeht
2. Programmiert (optional gruppenweise) eine Lösung

Übung "Converting Input to UPPER CASE"

Aufgabe

Schreibt ein Programm, das eine durch ein Zeilenumbruchszeichen begrenzte Zeichenfolge als Vektor von `char` einliest. Anschließend soll das Programm die Folge ausgeben, wobei alle Kleinbuchstaben in GROSSBUCHSTABEN umgewandelt werden.

"Converting Input to UPPER CASE" — Lösung

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <ios>        // not really needed, don't worry about it
```

"Converting Input to UPPER CASE" — Lösung

```
// POST: Converts the letter to upper case.
void char_to_upper(char& letter){
    int shift_distance = 'a' - 'A';     // 'a' > 'A' (if conv. to ints)
                                        // distance between the upper
                                        // and lower case numbers
    if('a' <= letter && letter <= 'z'){
        letter -= shift_distance;
    }
}

// POST: Converts all letters to upper-case.
void to_upper(std::vector<char>& letters){
    for(int i = 0; i < letters.size(); ++i){
        char_to_upper(letters.at(i));
    }
}
```

"Converting Input to UPPER CASE" — Lösung

```
std::vector<char> letters;
char ch;

// Step 1: Read input.
do {
    std::cin >> ch;
    letters.push_back(ch);
} while(ch != '\n');

// Step 2: Convert to upper-case.
to_upper(letters);

// Step 3: Output.
for(int i = 0; i < letters.size(); ++i){
    std::cout << letters.at(i);
}
```

Fragen/Unklarheiten?

6. Rekursion

Alte Prüfungsaufgabe

Eckdaten

- Prüfung: 01.2022 Computer Science (MATH/PHYS/RW)
- Einfache Rekursionsaufgabe
- Gesamtpunkte in der Prüfung: 85 Punkte
- Gesamtzeit für die Prüfung: 120 minutes
- Punkte für die Aufgabe: 5 Punkte
- Geschätzte Zeit für die Aufgabe: 7 minutes $= 120 * (5/85)$

Kleine Prüdungssimulation

- Schalten in den "Prüfungsmodus" und stellt alles was ihr brauchen könnten bereit
- Öffnet "[Exam 2022.01 (MATH/PHYS/RW)] Compute Series" auf **code** expert
- Programmiert eine (rekursive) Lösung
- Zeit: 7 Minuten

Alte Prüfungsaufgabe

Wir wollen eine Funktion mit den folgenden PRE und POSTs schreiben

```
// PRE:   a positive integer n
//
// POST:  returns the n-th number of a series x_n, defined as
//        x_n = 2,                      for n = 1
//        x_n = 1,                      for n = 2
//        x_n = x_(n-1) + x_(n-2),      for n > 2
//
// Example:
//  * n == 1 ~~> 2
//  * n == 2 ~~> 1
//  * n == 3 ~~> 3
```

Alte Prüfungsaufgabe — Lösung

```
// PRE:   a positive integer n
//
// POST:  returns the n-th number of a serie x_n, defined as
//        x_n = 2,                    for n = 1
//        x_n = 1,                    for n = 2
//        x_n = x_(n-1) + x_(n-2),    for n > 2

int compute_element(int n) {
    if (n == 1) {
        return 2;
    } else if (n == 2) {
        return 1;
    } else {
        return compute_element(n-1) + compute_element(n-2);
    }
}
```

Fragen/Unklarheiten?

Übung "Partial Sum"

Aufgabe

Schreibe eine Funktion, die

1. die Summe aller natürlichen Zahlen kleiner oder gleich n per Rekursion berechnet und diesen Wert zurückgibt
2. alle addierten Terme in aufsteigender Reihenfolge (von 0 bis n) in der gleichen Rekursiven Funktion ausdruckt

Übung "Partial Sum"

- Öffnet "Partial Sum" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine (rekursive) Lösung (optional in Gruppen)

"Partial Sum" — Lösung

```cpp
int partial_sum(const int n) {
  if (n == 0) {
    return 0;
  } else {
    // print descending
    // std::cout << n << std::endl;

    int partial = partial_sum(n - 1);

    // print ascending
    std::cout << n << std::endl;

    return n + partial;
  }
}
```

"Partial Sum" — Lösung

```
int main() {
  std::cout << "n = ";

  int n;
  std::cin >> n;

  std::cout << partial_sum(n) << std::endl;

  return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

Übung "Power Function"

Frage

Wie viele Rekursionsaufrufe braucht die folgende Funktion, um x^7 zu berechnen?

```
int power(const int x, const int n) {

    if (n == 0){
        return 1;
    } else if (n == 1) {
        return x;
    }

    return x * power(x, n - 1);
}
```

Antwort: 7

Übung "Power Function"

- Öffnet "Power Function" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine (rekursive) Lösung
- *Tipp: Die Aufgabe ist eine Verallgemeinerung der Aufgabe "Multiply with 29" der ersten Woche*

"Power Function" — Lösung

```
// POST: result == x^n
int power (const int x, const int n) {
  if(n == 0) {
    return 1;
  } else if(n == 1) {
    return x;
  } else if(n % 2 == 0) {        // case n = 2m for some m in N
    int temp = power(x, n/2);    // temp, to not call the function twice!
    return temp * temp;          // since x^n = x^(2m) = x^m * x^m
  } else {
    return x * power(x, n-1);
  }
}
```

Fragen/Unklarheiten?

Die Türme von Hanoi

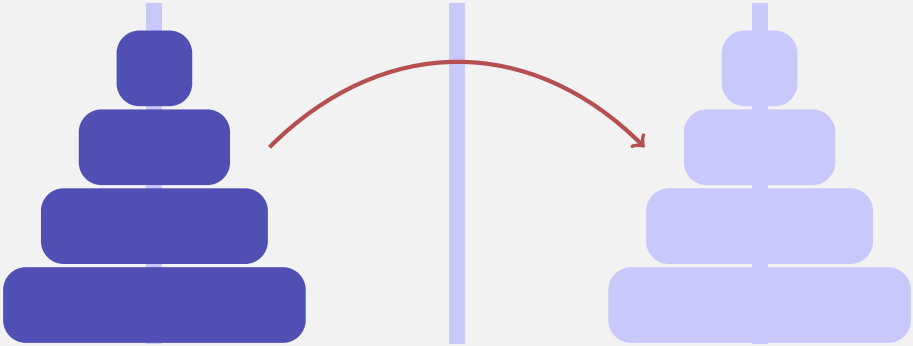
Mit dieser Übung zu kämpfen, ist ein lang gehegte Tradition unter Programmieranfänger:innen.

Sie ist berüchtigt schwierig, wenn man mit Rekursion nicht vertraut ist.

Experiment: Die Türme von Hanoi

Links Mitte Rechts

Experiment: Die Türme von Hanoi

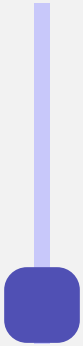


Die Türme von Hanoi - So gehts!

Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - So gehts!

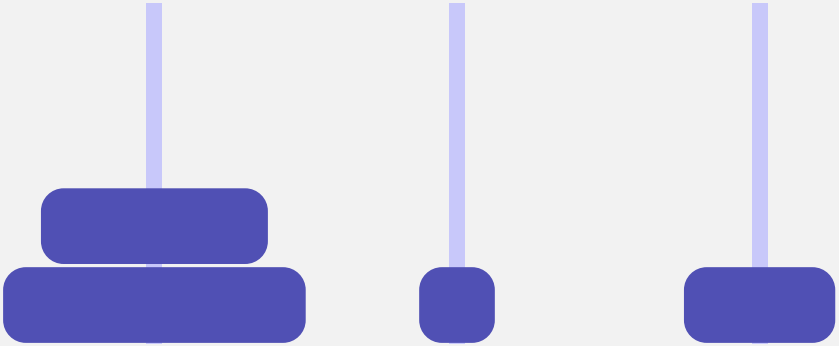
Links



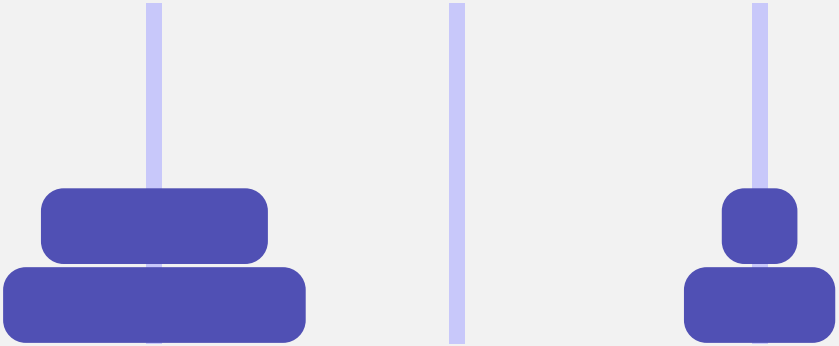
Mitte

Rechts

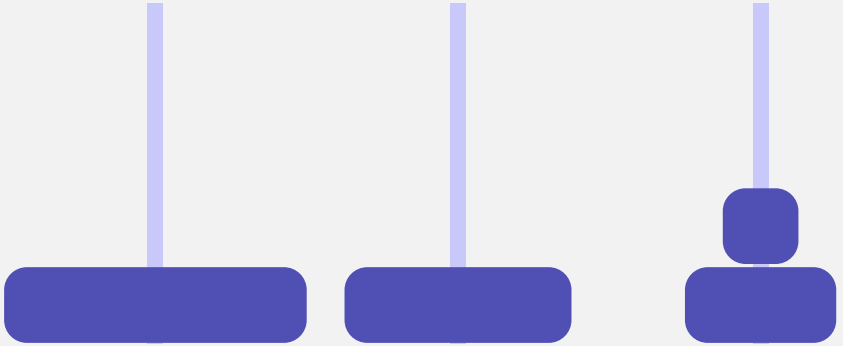
Die Türme von Hanoi - So gehts!



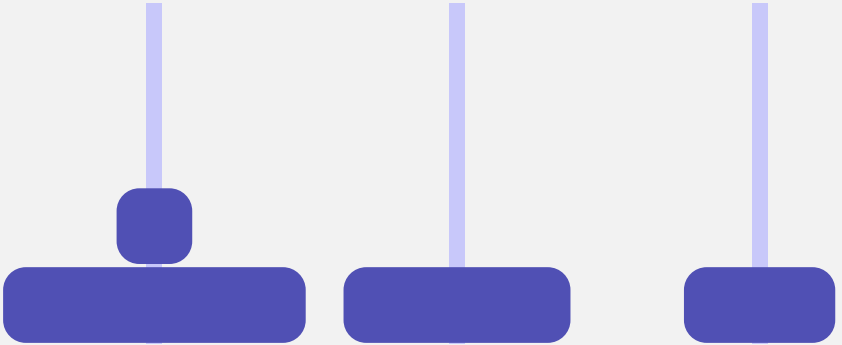
Die Türme von Hanoi - So gehts!



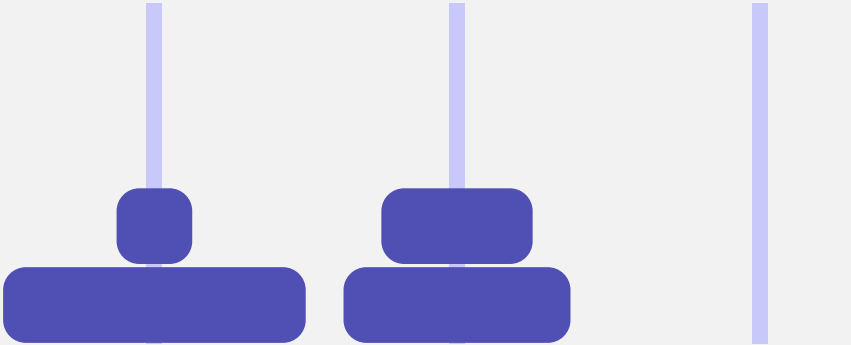
Die Türme von Hanoi - So gehts!



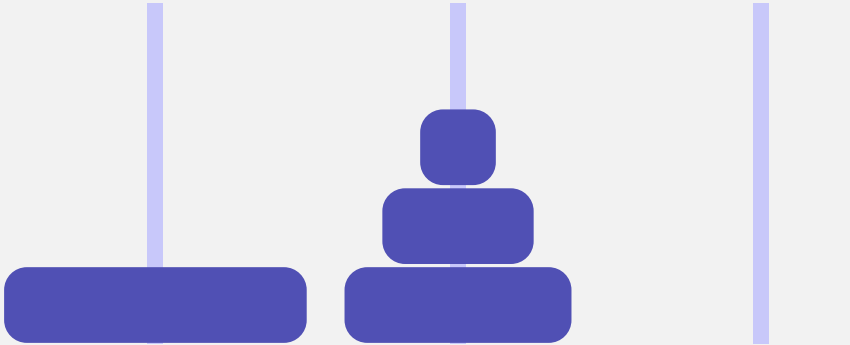
Die Türme von Hanoi - So gehts!



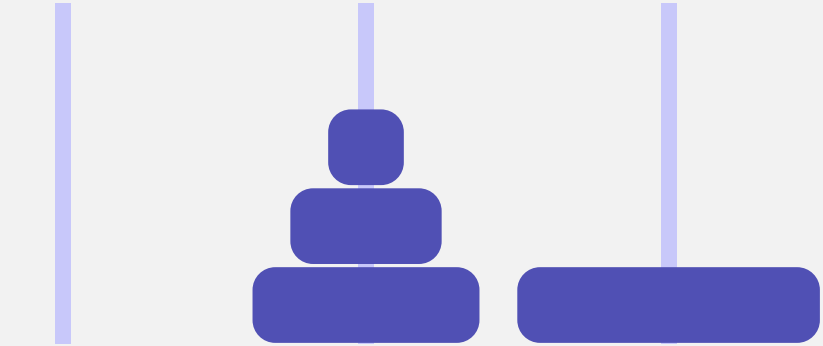
Die Türme von Hanoi - So gehts!



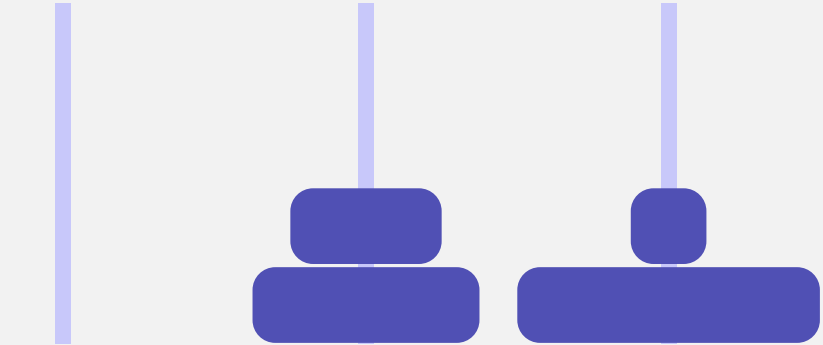
Die Türme von Hanoi - So gehts!



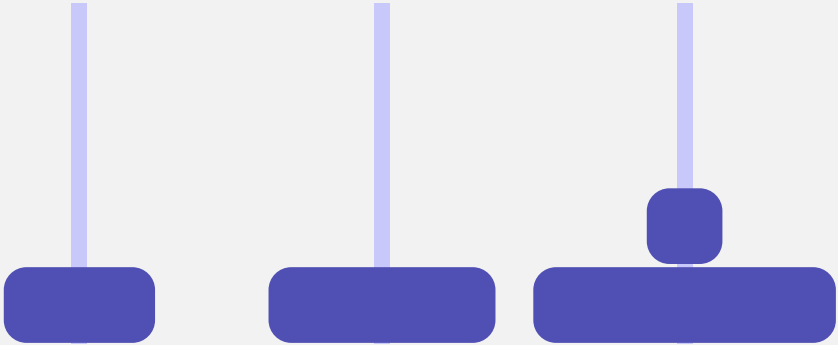
Die Türme von Hanoi - So gehts!



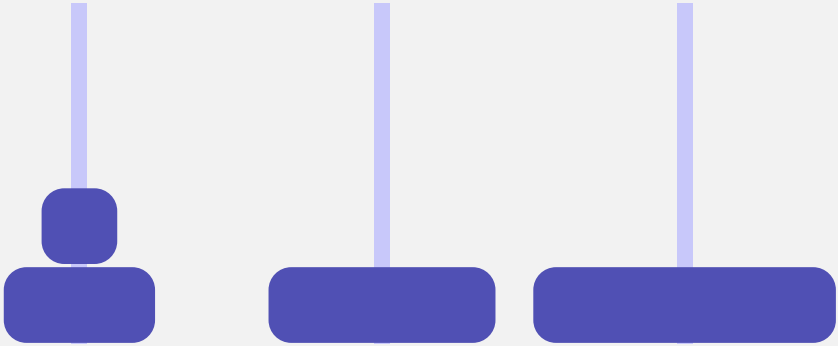
Die Türme von Hanoi - So gehts!



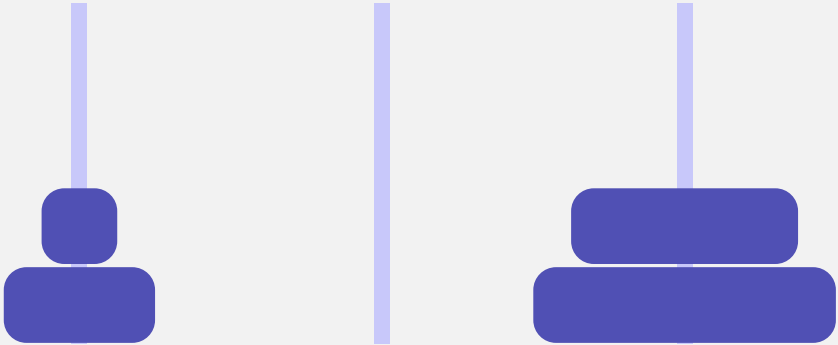
Die Türme von Hanoi - So gehts!



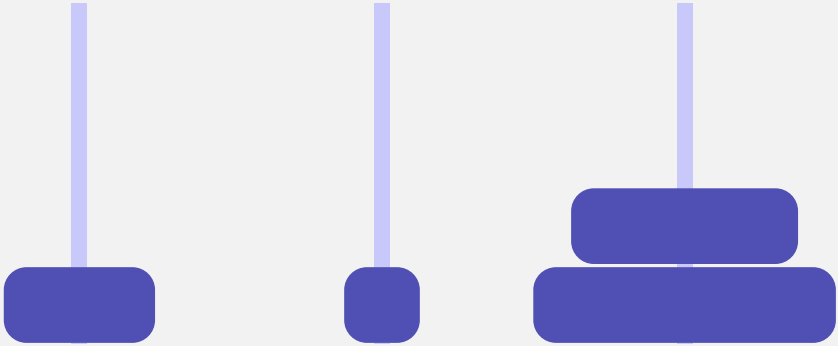
Die Türme von Hanoi - So gehts!



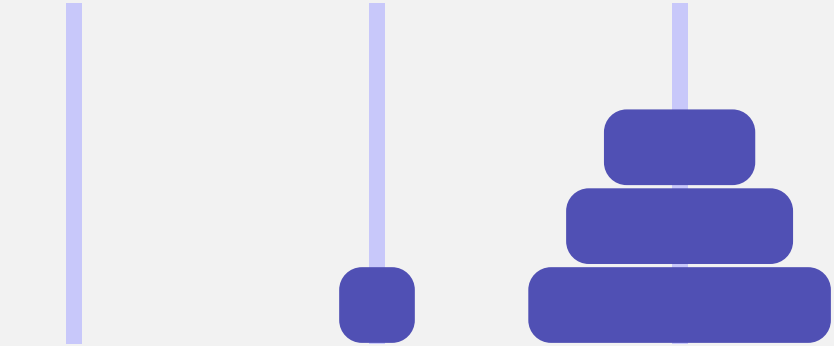
Die Türme von Hanoi - So gehts!



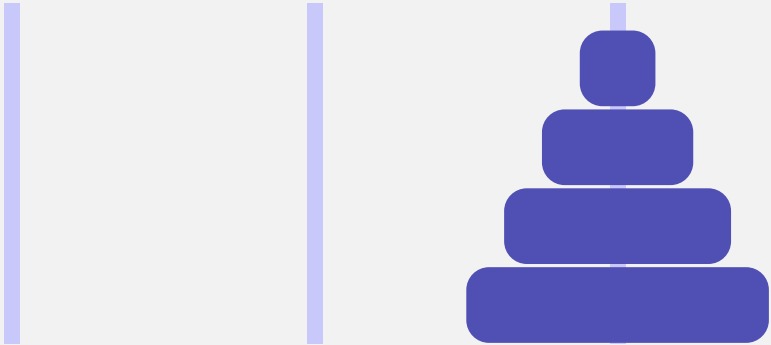
Die Türme von Hanoi - So gehts!



Die Türme von Hanoi - So gehts!



Die Türme von Hanoi - So gehts!

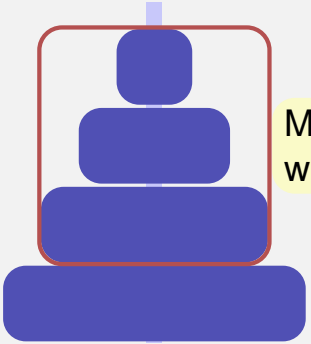


Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

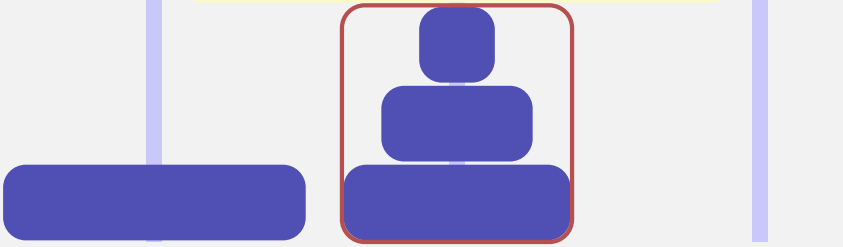


Mal *angenommen*, wir wüssten wie man ...

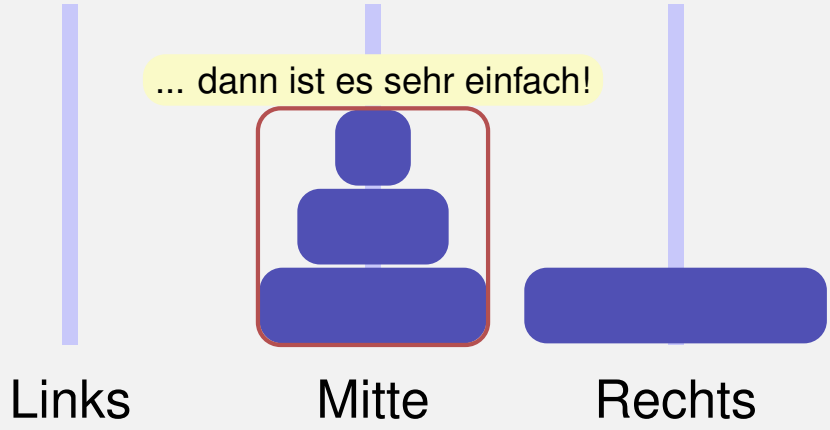
Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

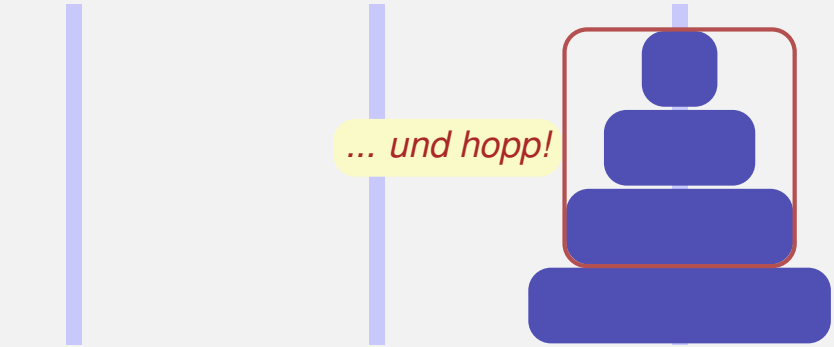
... *drei* Scheiben von einem Stapel zum anderen bringt ...



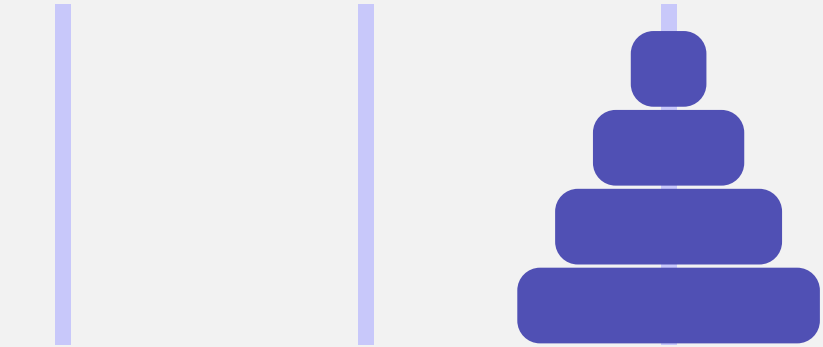
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



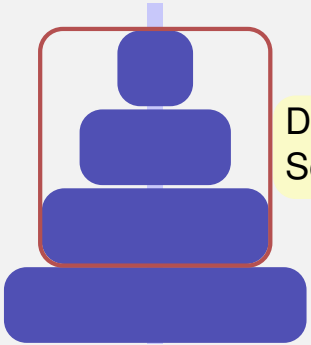
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



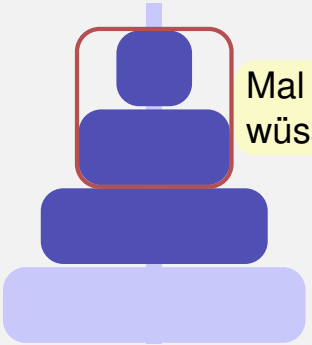
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Doch *wie* können wir drei Scheiben bewegen?

Links Mitte Rechts

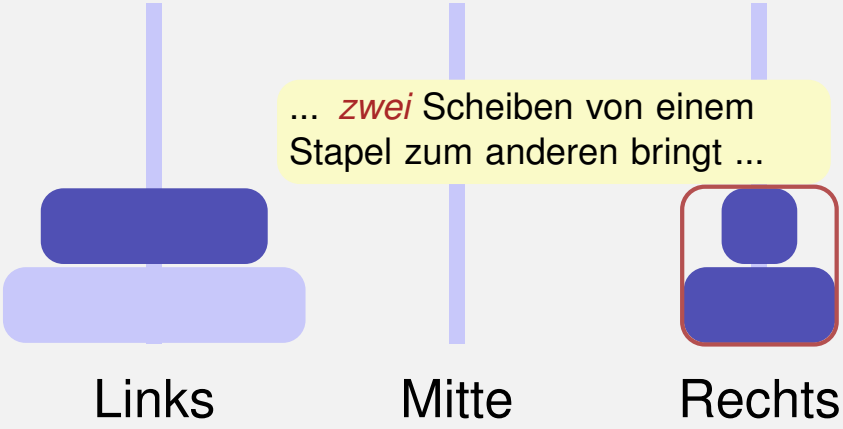
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



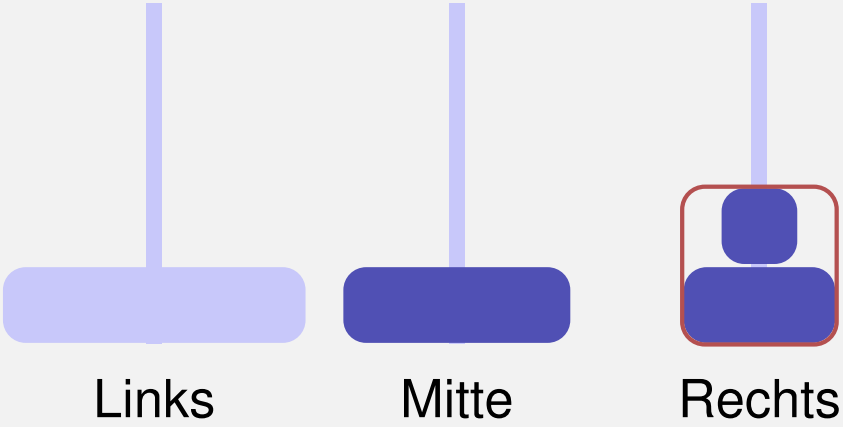
Mal *angenommen*, wir wüssten wie man ...

Links Mitte Rechts

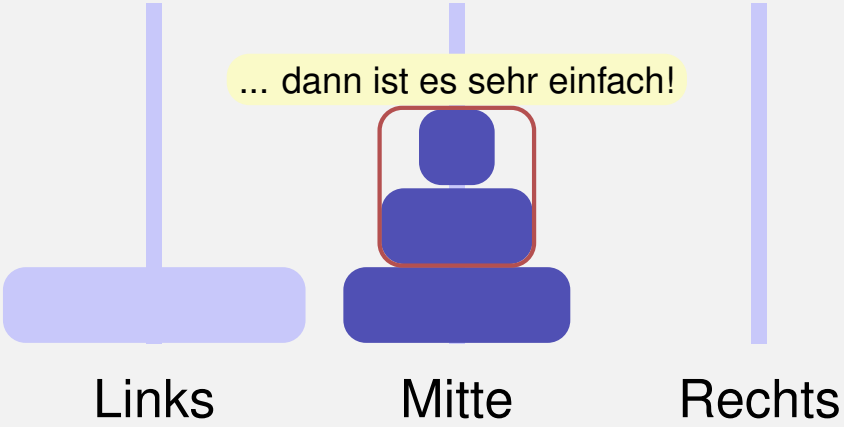
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



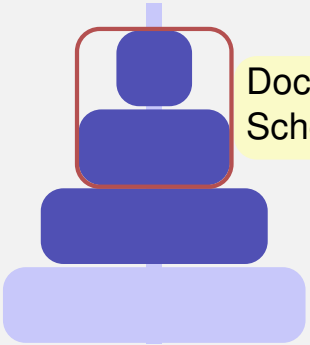
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

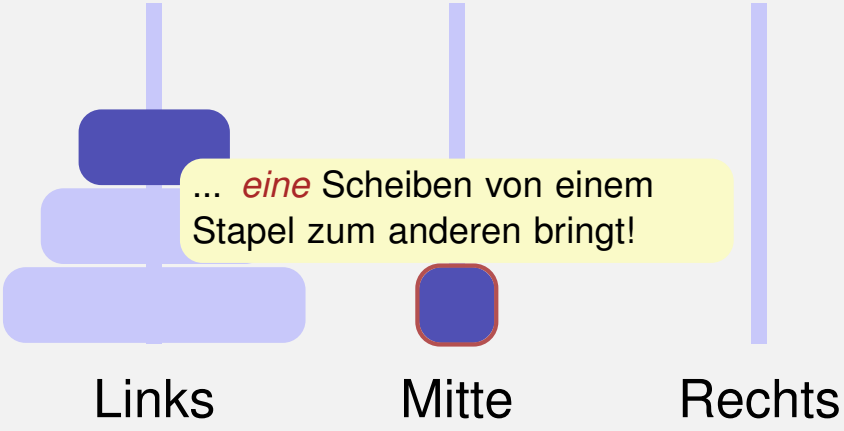


Doch *wie* können wir zwei Scheiben bewegen?

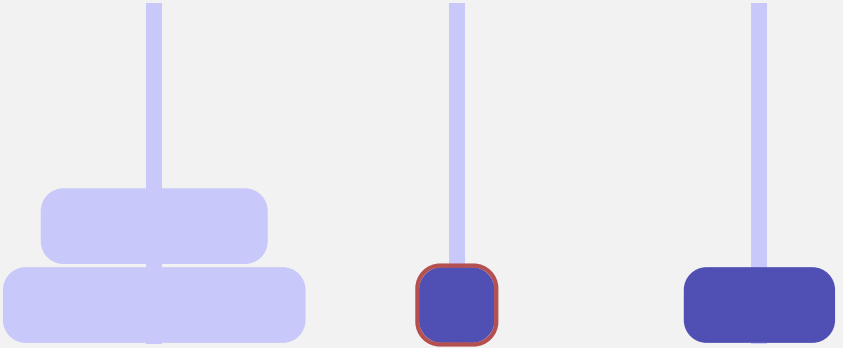
Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

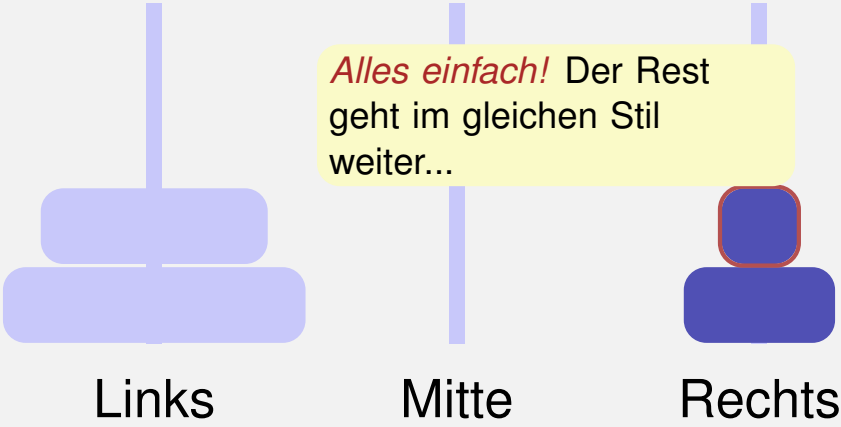
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



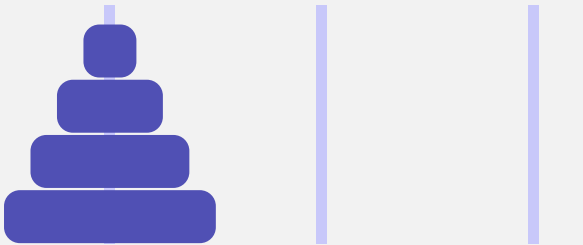
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Aufgabe Towers of Hanoi

- Öffnet "Towers of Hanoi" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Die Türme von Hanoi - Code



Bewege 4 Scheiben von `left` nach `right` mit Hilfsstapel `middle`:

```
move(4,"left","middle","right")
```

Die Türme von Hanoi - Code

move(n**,** src**,** aux**,** dst**)** $\Rightarrow$

1. Bewege die obersten $n-1$ Scheiben von src nach aux mit Hilfsstapel dst:
   move($n-1$**,** src**,** dst**,** aux**);**
2. Bewege 1 Scheibe von src nach dst
   move(1, src**,** aux**,** dst**);**
3. Bewege die obersten $n-1$ Scheiben von aux nach dst mit Hilfsstapel src:
   move($n-1$**,** aux**,** src**,** dst**);**

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case



    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);


    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);
        move(1, src, aux, dst);

    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);
        move(1, src, aux, dst);
        move(n-1, aux, src, dst);
    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case ('move' the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);
        move(1, src, aux, dst);
        move(n-1, aux, src, dst);
    }
}
int main() {
    move(4, "left", "middle", "right");
    return 0;
}
```

Die Türme von Hanoi - Code Alternative

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    // base case
    if (n == 0) return;

    // recursive case
    move(n-1, src, dst, aux);
    std::cout << src << " --> " << dst << "\n";
    move(n-1, aux, src, dst);
}


int main() {
    move(4, "left", "middle", "right");
    return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

Videoempfehlungen

Versucht insbesondere das Konzept von *Recursive Leap of Faith* nachzuvollziehen. Das ist quasi die Induktionsannahme bei einem Induktionsbeweis aus der Mathematik

Videos zum Thema Rekursion

- 5 Simple Steps for Solving Any Recursive Problem
- Towers of Hanoi: A Complete Recursive Visualization

7. Feedback

Euer Feedback an mich

Feedback-Formular

(Nehmt euch Zeit und seid ehrlich)

8. Alte Prüfungsfragen

Prüfungsfrage F^*

Sei F^* das folgende normalisierte Fliesskommazahlensystem[1]

$$F^*(\beta = 2, p = 3, e_{\text{min}} = -1, e_{\text{max}} = 4)$$

Richtig oder Falsch?

1. "1.25 kann im Fliesskommazahlensystem exakt dargestellt werden"
   Richtig, nämlich $1.01 \cdot 2^0$
2. "Es existiert keine Zahl $Z \in F^*$, für die gilt: $0.0625 < Z < 0.25$"
   Richtig, die kleinste darstellbare Zahl ist 0.5 (i.e., $1.0 * 2^{-1}$)
3. "3.25 kann genau in F^* dargestellt werden"
   Falsch, $3.25 = 1,101 * 2^1$ würde die Genauigkeit $p \geq 4$ erfordern

[1] Erinnerung: die Genauigkeit (Anzahl der Ziffern) schliesst das führende Bit ein.

Prüfungsfrage "Schleife"

```
int sum = 17;
int i = 1;

do {
    i += sum;
    sum = sum / 2;
} while (i > sum && sum >= 0);

std::cout << sum;
```

Welche Aussage beschreibt den Output am besten?

- 17
- 8
- Terminiert nie
- 18

Prüfungsfrage "Loop Termination"

```
int sum = 17;
int i = 1;

do {
    i += sum;
    sum = sum / 2;
} while (i > sum && sum >= 0);

std::cout << sum;
```

Antwort: Es terminiert nie!

- Division von zwei positiven `int` kann nicht negativ sein
  $\Rightarrow$ `sum >= 0` ist immer wahr!
- Nach der ersten Ausführung des do-Blocks: `i > sum`.
  `sum` ist monoton fallend, `i` ist monoton steigend
  $\Rightarrow$ `i > sum` ist immer wahr.

9. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 08

Adel Gavranović

Rekursion, Structs

Übersicht

Follow-up
- `const` und Funktionen
- Aufgabe "Towers of Hanoi"

Structs
- Aufgabe "Geometry Exercise"

Rekursion
- Aufgabe "Power Set"

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material

Webpage

Mail

1. Follow-up

Follow-up aus letzter Übungsstunde

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Applausreform

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Applausreform
- Gute Nachrichten (und Lob)

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- Applausreform
- Gute Nachrichten (und Lob)
- `const` und Funktionen
- Towers of Hanoi

1. Follow-up

1.1. `const` und Funktionen

`const` und Funktionen

const und Funktionen

1.
```
void Funktion(const Type& n){                    //  const als Argument
    // n kann nicht verändert werden
} // sehr oft sinnvoll; muss man kennen!
```

const und Funktionen

1.
```
void Funktion(const Type& n){                    //  const als Argument
    // n kann nicht verändert werden
} // sehr oft sinnvoll; muss man kennen!
```

2.
```
const Type& Funktion(const Type& n){             //  const als Return
    // n kann nicht verändert werden
    return n; // ursprüngliches n wird returned
} // manchmal sinnvoll; ziemlich spezifish
```

const und Funktionen

1.
```
void Funktion(const Type& n){                    //  const als Argument
    // n kann nicht verändert werden
} // sehr oft sinnvoll; muss man kennen!
```

2.
```
const Type& Funktion(const Type& n){             //  const als Return
    // n kann nicht verändert werden
    return n; // ursprüngliches n wird returned
} // manchmal sinnvoll; ziemlich spezifish
```

3.
```
void Funktion(Type n) const {                    // const-Funktionen
    // n kann verändert werden
    // nichts in der Klasse, der die Funktion angehört,
    // kann verändert werden. [Klassen wurden noch nicht behandelt]
} // oft sinnvoll; wird vielleict besprochen im Thema "Klassen"
```

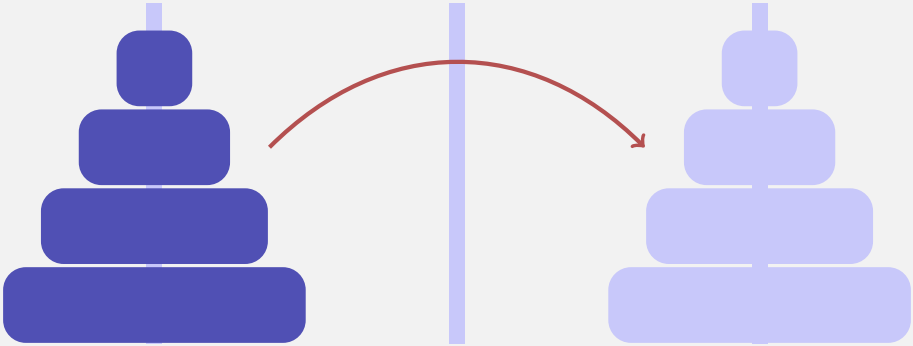
1. Follow-up

1.2. Aufgabe "Towers of Hanoi"

Experiment: Die Türme von Hanoi

Links Mitte Rechts

Experiment: Die Türme von Hanoi

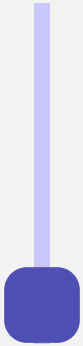


Die Türme von Hanoi - So gehts!

Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - So gehts!

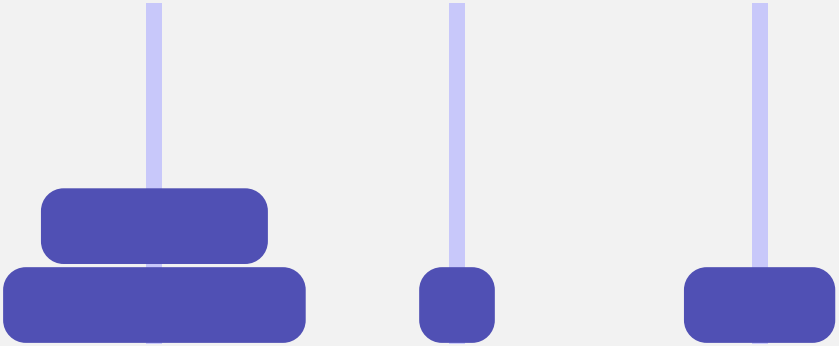
Links



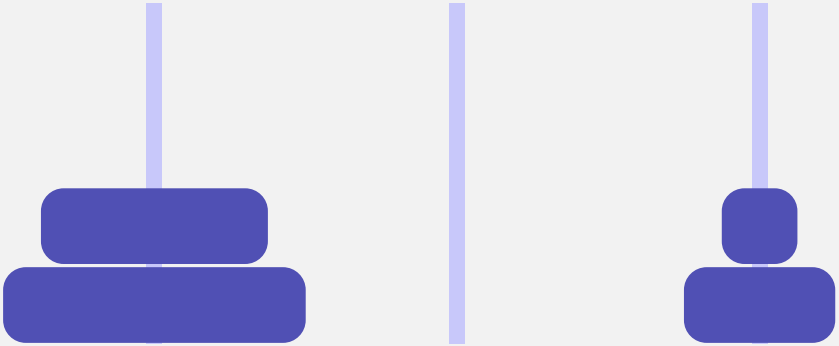
Mitte

Rechts

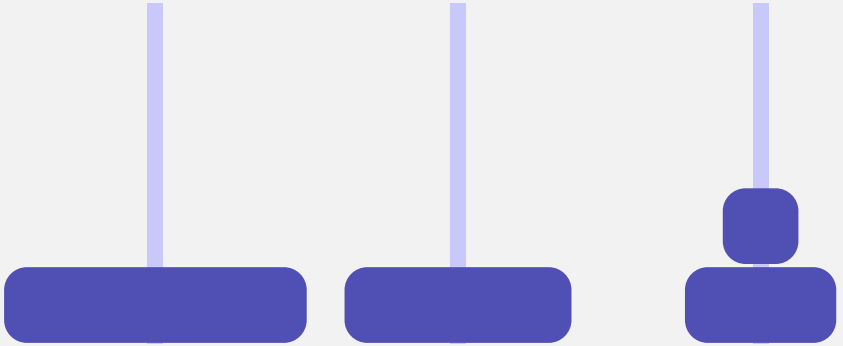
Die Türme von Hanoi - So gehts!



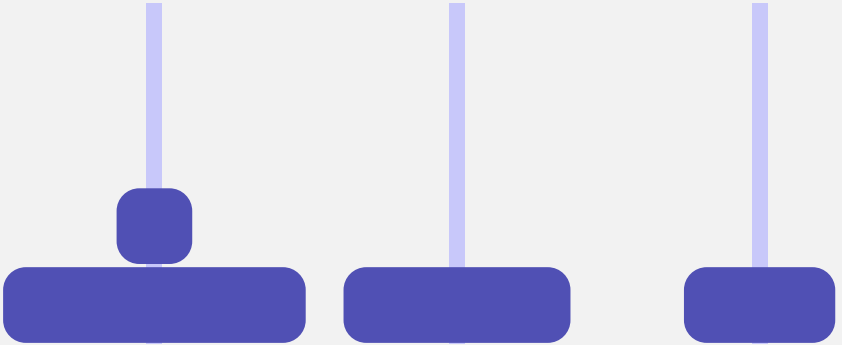
Die Türme von Hanoi - So gehts!



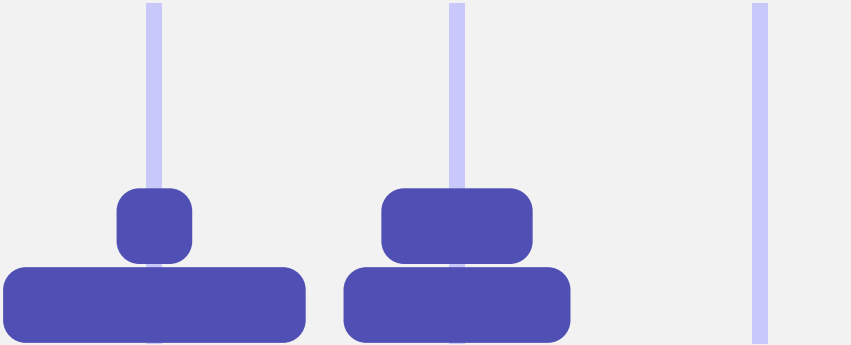
Die Türme von Hanoi - So gehts!



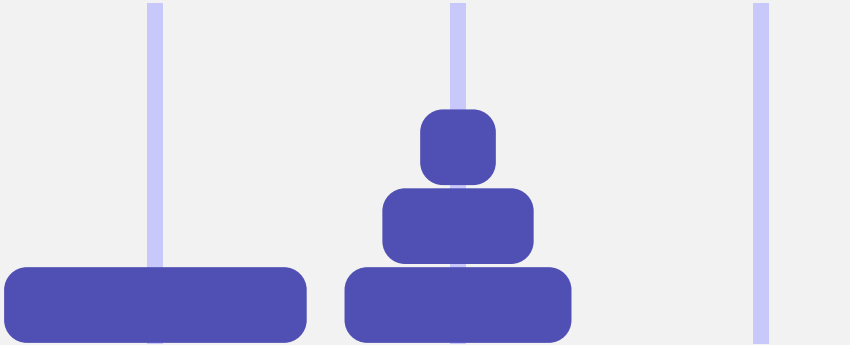
Die Türme von Hanoi - So gehts!



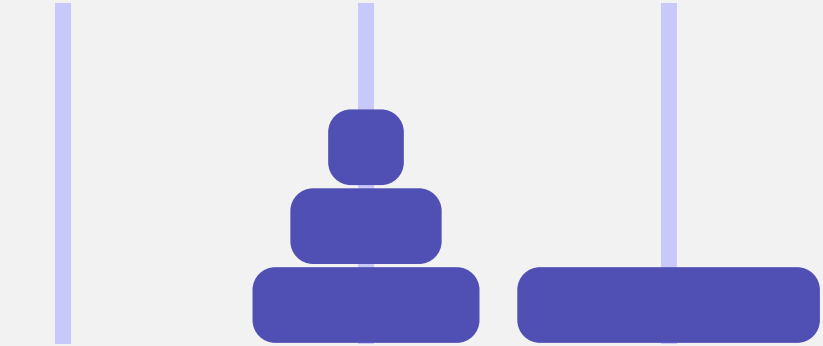
Die Türme von Hanoi - So gehts!



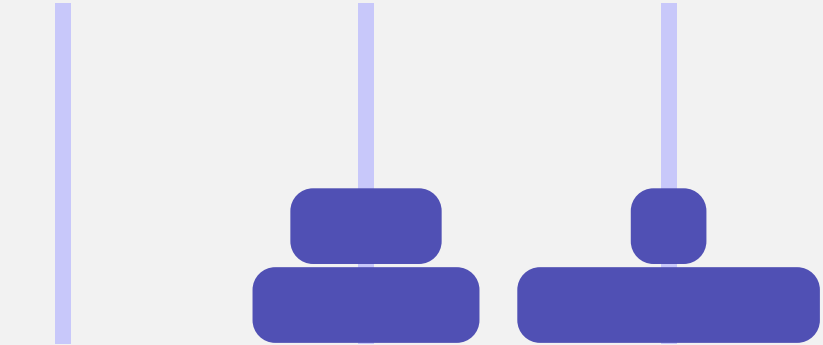
Die Türme von Hanoi - So gehts!



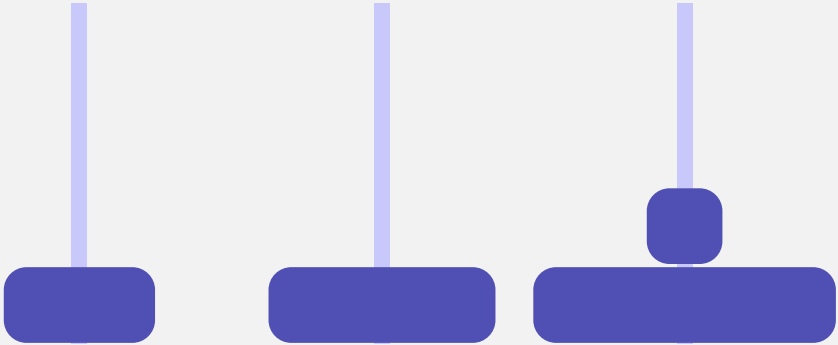
Die Türme von Hanoi - So gehts!



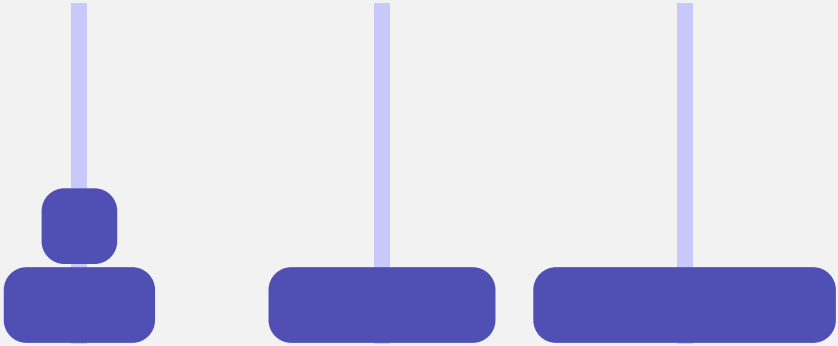
Die Türme von Hanoi - So gehts!



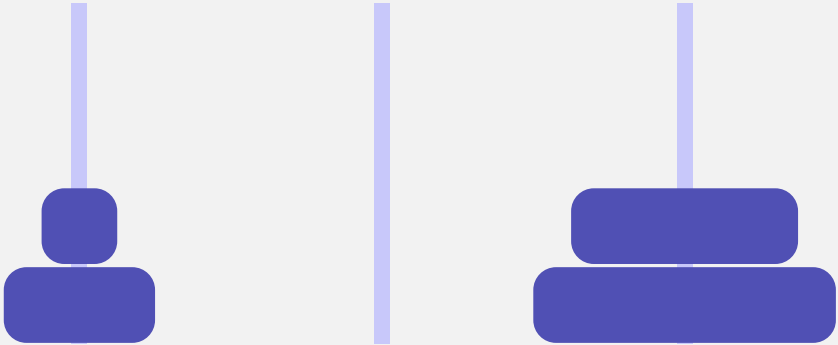
Die Türme von Hanoi - So gehts!



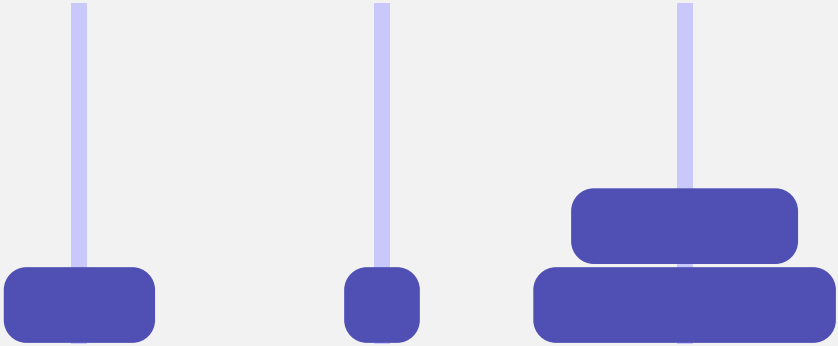
Die Türme von Hanoi - So gehts!



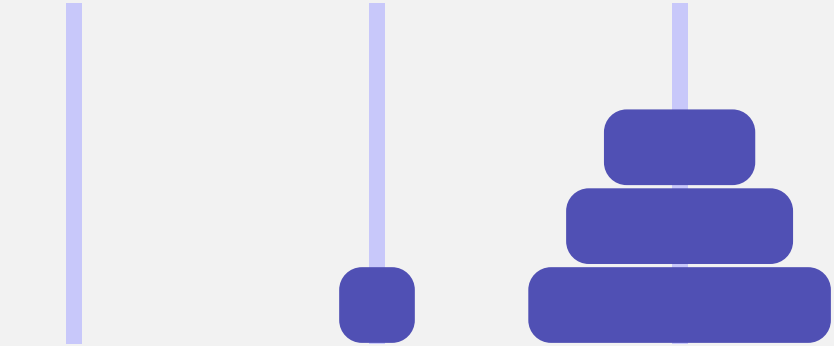
Die Türme von Hanoi - So gehts!



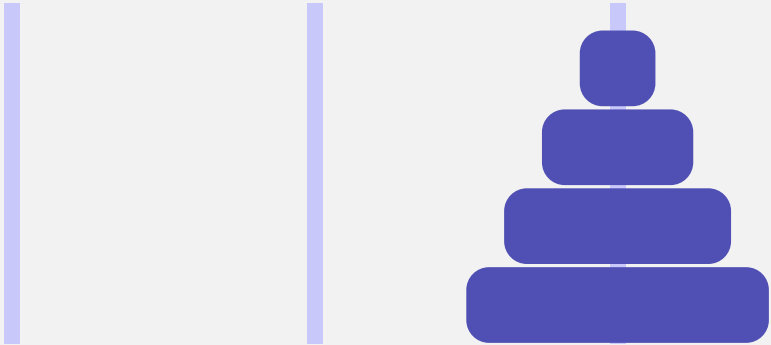
Die Türme von Hanoi - So gehts!



Die Türme von Hanoi - So gehts!



Die Türme von Hanoi - So gehts!

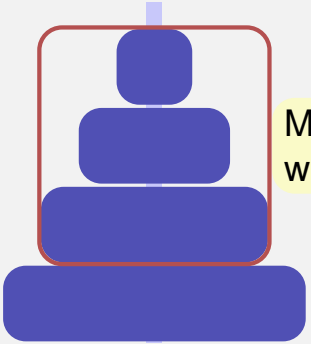


Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

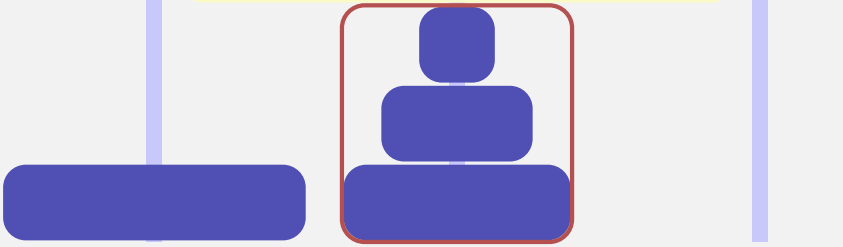


Mal *angenommen*, wir wüssten wie man ...

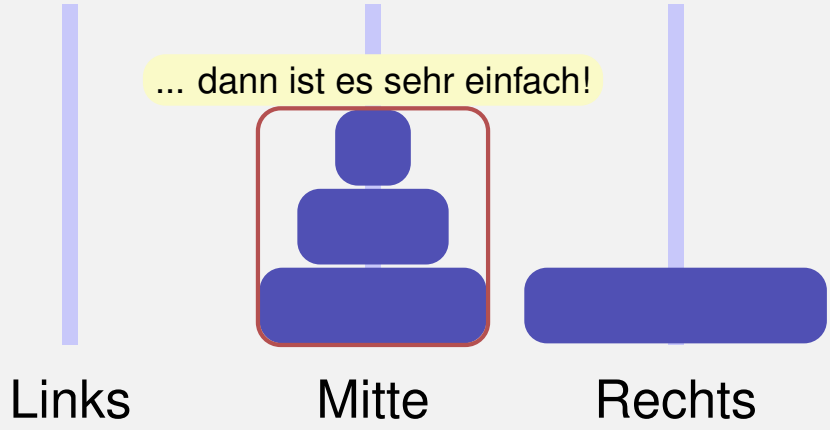
Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

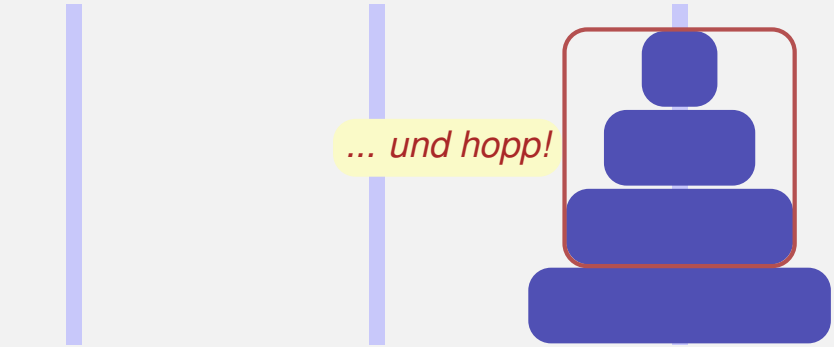
... *drei* Scheiben von einem Stapel zum anderen bringt ...



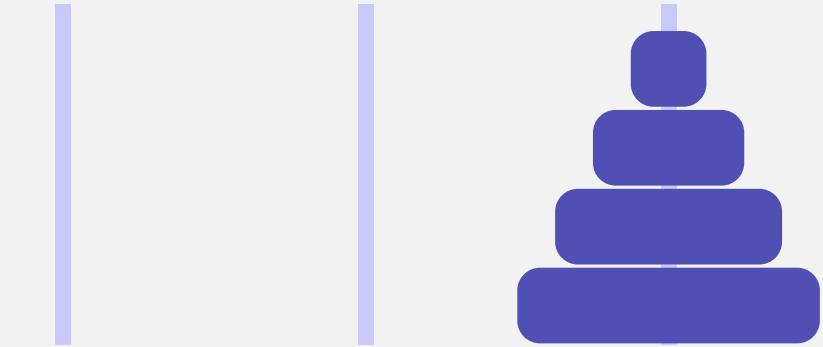
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



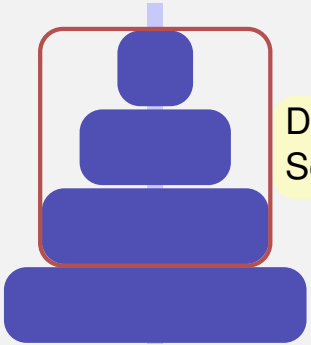
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



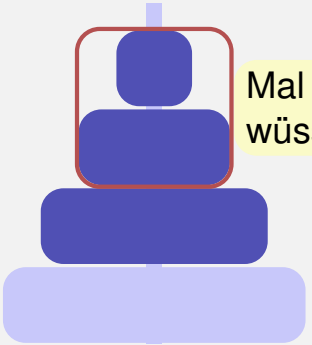
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Doch *wie* können wir drei Scheiben bewegen?

Links Mitte Rechts

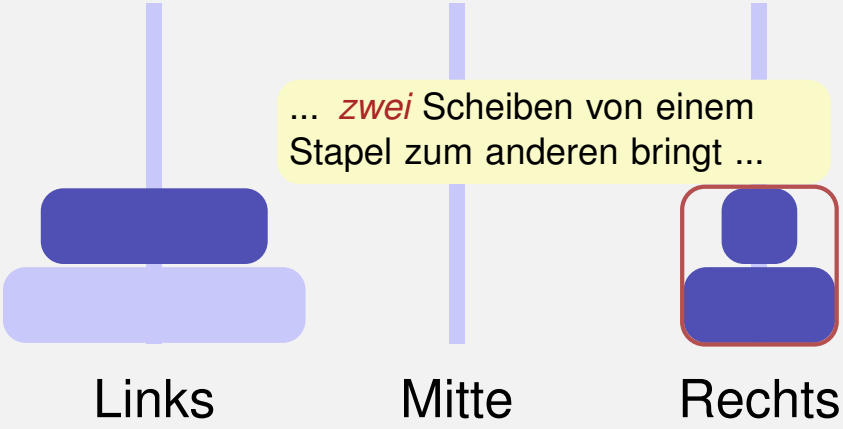
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



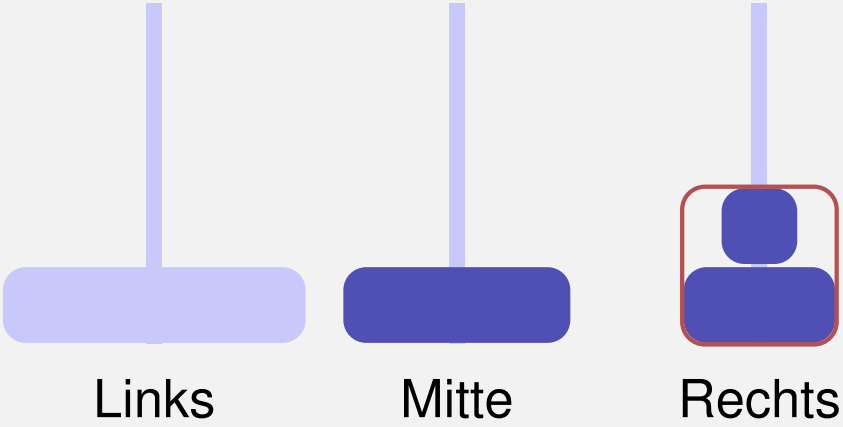
Mal *angenommen*, wir wüssten wie man ...

Links Mitte Rechts

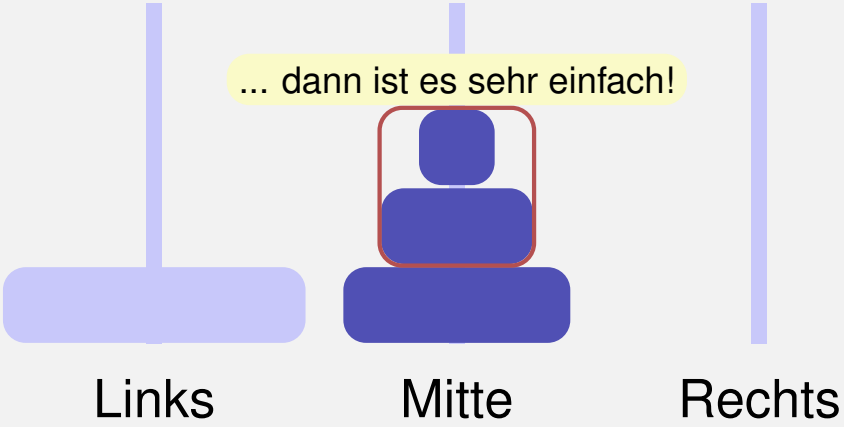
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



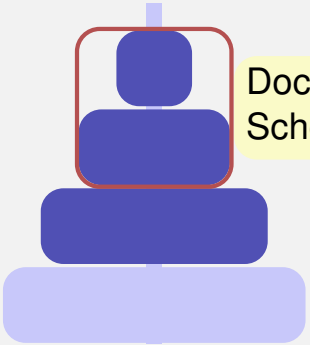
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

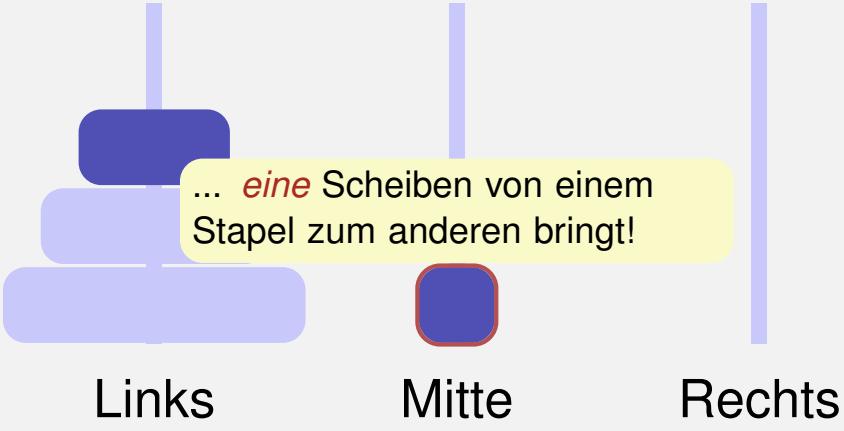


Doch *wie* können wir zwei Scheiben bewegen?

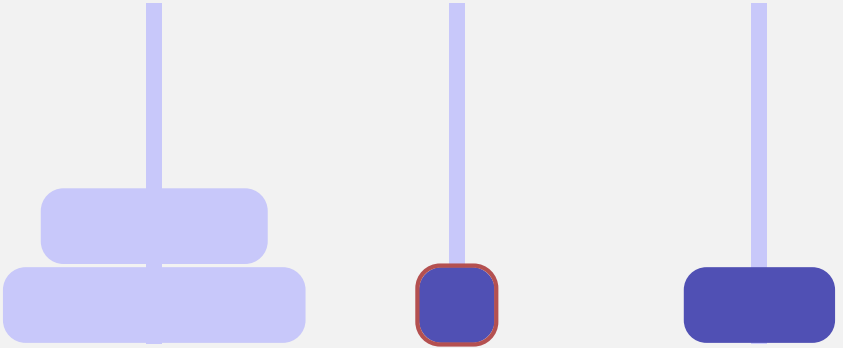
Links Mitte Rechts

Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz

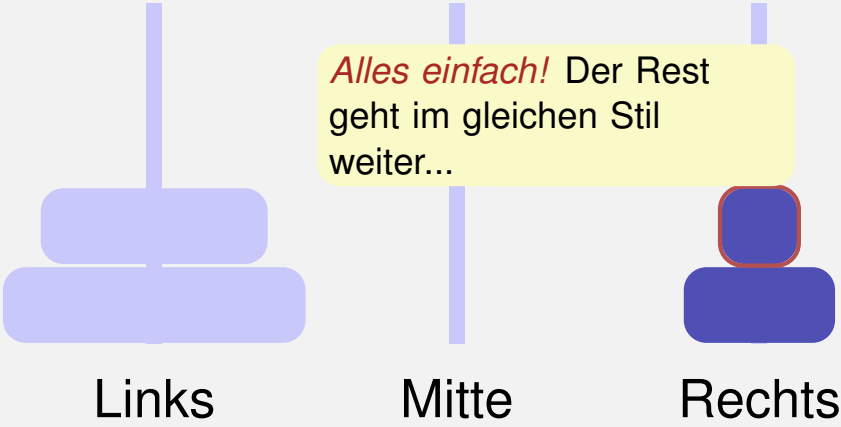
Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



Die Türme von Hanoi - Rekursiver Lösungsansatz



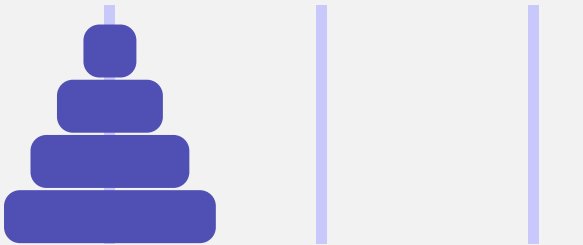
Aufgabe Towers of Hanoi

- Öffnet "Towers of Hanoi" auf **code** expert

Aufgabe Towers of Hanoi

- Öffnet "Towers of Hanoi" auf **code** expert
- Programmiert eine Lösung

Die Türme von Hanoi - Code



Bewege 4 Scheiben von `left` nach `right` mit Hilfsstapel `middle`:

```
move(4,"left","middle","right")
```

Die Türme von Hanoi - Code

move(n**,** src**,** aux**,** dst**)** $\Rightarrow$

1. Bewege die obersten $n-1$ Scheiben von src nach aux mit Hilfsstapel dst:
   move($n-1$**,** src**,** dst**,** aux**);**
2. Bewege 1 Scheibe von src nach dst
   move(1, src**,** aux**,** dst**);**
3. Bewege die obersten $n-1$ Scheiben von aux nach dst mit Hilfsstapel src:
   move($n-1$**,** aux**,** src**,** dst**);**

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case



    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);


    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);
        move(1, src, aux, dst);

    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case (‘move’ the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);
        move(1, src, aux, dst);
        move(n-1, aux, src, dst);
    }
}
```

Die Türme von Hanoi - Code

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    if (n == 1) {
        // base case ('move' the disc)
        std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
    } else {
        // recursive case
        move(n-1, src, dst, aux);
        move(1, src, aux, dst);
        move(n-1, aux, src, dst);
    }
}
int main() {
    move(4, "left", "middle", "right");
    return 0;
}
```

Die Türme von Hanoi - Code Alternative

```
void move(int n, const string &src, const string &aux, const string &dst){
    // base case
    if (n == 0) return;

    // recursive case
    move(n-1, src, dst, aux);
    std::cout << src << " --> " << dst << "\n";
    move(n-1, aux, src, dst);
}


int main() {
    move(4, "left", "middle", "right");
    return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

2. Feedback zu **code** expert

Allgemeines bezüglich **code** expert

Ein paar Vereinfachungen für euren Code[1]

```
if(condition == true){
  // ...
}
```

→

```
if(condition){
  //...
}
```

```
if(condition){
  return true;
} else {
  return false;
}
```

→

```
return condition;
```

in Funktionen, die einen `bool` zurückgeben

[1] Nicht vergessen: Vereinfachungen sind nicht immer besser für die Verständlichkeit

Allgemeines bezüglich **code** expert

Allgemeines bezüglich **code** expert

```
if (condition) {
    // thing
}
else {                  // PFUUUUIII
    // other thing
}
```

Allgemeines bezüglich **code** expert

```
if (condition) {
    // thing
}
else {                    // PFUUUUIII
    // other thing
}
```

Setzt die Klammern nach **else** richtig. Wir programmieren hier kein Python!

```
if (condition) {
    // thing
} else {
    // other thing
}
```

Aufgabe "Pre- and post-conditions"

Aufgabe "Pre- and post-conditions"

```
// PRE n is an integer and larger than 0
// POST gives amount of digits of n
```

Aufgabe "Pre- and post-conditions"

```
// PRE n is an integer and larger than 0
// POST gives amount of digits of n
```

Aligned, präziser, einfacher zu lesen:

```
// PRE:  n > 0
// POST: returns number of digits of n (in decmimal representation)
```

Aufgabe "Fixing Functions"

Aufgabe "Fixing Functions"

- Uninitialisierte Variabeln haben einen unbestimmbaren Wert (oft 0, aber eben nicht immer!)

Aufgabe "Fixing Functions"

- Uninitialisierte Variabeln haben einen unbestimmbaren Wert (oft 0, aber eben nicht immer!)
- Benutzt `asserts` um PREs einzuhalten

Wichtige Änderung bezüglich Feedback

Wichtige Änderung bezüglich Feedback

- Aufgrund zu hoher Auslastung, bekommt man ab heute Feedback nur noch auf Anfrage (ausser ich sehe gerade etwas grundlegend falsches)

Wichtige Änderung bezüglich Feedback

- Aufgrund zu hoher Auslastung, bekommt man ab heute Feedback nur noch auf Anfrage (ausser ich sehe gerade etwas grundlegend falsches)
- Diese "Anfrage" kann folgendermassen aussehen und ist gaaaaanz oben im Code anzubringen

```
// FEEDBACK PLEASE
// - especially regarding lines 12, 13 and 42
// QUESTIONS
// - [re: line 42] I was wondering if [...]
```

Wichtige Änderung bezüglich Feedback

- Aufgrund zu hoher Auslastung, bekommt man ab heute Feedback nur noch auf Anfrage (ausser ich sehe gerade etwas grundlegend falsches)
- Diese "Anfrage" kann folgendermassen aussehen und ist gaaaaanz oben im Code anzubringen

```
// FEEDBACK PLEASE
// - especially regarding lines 12, 13 and 42
// QUESTIONS
// - [re: line 42] I was wondering if [...]
```

- TA-Punkte werden noch immer verteilt

Wichtige Änderung bezüglich Feedback

- Aufgrund zu hoher Auslastung, bekommt man ab heute Feedback nur noch auf Anfrage (ausser ich sehe gerade etwas grundlegend falsches)
- Diese "Anfrage" kann folgendermassen aussehen und ist gaaaaanz oben im Code anzubringen

```
// FEEDBACK PLEASE
// - especially regarding lines 12, 13 and 42
// QUESTIONS
// - [re: line 42] I was wondering if [...]
```

- TA-Punkte werden noch immer verteilt
- Falls irgendwo die XP auf 0 gesetzt werden müssen, wird im Feedback erwähnt sein weshalb

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

3. Lernziele

Ziele für Heute

Lernziele

Ziele für Heute

Lernziele

- ☐ Code, der `struct`s enthält schreiben und verstehen können
- ☐ Code, der Rekursion enthält schreiben und verstehen können

Ziele für Heute

Lernziele

- ☐ Code, der `struct`s enthält schreiben und verstehen können
- ☐ Code, der Rekursion enthält schreiben und verstehen können
- ☐ Durch "Towers of Hanoi" leicht traumatisiert werden

4. Zusammenfassung

5. Structs

Beispiel für Structs

Beispiel für Structs

```
struct strange {
    int n;
    bool b;
    std::vector<int> a = std::vector<int>(0);
};

int main () {
    strange x = {1, true, {1,2,3}};
    strange y = x;                                  // all elements are copied
    std::cout << y.n << " " << y.a[2] << "\n";  // outputs: 1 3
    return 0;
}
```

5. Structs

5.1. Aufgabe "Geometry Exercise"

Aufgabe "Geometry Exercise"

- Öffnet "Geometry Exercise" auf **code** expert

Aufgabe "Geometry Exercise"

- Öffnet "Geometry Exercise" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet

Aufgabe "Geometry Exercise"

- Öffnet "Geometry Exercise" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Zeit für Group Programming!

6. Rekursion

6.1. Aufgabe "Power Set"

Aufgabe "Power Set"

Rekapitulation

- Ein Potenzmenge ist die Menge aller Teilmengen

Aufgabe "Power Set"

Rekapitulation

- Ein Potenzmenge ist die Menge aller Teilmengen

$$\mathcal{P}(S) := \{X \mid X \subseteq S\}$$

Aufgabe "Power Set"

Rekapitulation

- Ein Potenzmenge ist die Menge aller Teilmengen

$$\mathcal{P}(S) := \{X \mid X \subseteq S\}$$

- Beispiel:
  - Gegeben sei die Menge $A = \{a, b, c\}$

Aufgabe "Power Set"

Rekapitulation

- Ein Potenzmenge ist die Menge aller Teilmengen

$$\mathcal{P}(S) := \{X \mid X \subseteq S\}$$

- Beispiel:
  - Gegeben sei die Menge $A = \{a, b, c\}$
  - Die Potenzmenge ist
    $\mathcal{P}(A) = \{\{\}, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}\}$

Einführung zu `set.h`

- `set` ist eine selbstgebastelter Typ! (eine **`class`**)
- Wie funktioniert er? Seht selbst in `set.h`!

```
template <typename T>
class Set {
    public:
    Set(const Set& other);
    // Creates an empty set
    Set();
    // Creates a new set from a set of elements
    Set(const std::set<T>& elements);
    // Creates a new set from a single element
    Set(T element);
    // ...
};
```

Aufgabe Power Set

- Öffnet "Power Set" auf **code** expert

Aufgabe Power Set

- Öffnet "Power Set" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das konzeptionell lösen könnt

Aufgabe Power Set

- Öffnet "Power Set" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das konzeptionell lösen könnt
- Programmiert eine Lösung

Aufgabe Power Set

- Öffnet "Power Set" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das konzeptionell lösen könnt
- Programmiert eine Lösung
- Tipp: Die Funktionalitäten vom Typ `set` findet ihr im `main.cpp`-file
- Mögliche Leitfragen: Für welche (einfachen) Fälle kennen wir die Lösung immer? Gibt es ein Muster, dem die Potenzmengen folgen, wenn ein weiteres Element dazukommt?

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

```
// get power set for remaining subset
```
[2]

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

```
// get power set for remaining subset[2]
```

$$\mathcal{P}(\{b, c, d\}) = \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

```
// get power set for remaining subset
```

[2]

$$\mathcal{P}(\{b, c, d\}) = \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

```
// init result with power set of remaining subset
```

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

```
// get power set for remaining subset[2]
```

$$\mathcal{P}(\{b, c, d\}) = \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

```
// init result with power set of remaining subset
```

$$\texttt{result} \leftarrow \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

```
// get power set for remaining subset[2]
```

$$\mathcal{P}(\{b, c, d\}) = \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

```
// init result with power set of remaining subset
```

$$\texttt{result} \leftarrow \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

```
// add first element to every set in the powerset
```

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Konzeptionell)

Gegeben: $\{a, b, c, d\}$

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets
```

$$\{a\}, \qquad \{b, c, d\}$$

```
// get power set for remaining subset[2]
```

$$\mathcal{P}(\{b, c, d\}) = \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

```
// init result with power set of remaining subset
```

$$\texttt{result} \leftarrow \{\{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots\}$$

```
// add first element to every set in the powerset
```

$$\left\{ \begin{matrix} \{\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{b, c\}, \dots, \\ \{a\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \dots \end{matrix} \right\}$$

[2] Hier kommt der Vertrauensvorschuss der Rekursion (*Recursive Leap of Faith*) zum Tragen

Lösung zu "Power Set" (Basisfall)

Lösung zu "Power Set" (Basisfall)

```
SetOfCharSets power_set(const CharSet& set) {
  // base case: empty set
  if (set.size() == 0) {
    return SetOfCharSets(CharSet());
  }
```

Lösung zu "Power Set"

```
// set has at least 1 element -> split set into two sets.
CharSet first_element_subset = CharSet(set.at(0));
CharSet remaining_subset = set - first_element_subset;

// get power set for remaining subset
SetOfCharSets remaining_subset_power_set = power_set(remaining_subset);

// init result with power set of remaining subset
SetOfCharSets result = remaining_subset_power_set;

// add first element to every set in the powerset
for (unsigned int i = 0; i < remaining_subset_power_set.size(); ++i) {
  result.insert(first_element_subset + remaining_subset_power_set.at(i));
}

return result;
```

Fragen/Unklarheiten?

7. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 09

Adel Gavranović

Structs, Classes, Operator-overloading, Iteratoren

Übersicht

Follow-up
Klassen und Operator-Überladung
Aufgabe "Tribool"
Iteratoren
Aufgabe "Find Max"
Rekursion

n.ethz.ch/~agavranovic

Material

Webpage

Mail

1. Follow-up

Follow-up aus letzter Übungsstunde

- (`ES08::S7 ff.`) Im "die Türme von Hanoi"-Codebeispiel gab es tatsächlich einen Bug beim Autograder falls man den Code falsch implementiert, i.e.

```
if(n == 1){                          // BASE CASE
  std::cout << src << " --> " << dst << std::endl;
  return;
} else {                             // RECURSIVE CASE
  move(n-1, src, dst, aux);
  move(n-1, src, aux, dst);          // <-- difference from MS:
  move(n-1, aux, src, dst);          // "n-1" not just "1"
}
```

ergibt eine falsche Lösung für $n = 3$, aber der Autograder markiert sie als richtig

2. Feedback zu **code** expert

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

3. Lernziele

Ziele

- ☐ eigene Klassen definieren können
- ☐ Operatoren für bereits definierte Klassen überladen können
- ☐ Iteratoren verwenden können

4. Zusammenfassung

5. Klassen und Operator-Überladung

Funktionen voneinander differenzieren

Es ist möglich, dass zwei Funktionen den gleichen Namen haben, solange der Compiler eine andere Möglichkeit hat, sie zu unterscheiden. Die einzigen möglichen Kriterien Funktionen zu unterscheiden sind also:

- Namen der Funktionen
- Anzahl der Funktionsargumente
- Typen der Funktionsargumente

Putting the *Fun* in *Function* I

Wird dies zu einem Compilerfehler führen?

```
int fun1(const int a){
    // ...
}

int fun1(const int a, const int b){
    // ...
}
```

Antwort: Nein, weil die beiden Funktionen unterschiedlich viele Argumente besitzen (1 vs 2)

Putting the *Fun* in *Function* II

Wird dies zu einem Compilerfehler führen?

```
int fun2(const int a){
    // ...
}

int fun2(const float a){
    // ...
}
```

Antwort: Nein, weil die beiden Funktionen unterschiedliche Argumenttypen besitzen (`int` vs `float`)

Putting the *Fun* in *Function* III

Wird dies zu einem Compilerfehler führen?

```
int fun3(const int a){
    // ...
}

int fun3(const int b){
    // ...
}
```

Antwort: Ja, weil die beiden Funktionen sich nicht in der Anzahl oder Typ(en) ihrer Argumente unterscheiden.

Merke: Die Namen der Funktionsparameter sind für den Compiler irrelevant!

Putting the *Fun* in *Function* IV

Wird dies zu einem Compilerfehler führen?

```
int fun4(const int a){
    // ...
}

double fun4(const int a){
    // ...
}
```

Antwort: Ja, weil die beiden Funktionen sich nicht in der Anzahl oder Typ(en) ihrer Argumente unterscheiden.

Merke: Die Wiedergabetypen sind für den Compiler irrelevant!

Putting the *Fun* in *Function* V

Wird dies zu einem Compilerfehler führen?

```
int fun5(const int a){
    // ...
}

int fun6(const int a){
    // ...
}
```

Antwort: Nein, weil die beiden Funktionen unterschiedlich Namen tragen

Genau mein Typ

```
void out(const int i){
  std::cout << i << " (int)\n";
}
void out(const double i){
  std::cout << i << " (double)\n";
}

int main(){
  out(3.5);
  out(2);
  out(2.0);
  out(0);
  out(0.0);
  return 0;
}
```

Wie wird die Ausgabe aussehen?

- 3.5 (double)
- 2 (int)
- 2 (double)
- 0 (int)
- 0 (double)

Fragen/Unklarheiten?

6. Aufgabe "Tribool"

Tribool als Logik-Objekt

NOT(A)

A	¬A
F	T
U	U
T	F

AND(A,B)

A ∧ B		B		
		F	U	T
A	F	F	F	F
	U	F	U	U
	T	F	U	T

OR(A,B)

A ∨ B		B		
		F	U	T
A	F	F	U	T
	U	U	U	T
	T	T	T	T

F = FALSE, U = UNKNOWN, T = TRUE

- Wie könnten wir das in C++ implementieren?
- Welche Operationen und Werte brauchen wir?

Exercise "Tribool"

```
class Tribool {
private:
    // 0 means false, 1 means unknown, 2 means true.
    unsigned int value;  // INV: value in {0, 1, 2}.
public:
    // ...
};
```

Exercise "Tribool"

```
class Tribool {
private:
    // ...
public:
    // Constructor 1 (passing a numerical value)
    // PRE: value in {0, 1, 2}.
    // POST: tribool false if value was 0, unknown if 1, and true if 2.
    Tribool(unsigned int value_int);
    // TODO: add the definition in tribool.cpp

    // Constructor 2 (passing a string value)
    // PRE: value in {"true", "false", "unknown"}.
    // POST: tribool false, true or unknown according to the input.
    // TODO: add declaration here and the definition in tribool.cpp
    // ...
};
```

Exercise "Tribool"

```
class Tribool {
private:
    // ...
public:
    // ...
    // Member function string()
    // POST: Return the value as string
    // TODO: add declaration here and the definition in tribool.cpp

    // Operator && overloading
    // POST: returns this AND other
    // TODO: add declaration here and the definition in tribool.cpp
};
```

Exercise "Tribool"

Wo fangen wir überhaupt an?

1. Erster (`int`) Constructor
2. Zweiter (`std::string`) Constructor
3. Memberfunktion `string()` implementieren
4. Logisches UND als Operatoren implementieren

Wohin mit all dem?

- Deklarationen ins `Tribool.h`
- Definitionen ins `Tribool.cpp`
  - Mit Out-of-Class-Definitionen mittels Scope Resolution Operator (`::`)

Let’s Code (gemeinsam)!

- Öffnet "Tribool" auf **code** expert
- Wir machen eine live Coding-Session

Exercise "Tribool" Konzepte

Folgenden Konzepten und Keywords sind wir beim Lösen dieser Aufgabe begegnet:

- Classes und Structs
- Visibility
- Operator Overloading
- Deklaration vs Definition
- Out-of-Class-Definitionen
- `const` Funktionen
- Konstruktoren ("C-tors")
- Member Initializer Lists
- …

Fragen/Unklarheiten?

7. Iteratoren

Was sind Iteratoren überhaupt?

- Iteratoren werden verwendet, um durch Elemente in einem Container zu iterieren
- Und was sind Container?
  - Container sind Objekte, die zum Speichern von Sammlungen von Elementen verwendet werden
  - Zu den gängigen C++-Containern gehören:
    - `std::vector`
    - `std::set`
    - `std::list`
  - Eine vollständige Liste der Container der C++-Standardbibliothek ist hier zu finden,[1] aber die meisten sich für uns nicht relevant

[1] `https://en.cppreference.com/w/cpp/container`

Iteratoren auf Containern verwenden

Sehr einfach und absichtlich immer gleich!

Gegeben sei ein Container names `C`

- `auto`[2] `it = C.begin()`
  Iterator, der auf das erste Element zeigt
- `auto it = C.end()`
  Iterator, der auf das Element *hinter dem letzten Element* zeigt[3]
- `*it`
  Zugriff (und eventuell Änderung) auf das aktuelle Element
- `++it`
  Iterator um ein Element weitersetzen

[2] Sehr nützlich für unhandliche Wiedergabetypen
[3] PTE: Past-the-End

8. Aufgabe "Find Max"

Aufgabe "Find Max"

```cpp
// PRE:  i < j <= v.size()
// POST: Returns the greatest element of all elements
//       with indices between i and j (excluding j)
int find_max(const std::vector<int>& v, int i, int j) {
  int max_value = 0;

  for (; i < j; ++i) {
    if (max_value < v[i]) {
      max_value = v[i];
    }
  }

  return max_value;
}
```

Aufgabe "Find Max"

- Öffnet "Find Max" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "Find Max" (Lösung)

```cpp
// PRE:  (begin < end) && (begin and end must be valid iterators)
// POST: Return the greatest element in the range [begin, end)
int find_max(std::vector<int>::iterator begin,
             std::vector<int>::iterator end) {
  int max_value = 0;

  for(; begin != end; ++begin) {
    if (max_value < *begin) {
      max_value = *begin;
    }
  }

  return max_value;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

Die `algorithm` Library

- Sicherlich hat jemand Schlaueres bereits alle gängigen Algorithmen für uns implementiert, oder?
- Ja! Die `algorithm`-Library!
- Diese Funktionen sind so konzipiert, dass sie mit verschiedenen Containern wie Vektoren, Arrays, Listen usw. arbeiten und dabei helfen, Aufgaben effizient auszuführen, ohne dass die Algorihmen jedes mal von Grund auf neu geschrieben werden müssen
- Nicht vergessen: `#include <algorithm>`

Aufgabe "The algorithm Library"

- Öffnet "The algorithm Library" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "The algorithm Library" (Lösung)

```
// ...

int largest_element = *std::max_element(vec.begin(), vec.end());

// ...

std::sort(vec.begin(), vec.end());

// ...
```

Fragen/Unklarheiten?

9. Rekursion

Aufgabe "Recursion to Iteration 1"

- Öffnet "Recursion to Iteration 1" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "Recursion to Iteration 1" (Lösung)

```
// PRE: n >= 0
int f_it(const int n) {
  if (n <= 2) {
    return 1;
  }
  int a = 1;                          // f(0)
  int b = 1;                          // f(1)
  int c = 1;                          // f(2)
  for (int i = 3; i < n; ++i) {
    const int a_prev = a;             // f(i-3)
    a = b;                            // f(i-2)
    b = c;                            // f(i-1)
    c = b + 2 * a_prev;               // f(i)
  }
  return c + 2 * a;                   // f(n-1) + 2 * f(n-3)
}
```

Aufgabe "Recursion to Iteration 2"

- Öffnet "Recursion to Iteration 2" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "Recursion to Iteration 2" (Lösung)

```cpp
// PRE: n >= 0
int f_it(const int n) {
  if (n == 0) {   // special case
    return 1;
  }

  std::vector<int> f_values(n+1, 0);
  f_values[0] = 1;

  for (int i = 1; i <= n; ++i) {
    f_values[i] = f_values[i-1] + 2 * f_values[i / 2];
  }

  return f_values[n];
}
```

Fragen/Unklarheiten?

10. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Übungsstunde — Informatik — 10

Adel Gavranović

Pointer-relevante Operatoren, Referenzen vs. Pointer, Iteratoren, `this->`, dynamischer Speicher

Übersicht

Follow-up
`&` vs `*`
Referenzen vs Pointer
`this->`
Dynamische Datenstrukturen & Iteratoren
- `Our_list` Grundmaterial
- `Our_list` Bonusmaterial

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material

Webpage

Mail

1. Follow-up

Anzahl Argumente für überladene Operatoren

Letzte Übungsstunde was ich überrascht, dass overloaded operators nur einen Input benötigen. Jetzt weiss ich wieso!

```
Tribool Tribool::operator&&(const Tribool& other) const {
    Tribool result(std::min(value, other.value));
    return result;
}
```

Folgendes ist equivalent:

```
Tribool A("True"), B("Unknown");
Tribool C = A && B;              // infix notation
// Equivalent to
Tribool D = A.operator&&(B);     // explicit member funtion notation
```

Non-member Funktionen brauchen noch immer beide Objekte als Input!

Ranged `for`-loops

Letzte Übungsstunde habe ich einen Fehler beim Erklären der "Ranged `for`-loops" gemacht — Bitte entschuldigt die Verwirring.

```cpp
std::vector<int> numbers = {1, 2, 3, 4, 5};

for (int i : numbers) {
    std::cout << (i += 1) << " ";
}

std::cout << "| ";

for (int i : numbers) {
    std::cout << i << " ";
}
```

Was wird hier der Output sein? `2 3 4 5 6 | 1 2 3 4 5`

Ranged `for`-loops mit Referenzen

Die Elemente im Container werden also "direkt" verfügbar gemacht, also keine Iteratoren nötig!

```
std::vector<int> numbers = {1, 2, 3, 4, 5};

for (int& i : numbers) {                // referenced (&) this time!
    std::cout << (i += 1) << " ";
}

std::cout << "| ";

for (int i : numbers) {
    std::cout << i << " ";
}
```

Was wird hier der Output sein? 2 3 4 5 6 | 2 3 4 5 6

Fragen/Unklarheiten?

2. Feedback zu **code** expert

Allgemeines bezüglich **code** expert

Aufgabe "Recursive Function Analysis"

- Achtet auf die Details!

Musterlösung für Teil 1

```
bool f(const int n) {
  if (n == 0) return false;
  return !f(n - 1);
}
```

Musterlösung

i)
```
// PRE:  n >= 0
// POST: returns `false` if n is even
//       returns `true`  if n is odd
```

ii) he function `f` immediately terminates for `n == 0`. With each recursive call `n` is decremented, i.e., `f` is called with parameter $<$`n`, eventually reaching `n == 0` (at which point it terminates — as mentioned above).

iii) $\text{Calls}_f(n) = n + 1$ (including first non-rec. call)

Musterlösung für Teil 2

```
void g(const int n) {
  if (n == 0) {
    std::cout << "*"; return;
  }
  g(n - 1); g(n - 1);
}
```

Musterlösung

i)
```
// PRE:  n >= 0
// POST: prints 2^n stars to std::out
```

ii) The function `g` immediately terminates for `n == 0`. With each recursive call `n` is decremented, i.e., `g` is called with parameter $< n$, eventually reaching `n == 0`. This is true for both recursive calls of `g`.

iii) $\text{Calls}_g(n) = \sum_{i=0}^{n} 2^i = 2^{n+1} - 1$ (including first non-rec. call)

Fragen bezüglich **code** expert eurerseits?

3. Lernziele

Ziele

- ☐ Unterschiede zwischen Pointern und Referenzen verstehen
- ☐ Programme mit Pointern tracen und schreiben können
- ☐ Programme mit dynamischem Speicher schreiben können
- ☐ Simple Container implementieren können

4. Zusammenfassung

5. & vs *

Bedeutungen von `&`

Das Symbol `&` hat in C++ viele Bedeutungen. Das ist verwirrend.
Es hat *3 verschiedene Bedeutungen*, je nach Position im Code:

Bedeutung von `&`

1. als AND-operator
   ```
   bool z = x && y;
   ```
2. um eine Variable als Alias zu deklarieren
   ```
   int& y = x;
   ```
3. um die Adresse einer Variable zu erhalten (address-operator)
   ```
   int *ptr_a = &a;
   ```

Bedeutungen von $*$

Dito mit dem Symbol $*$.

Bedeutung von $*$

1. als (arithmetischer) Multiplikation-operator
   ```
   z = x * y;
   ```
2. um eine Pointer-Variable zu deklarieren
   ```
   int* ptr_a = &a;
   ```
3. um auf eine Variable via ihrem Pointer zuzugreifen (dereference-operator)
   ```
   int a = *ptr_a;
   ```

Fragen/Unklarheiten?

6. Referenzen vs Pointer

Pointer Basics

Versucht, folgendes Programm[1] detailiert zu tracen

```c
int main() {

    int a = 5;
    int* x = &a;
    *x = 6;

    return 0;
}
```

[1] Vollständiger Trace hier

References

```
void references(){
    int  a = 1;
    int  b = 2;
    int& x = a;
    int& y = x;
    y = b;

    std::cout
    << a << " "
    << b << " "
    << x << " "
    << y << std::endl;
}
```

Trace das Programm und schreibe den erwarteten Output hin, wenn die Funktion aufgerufen wurde

```
2 2 2 2
```

Pointers

```
void pointers(){
    int  a = 1;
    int  b = 2;
    int* x = &a;
    int* y = x;


    std::cout
    << a << " "
    << b << " "
    << x << " "
    << y << std::endl;
}
```

Trace das Programm und schreibe den erwarteten Output hin, wenn die Funktion aufgerufen wurde

```
1 2 0x7ffe4d1fb904 0x7ffe4d1fb904
```

(Die Adressen könnten bei jedem Aufruf anders sein!)

Pointers and Addresses

```
void ptrs_and_addresses(){
    int  a = 5;
    int  b = 7;

    int* x = nullptr;
    x = &a;

    std::cout << a << "\n";
    std::cout << *x << "\n";

    std::cout << x << "\n";
    std::cout << &a << "\n";
}
```

Trace das Programm und schreibe den erwarteten Output hin, wenn die Funktion aufgerufen wurde

```
5
5
0x7ffe4d1fb914
0x7ffe4d1fb914
```

(Die Adressen könnten bei jedem Aufruf anders sein!)

Fragen/Unklarheiten?

7. this->

Was zum f*&k ist `this->`?

Bedeutung von `this->`

`this->` hat zwei Teile

- `this`
  - ist ein Pointer zum *aktuellen* Objekt (Class oder Struct `T`)
  - also vom Typ `T*`
- `->`
  - ist ein sehr cool aussehender Operator
  - `this->member_element` ist äquivalent zu `*(this).member_element`
  - Der Pfeil-Operator dereferenziert einen Pointer zu einem Objekt, um auf einen seiner Members zuzugreifen (Funktionen oder Variablen)

Beispiel

Wofür wird `this` hier benutzt?

```
struct WeirdNumber {

    int number;

    void increment_by(int number){
        (*this).number = (*this).number + number;
        // or
        // this->number = this->number + number;
    }
};
```

Um die beiden gleichnamigen Variablen `number` zu unterscheinden

Beispiel

```
int main(){

    WeirdNumber a = {42};
    WeirdNumber b = {-17};

    a.increment_by(3);
    // 'this' in the call of the increment_by function
    // refers to the object a.
    b.increment_by(2);
    // 'this' in the call of the increment_by function
    // refers to the object b.

    std::cout << a.number << " " << b.number << std::endl;

    return 0;
}
```

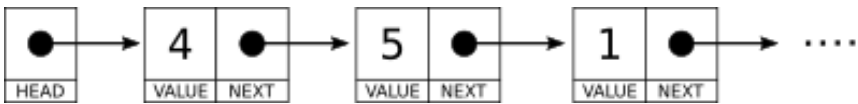
8. Dynamische Datenstrukturen & Iteratoren

8. Dynamische Datenstrukturen & Iteratoren

8.1. `Our_list` Grundmaterial

our_list

Wir implementieren unsere eigene Linked-List (zumindest Teile davon)



- Eine Liste besteht aus "Blöcken" von `lnodes`, wobei eine `lnode` immer auf die nächste zeigt
- Aber was ist überhaupt eine `lnode`?
- Antwort: ein Struct, das aus einem `int value` und einem `lnode` pointer besteht

our_list

Erste Aufgabe: Implementiere einen Constructor, der eine neue Liste mit Iteratoren initialisiert

- Wir wollen schreiben können: `our_list my_list(begin, end);`
- Idee: Benutze die Iteratoren, um neue `lnodes` in die Liste hinzuzufügen
- Wie können wir auf die verschiedenen Elemente zugreifen?
  - Zugriff auf Wert der `lnode`, auf die der Iterator zeigt:

    ```
    *it
    ```

  - Nächste `lnode` in der Folge:

    ```
    node->next
    ```

  - Pointer zu neuer `lnode` erstellen::

    ```
    new lnode{value, pointer}
    ```

    Denkt daran: `new T` gibt einen `T*` zurück

our_list: class our_list

```
class our_list {

        struct lnode {
            // ...
        };

        lnode* head;

    public:

        class const_iterator {
            // ...
      };

      // member functions
};
```

our_list: struct lnode

```
//                          in class our_list                          //
struct lnode {
    int value;
    lnode* next;
};
```

our_list: const_iterator

```
//                          in class our_list                          //
class const_iterator {
        const lnode* node;
    public:
        const_iterator(const lnode* const n);
        // PRE: Iterator doesn't point to the element beyond the last one
        // POST: Iterator points to the next element
        const_iterator& operator++(); // Pre-increment
        // POST: Return the reference to the number at which the
        //       iterator is currently pointing
        const int& operator*() const;
        // True if iterators are pointing to different elements
        bool operator!=(const const_iterator& other) const;
        // True if iterators are pointing to the same element
        bool operator==(const const_iterator& other) const;
};
```

our_list: Memberfunktionen

```
//                          in class our_list                          //
our_list();

// PRE: begin and end are iterators pointing to the same vector
//      and begin is before end
// POST: Constructed our_list contains all elements between begin and end
our_list(const_iterator begin, const_iterator end);

// POST: e is appended at the beginning of the vector
void push_front(int e);

// POST: Returns an iterator that points to the first element
const_iterator begin() const;

// POST: Returns an iterator that points after the last element
const_iterator end() const;
```

Aufgabe "`our_list::init`"

- Öffnet "`our_list::init`" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "our_list::init" (Lösung)

```
our_list::our_list(our_list::const_iterator begin,
                   our_list::const_iterator end)   {
    this->head = nullptr;
    if (begin == end) {
        return;
    }
    // add first element
    our_list::const_iterator it = begin;
    this->head = new lnode { *it, nullptr };
    ++it;
    lnode *node = this->head;
    // add remaining elements
    for (; it != end; ++it) {
        node->next = new lnode { *it, nullptr };
        node = node->next;
    }
}
```

Fragen/Unklarheiten?

our_list

Zweite Aufgabe: Implementiere eine Funktion der Class "`our_list`", die eine Node mit der nächsten tauscht

- Ihr könnt eine recht ähnliche Herangehensweise wie bei anderen Swap-Funktionen benutzen (also mit einer temporären Variable `tmp`)
- Aber:
  - Benutzt Pointer
  - Was passiert im Fall "0" (wenn der Head Pointer getauscht werden soll)?
  - Wie könnt ihr vermeiden, dass nicht plötzlich auf unerlaubten Speicher zugegriffen wird?

Aufgabe "`our_list::swap`"

- Öffnet "`our_list::swap`" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "`our_list::swap`" (Lösung)

```
void our_list::swap(int index) {

  if (index == 0) {

    assert(this->head != nullptr);
    assert(this->head->next != nullptr);

    lnode* tmp = this->head->next;
    this->head->next = this->head->next->next;
    tmp->next = this->head;
    this->head = tmp;

  } else {/* ... */}
```

Aufgabe "`our_list::swap`" (Lösung)

```
else {  lnode* prev = nullptr;
        lnode* curr = this->head;

        while (index > 0) {                  // Find the element
          prev = curr;
          curr = curr->next;
          --index;
        }

        assert(curr != nullptr);
        assert(curr->next != nullptr);

        lnode* tmp = curr->next;             // Swap with the next one
        curr->next = curr->next->next;
        tmp->next = curr;
        prev->next = tmp;                   }}// two '}' to close function
```

Fragen/Unklarheiten?

8.2. `Our_list` Bonusmaterial

Aufgabe "`our_list::extend`"

- Öffnet "`our_list::extend`" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "`our_list::extend`" (Lösung)

```
void our_list::extend(our_list::const_iterator begin,
                      our_list::const_iterator end) {
  if (begin == end) { return; }
  our_list::const_iterator it = begin;
  if (this->head == nullptr) {
    this->head = new lnode { *it, nullptr };
    ++it;
  }
  lnode *n = this->head;
  while (n->next != nullptr) {
    n = n->next;
  }
  for (; it != end; ++it) {
    n->next = new lnode { *it, nullptr };
    n = n->next;
  }
}
```

Fragen/Unklarheiten?

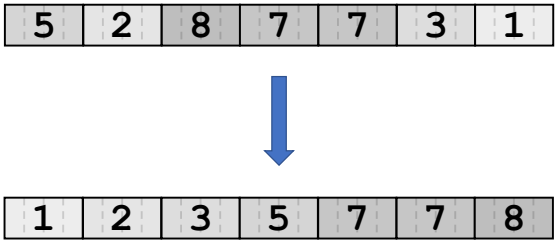
Aufgabe "`our_list::merge_sorted`" (Schwierig)

Falls all diese Klassen, Pointers und dynamischen Datenzuweisungen nicht schon schwierig genug für euch waren, lasst uns auch noch Rekursion dazunehmen!

Merge-Sort

Merge-Sort

- Goal: Sort an **arbitrary** array as **quickly** as possible.

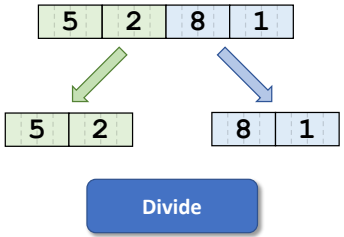


Merge-Sort

- Idea: **Divide and Conquer**

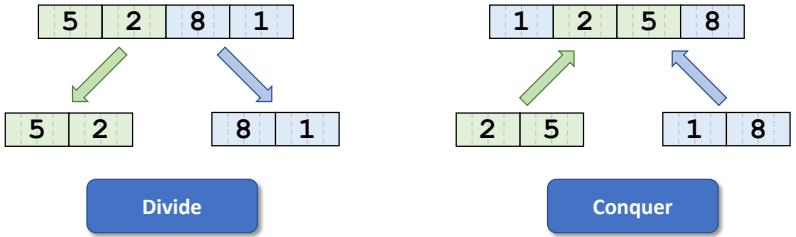
Merge-Sort

- Idea: **Divide and Conquer**
  1. Split whole array into two parts. (**Divide**)



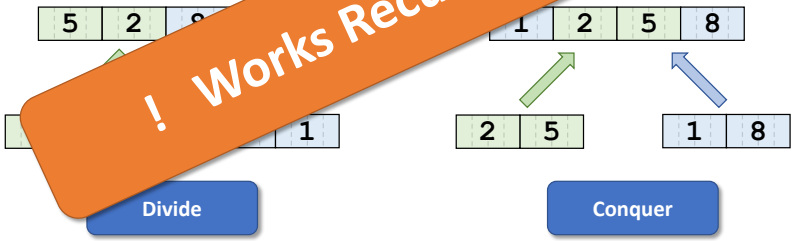
Merge-Sort

- Idea: **Divide and Conquer**
  1. Split whole array into two parts. (**Divide**)
  2. Then sort these and combine them. (**Conquer**)



Merge-Sort

- Idea: **Divide and Conquer**
  1. Split whole array into two parts. (**Divi**
  2. Then sort these and combine th



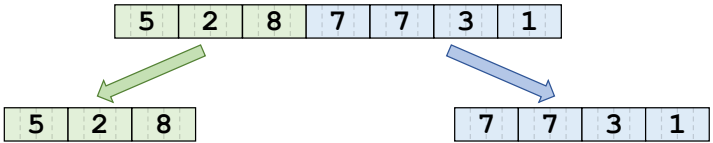
! Works Recursively !

Merge-Sort

- Divide:

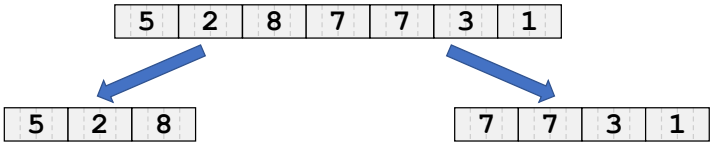
Merge-Sort

- Divide:



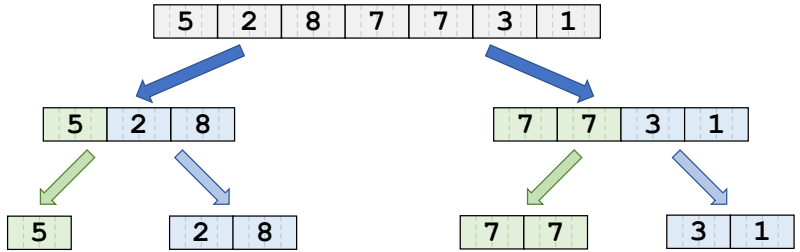
Merge-Sort

- Divide:



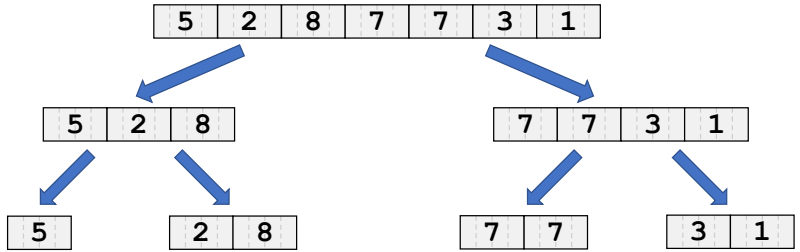
Merge-Sort

- Divide:



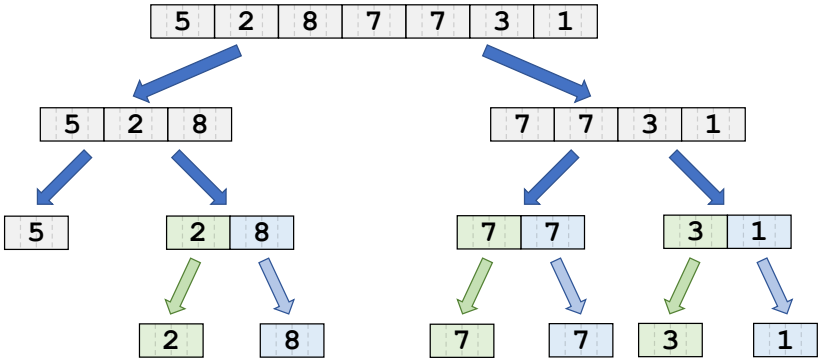
Merge-Sort

- Divide:



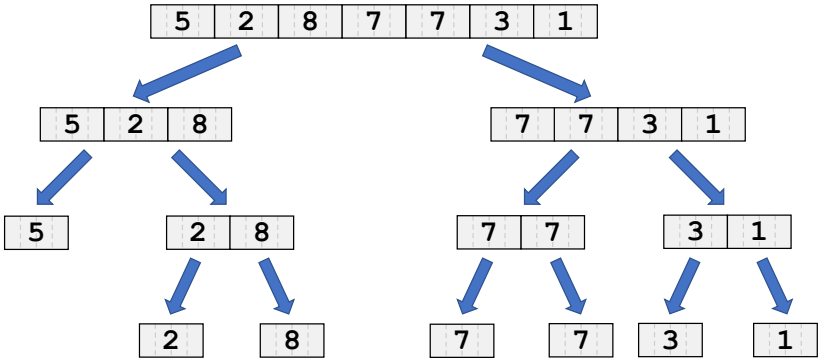
Merge-Sort

- Divide:



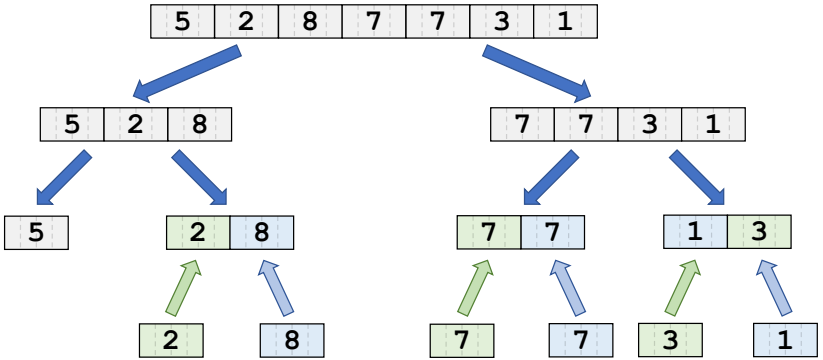
Merge-Sort

- Divide:



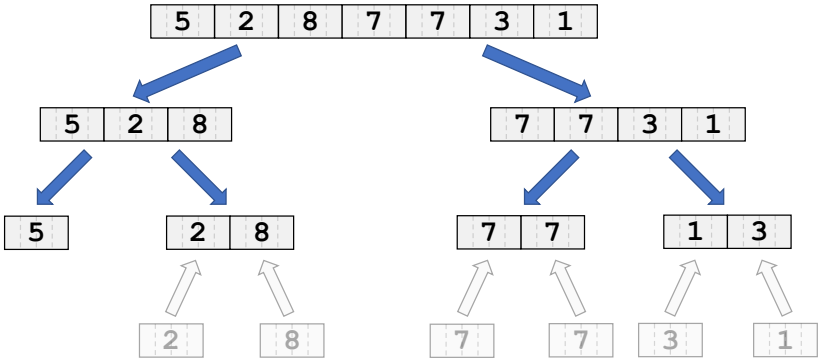
Merge-Sort

- Conquer:



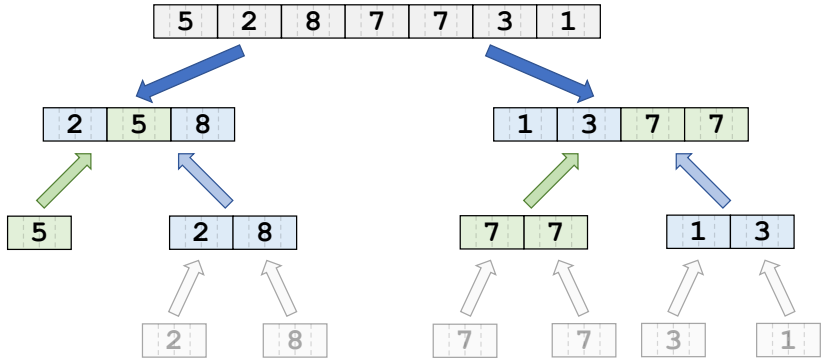
Merge-Sort

- Conquer:



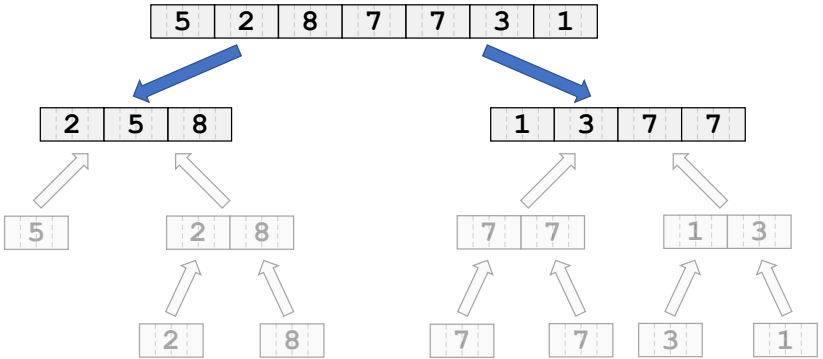
Merge-Sort

- Conquer:



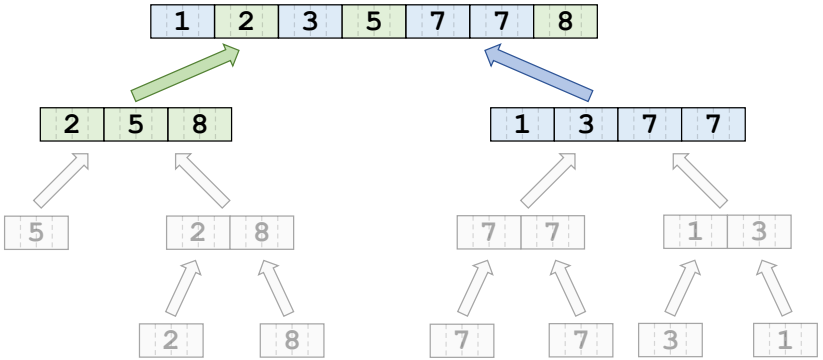
Merge-Sort

- Conquer:



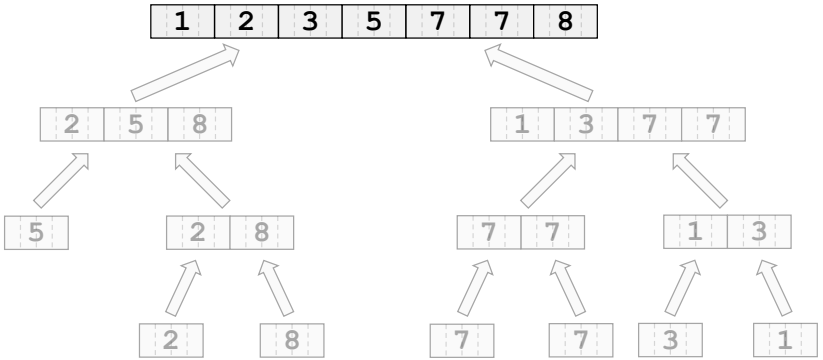
Merge-Sort

- Conquer:



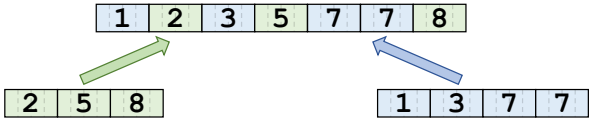
Merge-Sort

- Conquer:



Merge-Step

- How does

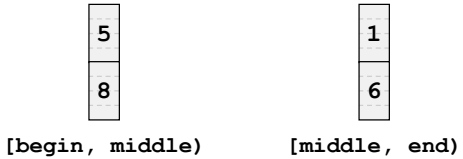


work?

- Card-player's trick:
  Remove smaller «top card» (see next slides)

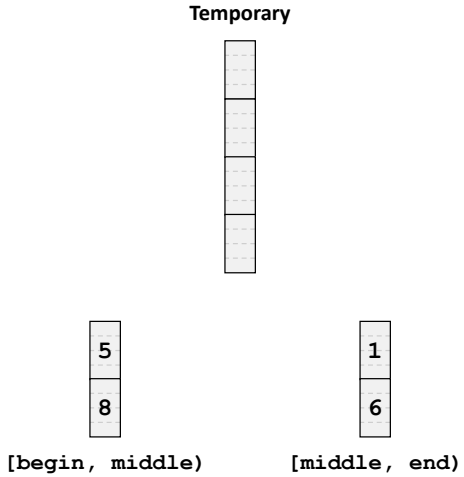
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



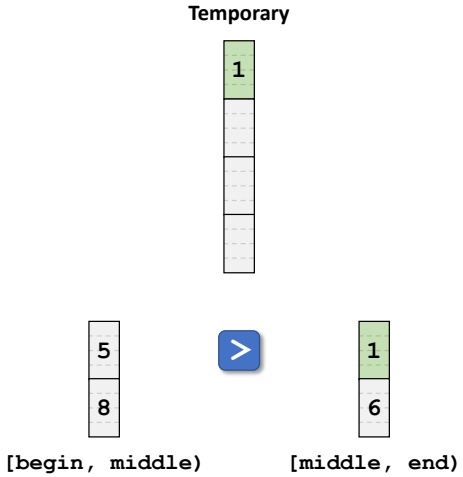
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



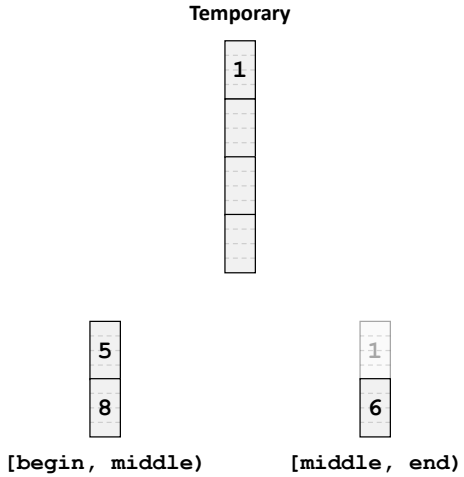
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



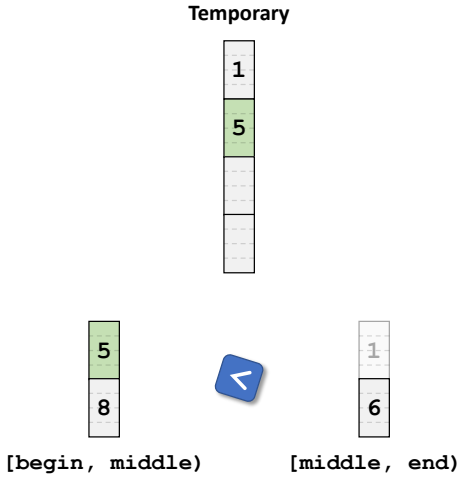
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



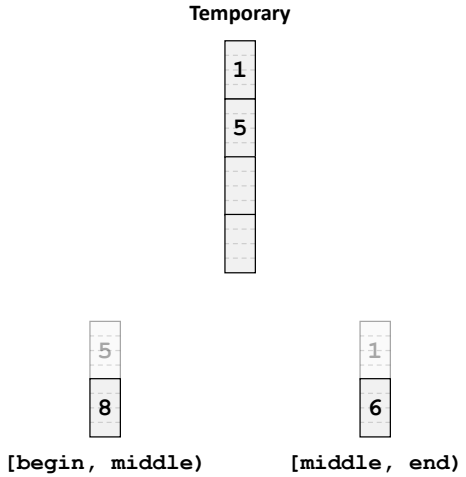
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



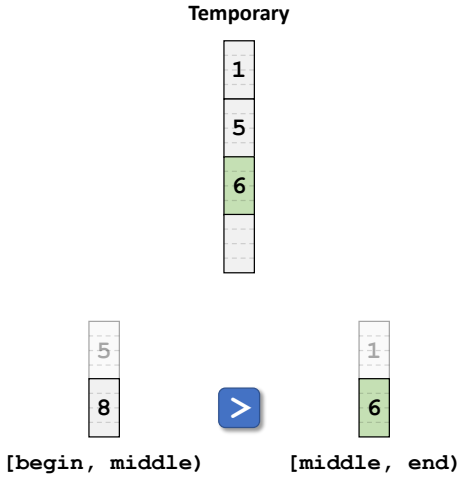
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



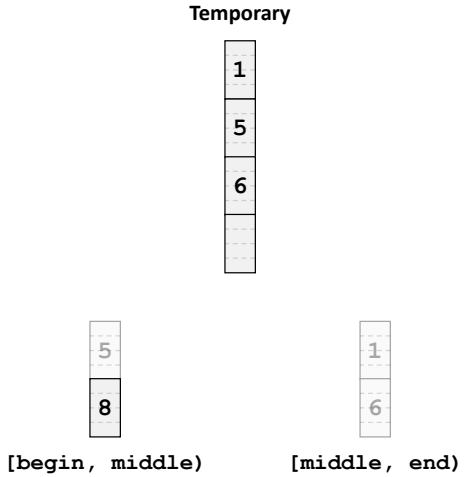
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



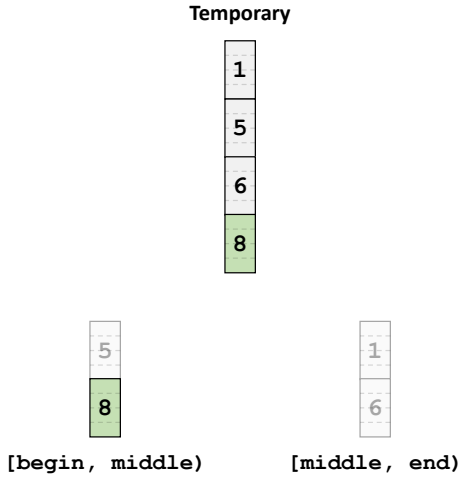
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



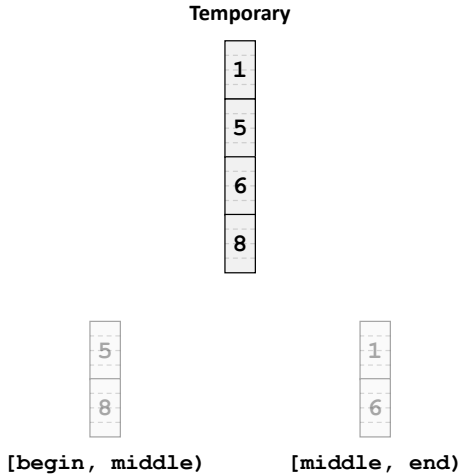
Merge-Sort – Exercise 1

- Idea:



Merge-Sort – Exercise 1

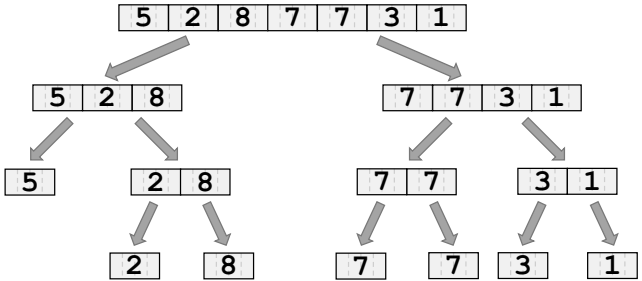
- Idea:



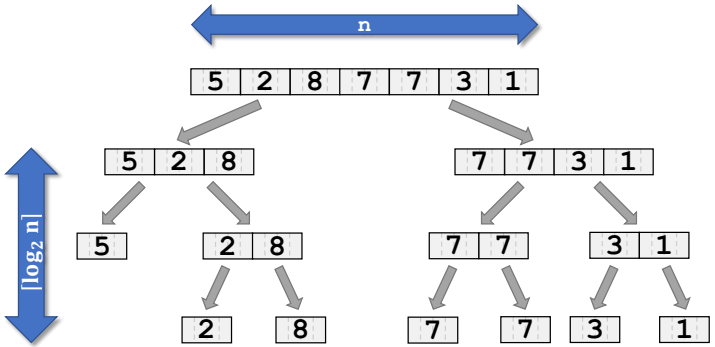
Runtime

(Intuition)

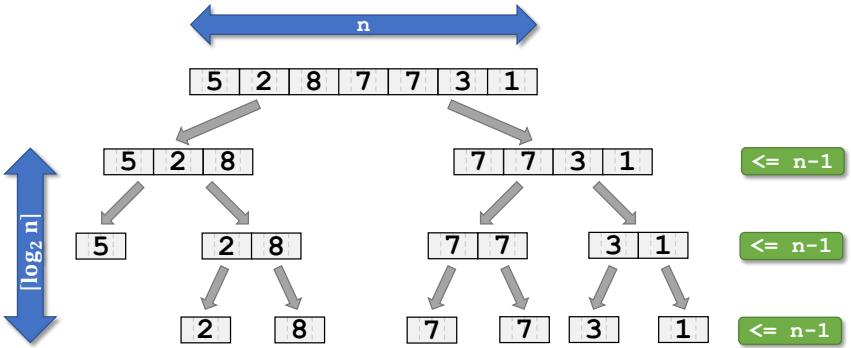
Alternative Proof



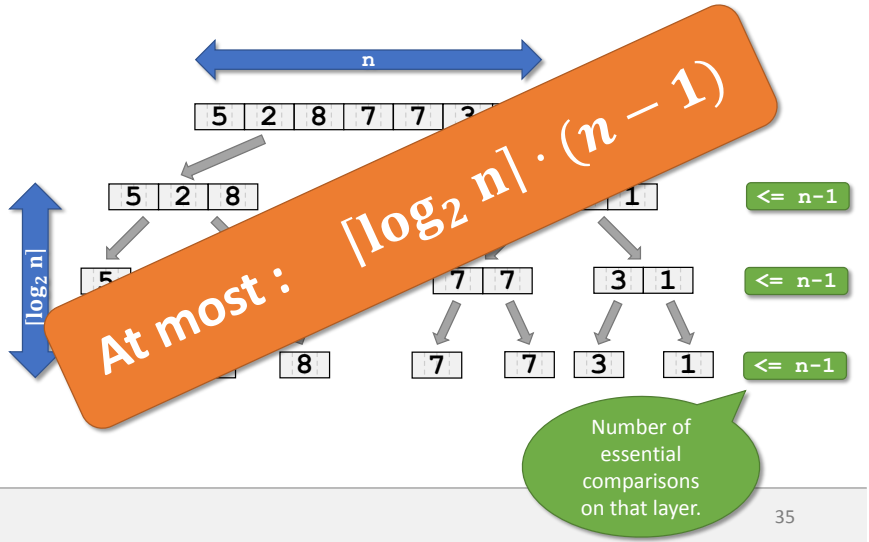
Alternative Proof



Alternative Proof



Alternative Proof



Aufgabe "`our_list::merge_sorted`" (Schwierig)

- Öffnet "`our_list::merge_sorted`" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Aufgabe "`our_list::merge_sorted`" (Lösung)

Siehe **code** expert

Fragen/Unklarheiten?

9. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Exercise Session — Computer Science — 11

Adel Gavranović

Memory Management, Problems with Pointers, Smart Pointers, Muddiest Point

Übersicht

Memory Management
Aufgabe "Box"
Häufige Probleme mit Pointer
Shared and Unique Pointers
Muddiest Point

n.ethz.ch/~agavranovic

Material

Webpage

Mail

1. Zusammenfassung

2. Memory Management

`new` und `delete`

Vergesst nie…

Zu jedem **`new`** ein **`delete`**

Constructor, Copy-Constructor, Destructor

- Sind einfach Funktionen, die zu bestimmten Anlässen gecalled werden
- Müssen **`public`** sein

Constructor

Constructor

- Wird gerufen, wenn ein Objekt einer class/struct constructed wird
- Man kann dem Constructor Argumente geben, um das Objekt genau so zu initialisieren wie wir wollen
- Man kann mehrere Constructoren haben, z.B. für verschiedene Typen. Der Computer schliesst dann auf den richtigen Typ. Beispiel:
  - `personClass Person001(142.0f);`
  - `personClass Person161(420);`
- Mehr dazu: cppreference link

Constructor - Beispiel in einer class

```
class meineKlasse {
      int a, b;
  public:
      const int& r; // for reading only!

      // CONSTRUCTOR
      meineKlasse(int i)
        : a(i)      // initializes a to the value of i
        , b(i+5)    // initializes b to the value of i+5
        , r(a)      // initializes r to refer to a
        // ^  here we are using a "member initializer list"
        // and if you want your constructor to do
        // anything additionally, put it inside
        {/*here (like in a regular function!)*/}
};
```

Member Initializer List

```
meineKlasse::meineKlasse()
    : memberVariableEins(0)          // init memberVariableEins
    { memberVariableZwei = 0; }      // init memberVariableZwei
```

Was ist der Unterschied zwischen diesen beiden Initialisierungen der Membervariablen? Wieso machen wir uns die Mühe, MILs zu verwenden?

`const` members

- In manchen Fällen möchte man **`const`** Member haben und die zweite Option würde dort nicht funktionieren

Performance

- Der Hauptgrund für uns ist Performance. Der Code mit MILs ist schneller, da er unnötige Kopien vermeidet. Diese Kopien sehen wir nicht im Code, aber die Lauftzeit/Performance wird dadurch schlechter

gutes Video dazu

Destructor

Destructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt einer class/struct *de*structed wird. Das kann passieren, am Ende eines Scopes oder wenn `delete` verwendet wird
- Wird genutzt, um Memory "sauber" zu halten, wenn ein Objekt nicht länger verwendet wird

Destructor - Beispiel in einer class

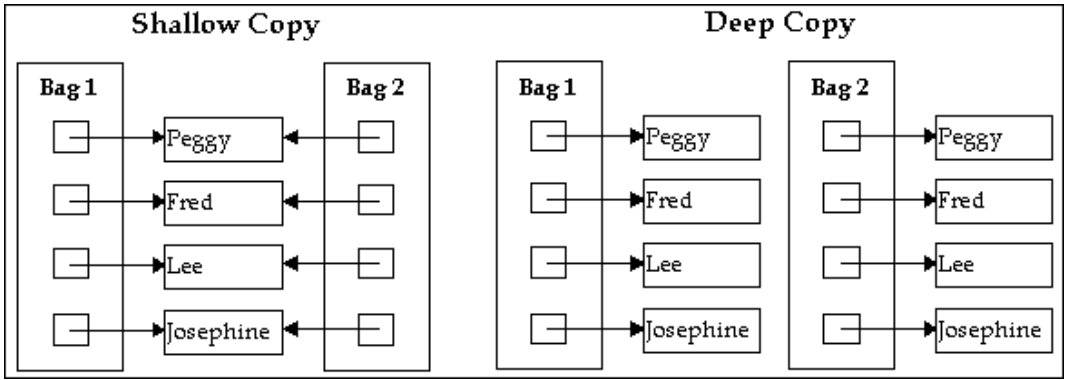
```
class meineKlasse {
    int* value;

public:

    // other -ctors and stuff go here

    ~meineKlasse(){

        delete value;   // That's how we clean up the value which
                        // lies at the slot that the int-pointer is
                        // pointing to, instead of just deleting
                        // the int-pointer (avoiding "memory leaks")
    }

};
```

Copy-constructor

Copy-Constructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt mit einem anderen Objekt derselben class/struct *initialisiert* wird
- es gibt ein default copy-constructor, *falls* wir keinen explizit deklarieren. Dieser macht einfach eine member-wise copy der class/struct
- lässt uns präzise bestimmen, wie wir etwas kopieren möchten statt einfach eine *shallow copy* zu machen
- nicht zu verwechseln mit dem `operator=`, der etwas sehr ähnliches macht

Shallow Copy vs. Deep Copy



(copy-)assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt derselben class/struct *assigned* wird
- wird *nur nach* (nicht bei) Initialisierungen gerufen
- heisst "assignment operator", so wie bei primitiven Types (=)
- Faustregel: macht erst destructor-Zeugs, dann copy-constructor-Zeugs
- *muss* einen return type haben, meist `class&` damit man *chained assigments* machen kann (`a = b = c = d;`, allen wird `d` assigned)

`operator=` vs. Copy-Constructor

```
// our class/struct is named "Box"

Box first;           // init by default constructor
Box second(first);   // init by copy-constructor
Box third = first;   // also init by copy-constructor
second = third;      // assignment by (copy-)assignment operator
```

Die letzten beiden Fälle sehen ähnlich aus, aber denkt daran:
dass der (copy-)assignment-operator= erst in Aktion tritt, *nachdem* ein Objekt bereits initialisiert wurde

Fragen/Unklarheiten?

3. Aufgabe "Box"

Aufgabe "Box (copy)"

Hier schauen wir uns die Implementation *sehr* genau an.

- Öffnet **code** expert und das Code-Beispiel "Box (copy)"
- Macht euch noch keine Gedanken über `main.cpp`, dazu kommen wir noch
- Macht euch auch keine Gedanken über `std::cerr`, es ist nur ein fancy `std::cout`
- Kleines code-together :)

Members von "Box"

```
Box::Box(const Box& other) {
    ptr = new int(*other.ptr);
}

Box& Box::operator= (const Box& other) {
    *ptr = *other.ptr;
    return *this;
}
```

Members von "Box"

```
Box::~Box() {
    delete ptr;
    ptr = nullptr;
}

Box::Box(int* v) {
    ptr = v;
}

int& Box::value() {
    return *ptr;
}
```

Tracing `test_destructor1()`

```
void test_destructor1() {
    std::cerr << "[enter] test_destructor1" << std::endl;

    int a;

    {
        Box box(new int(1));
        a = 5;
    }

    std::cout << "a = " << a << std::endl;
    std::cerr << "[exit] test_destructor1" << std::endl;
}
```

Tracing `test_destructor2()`

```
void test_destructor2() {
    std::cerr << "[enter] test_destructor2" << std::endl;

    {
        Box* box_ptr = new Box(new int(2));
        delete box_ptr;     // to trigger destructor of Box above
    }

    std::cerr << "[exit] test_destructor2" << std::endl;
}
```

Tracing `test_copy_constructor()`

```
void test_copy_constructor() {
    std::cerr << "[enter] test_copy_constructor" << std::endl;

    {
        Box demo(new int(0));
        Box demo_copy = demo;

        demo.value() = 4;

        demo_copy.value() = 5;
    }

    std::cerr << "[exit] test_copy_constructor" << std::endl;
}
```

Tracing `test_assignment()`

```
void test_assignment() {
    std::cerr << "[enter] test_assignment" << std::endl;

    {
        Box demo(new int(0));
        demo.value() = 3;
        Box demo_copy(new int(0));
        demo_copy = demo;
        demo.value() = 4;
        demo_copy.value() = 5;
    }

    std::cerr << "[exit] test_assignment" << std::endl;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

4. Häufige Probleme mit Pointer

Dangling Pointers

Was?
Ein *Dangling Pointer* ist ein Pointer der auf eine Speicherstelle zeigt, die bereits dealloziert wurde, also zeigt er auf eine invalide Speicherstelle.[1]

Wie?
Dies tritt häufig auf, wenn ein Objekt gelöscht wird oder aus dem Scope verschwindet, aber der Zeiger, der darauf zeigt, nicht auf `nullptr` gesetzt wird. So zeigt der Pointer immer noch auf den alten Speicherplatz, obwohl er nicht weiss, was sich jetzt dort befindet.

Na und?
Der Zugriff oder die Manipulation eines *Dangling Pointer* kann zu unvorhersehbarem Verhalten, Abstürzen oder Datenbeschädigung führen, da der Speicher möglicherweise neu zugewiesen wurde.

[1] Oft ein *Zombie* gennant

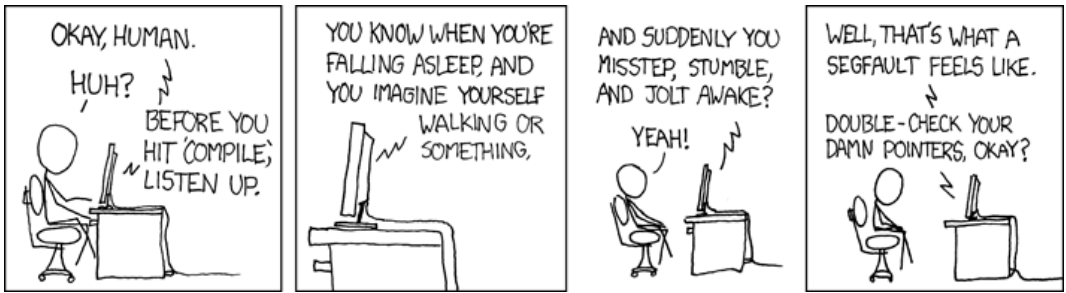
Double-Free

Was?
Double-free tritt auf, wenn `delete` zweimal für dieselbe Speicherzuweisung aufgerufen wird.
Wie?
Dies tritt häufig in komplexen Programmen auf, bei denen die Speicherverwaltung an mehreren Stellen erfolgt, was zu Verwirrung darüber führt, wer über den Speicherplatz verfügt.
Na und?
Das doppelte Freigeben von Speicher kann die Speicherzuweisungsmetadaten beschädigen, was zu Speicherlecks, Programmabstürzen oder anderem fehlerhaften Verhalten führen kann.

Use-After-Free

Was?
Use-after-free ist eine Situation, in der ein Programm einen Zeiger weiter verwendet, nachdem es den Speicher, auf den er zeigt, freigegeben hat.
Wie?
Dies kann passieren, wenn das Programm den Zeiger nicht auf `nullptr` setzt, nachdem es ihn freigegeben hat, oder wenn es Kopien des Zeigers gibt, die nicht aktualisiert wurden.
Na und?
Da der freigegebene Speicher möglicherweise für andere Zwecke neu zugewiesen wurde, kann seine Verwendung zu Datenbeschädigung, unvorhersehbarem Programmverhalten oder Sicherheitslücken führen.

*nullptr



xkcd

Fragen/Unklarheiten?

Dazu verdammt, Fehler zu machen?

Wie kann man das alles verhindern?

Smart Pointers!

5. Shared and Unique Pointers

Smart Pointers

Smart Pointers

- Smart pointers sind bequeme Wrapper um reguläre Pointer, die helfen, Speicherlecks zu verhindern, indem sie den Speicher automatisch verwalten.
- Die Smart-Pointer `shared_ptr` und `unique_ptr` sind Teil der Standardbibliothek `<memory>`

Vergleich `unique_ptr` vs `shared_ptr`

`shared_ptr`
Ein `shared_ptr` erlaubt es mehreren Zeigern, sich das Eigentum an derselben Ressource zu teilen. Es wird gezählt, wie viele Zeiger auf dieselbe Ressource zeigen. Sobald die Anzahl 0 erreicht, wird das Objekt gelöscht.

```
std::shared_ptr<SomeClass> s1 = std::make_shared<SomeClass>()
```

`unique_ptr`
Ein `unique_ptr` wird für exklusives Eigentum verwendet. Speicher, der mit einem `unique_ptr` verbunden ist, wird automatisch freigegeben, wenn er den Scope verlässt.

Fragen/Unklarheiten?

6. Muddiest Point

Woran hakt es bei dir?

Q&A Session

7. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Exercise Session — Computer Science — 12

Adel Gavranović

Pointer-Arithmetik, Speichermanagement

Übersicht

Follow-up
Pointers
    Example: Pointers on Arrays
    Example: Special Copy
Aufgabe "Push Back"
Memory Management
Muddiest Point

n.ethz.ch/~agavranovic

Material

Webpage

Mail

1. Intro

Intro

- Any new people here today?

2. Follow-up

Muddiest Point

Schauen wir uns am Ende der Session nochmal kurz an

Shared Pointers

- Das Code-Beispiel "Shared Pointers (explanation)" illustriert die Verwendung und den Nutzen von Shared Pointern ziemlich gut
- Falls doch jemand fragen hat, könnt ihr sie jetzt stellen

Fragen/Unklarheiten?

3. Lernziele

Ziele

- ☐ Programme die `new[]`, `delete[]`, schreiben und tracen können
- ☐ Den Unterschied zwischen `new` und `new[]`, und `delete` und `delete[]` verstehen
- ☐ Programme die Pointer-Arithmetik verwenden schreiben und tracen können

4. Zusammenfassung

5. Pointers

`new` vs `new[]`

- `new T` alloziert **eine** Speicherstelle für den Typ `T`
- `new T[n]` alloziert **n** Speicherstellen für den Typ `T`[1]
- Beide geben einen Pointer zurück, bei einer Range zeigt dieser auf das erste Objekt

[1] diese Speicherstellen werden *zusammenhängend* sein, d. h. "nebeneinander" im Speicher

Arrays

Statisch allozierter Array

```
int myStatArr[3] = {2, 3, 8};
```

- `myStatArr` zeigt nun auf die `2`
- `*myStatArr` gibt `2`
- `myStatArr[2]` gibt `8`
- `myStatArr[1] = -4` setzt `3` auf `-4`

Dynamisch allozierterer Array

```
int* myDynArr = new int[3]{2, 3, 8};
```

- `myDynArr` zeigt nun auf die `2`
- `*myDynArr` gibt `2`
- `myDynArr[2]` gibt `8`
- `myDynArr[1] = -4` setzt `3` auf `-4`

Side Note: Arrays are weeeeird

```
int myStatArr[3] = {2, 3, 8};        int* myDynArr = new int[3]{2, 3, 8};

std::cout << &myStatArr[0]  << "\t &myStatArr[0] \n";
std::cout << myStatArr      << "\t myStatArr     \n";
std::cout << &myStatArr     << "\t &myStatArr    \n";
std::cout << &myDynArr[0]   << "\t &myDynArr[0]  \n";
std::cout << myDynArr       << "\t myDynArr      \n";
std::cout << &myDynArr      << "\t &myDynArr     \n\n\n";
std::cout << typeid(&myStatArr[0]).name() << "\tType of &myStatArr[0]\n";
std::cout << typeid(myStatArr).name()     << "\tType of myStatArr\n";
std::cout << typeid(&myStatArr).name()    << "\tType of &myStatArr\n";
std::cout << typeid(&myDynArr[0]).name()  << "\tType of &myDynArr[0]\n";
std::cout << typeid(myDynArr).name()      << "\tType of myDynArr\n";
std::cout << typeid(&myDynArr).name()     << "\tType of &myDynArr\n";
```

Side Note: Arrays are weeeeird

```
0x7ffcb4fe1d14   &myStatArr[0]
0x7ffcb4fe1d14   myStatArr
0x7ffcb4fe1d14   &myStatArr
0x2340fc0        &myDynArr[0]
0x2340fc0        myDynArr
0x7ffcb4fe1d08   &myDynArr


Pi       Type of &myStatArr[0]
A3_i     Type of myStatArr
PA3_i    Type of &myStatArr
Pi       Type of &myDynArr[0]
Pi       Type of myDynArr
PPi      Type of &myDynArr
```

`delete` vs `delete[]`

- Es gilt weiterhin: zu jedem `new` ein `delete`
- `delete[]` ist der entsprechende Operator zu `new[]`
- Auch hier aufpassen: Wir löschen nicht den Pointer, sondern die Range an Objekten, auf die der Pointer zeigt
- **Häufige Fehlerquelle**
  der Aufruf von `delete` für das erste Element, aber nicht für das gesamte Array (mit `delete[]`)

Pointer-Arithmetik

- Wir können mit Pointern "rechnen"
- Die wichtigsten Befehle sind:

- Temporäre Shifts

```
ptr + 3
ptr - 3
```

- Permanente Shifts

```
ptr++
--ptr
ptr += 2
```

- Distanz zwischen Pointern bestimmen

```
ptr_1 - ptr_2
```

- Positionen vergleichen

```
ptr_1 < ptr_2
ptr_1 != ptr_2
```

Fragen/Unklarheiten?

5.1. Example: Pointers on Arrays

Pointer-Arithmetik

```
int* a = new int[5]{0, 8, 7, 2, -1};
int* ptr = a;                                   // pointer assignment
++ptr;                                          // shift to the right
int my_int = *ptr;                              // read target
ptr += 2;                                       // shift by 2 elements
  // ^ Note how this does not simply "add 2" to the
  // underlying memory address, but instead adds the
  // appropriate amount to get to the integer variable
  // that is stored "2 ints further away"
*ptr = 18;                                      // overwrite target
int* past = a+5;
std::cout << (ptr < past) << "\n";              // compare pointers
```

Bug Hunt

Finde und behebe mindestens 3 Probleme in folgendem Programm

```
int* a = new int[7]{0, 6, 5, 3, 2, 4, 1};
int* b = new int[7];
int* c = b;

for (int* p = a; p <= a+7; ++p) {   // copy a into b using pointers
    *c++ = *p;
}

for (int i = 0; i <= 7; ++i) {      // cross-check with random access
    if (a[i] != c[i]) {
        std::cout << "Oops, copy error...\n";
    }
}
```

Probleme: `p`, `i` werden bei `a+7` dereferenziert; `c` zeigt nicht mehr auf `b[0]`!

Fragen/Unklarheiten?

5.2. Example: Special Copy

Special Copy?

```
// PRE:  [b, e) and [o, o+(e-b)) are disjoint valid ranges
// POST: - - - - - - - TODO: determine it! - - - - - - - -
//       - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
void f (int* b, int* e, int* o) {
    while (b != e) {
        --e;
        *o = *e;
        ++o;
    }
}
```

Reverse Copy!

```
// PRE:  [b, e) and [o, o+(e-b)) are disjoint valid ranges
// POST: The range [b, e) is copied in reverse orde
//       into the range [o, o+(e-b))
void f (int* b, int* e, int* o) {
    while (b != e) {
        --e;
        *o = *e;
        ++o;
    }
}
```

Welche dieser Eingaben sind valid nach `int* a = new int[5];`?

a) `f(a, a+5, a+5)` b) `f(a, a+2, a+3)` c) `f(a, a+3, a+2)`

Antwort: b)

Fragen/Unklarheiten?

Pointer Costness

Es gibt zwei Arten von Constness bei Pointern:

```
const int* ptr = &a;
```

kein Schreibzugriff auf `a`
d.h. wir dürfen den Wert des Integers `a` *nicht* verändern

```
int* const ptr = &a;
```

kein Schreibzugriff auf `ptr`
d.h. wir dürfern nicht ändern, wohin der Pointer zeigt

Fragen/Unklarheiten?

6. Aufgabe "Push Back"

Aufgabe "Push Back"

- Öffnet "Push Back" auf **code** expert
- Überlegt euch, wie ihr das Problem mit Stift und Papier angehen würdet
- Programmiert eine Lösung (optional in Gruppen)

Lösung zu "Push Back"

```
// PRE:  source_begin points to first element to be copied;
//       source_ends points to element after the last element to be copied;
//       destination_begin points to first element of target memory block;
//       #elements in target memory location >= #elements in source;
// POST: copies the content of the source memory block to the destination
//       memory block.
void copy_range(const int* const source_begin,
                const int* const source_end,
                int* const destination_begin   ){

  int* dst = destination_begin;
  for (const int* src = source_begin; src != source_end; ++src) {
    *dst = *src;
    ++dst;
  }
}
```

Lösung zu "Push Back"

```
void our_vector::push_back(int new_element) {
  // 1. Allocate a new memory block larger by one element
  unsigned int lenghtOfNewBlock = this->count + 1;
  int* const ptrToNewBlock = new int[lenghtOfNewBlock];

  // 2. Copy all the elements from the old memory block to the new one
  copy_range(this->elements, this->elements + count, ptrToNewBlock);

  // 3. Deallocate the old memory block
  delete[] this->elements;          // frees memory from old elements
  this->elements = ptrToNewBlock;   // redirects pointer to new block

  // 4. Add the new element at the end of the new memory block
  this->elements[count] = new_element;
  count++;                          // increment counter
}
```

Fragen/Unklarheiten?

7. Memory Management

Bug Hunt I

```cpp
// PRE: len is the length of the memory block that starts at array
void test1(int* array, int len) {
    int* fourth = array + 3;
    if (len > 3) {
        std::cout << *fourth << std::endl;
    }
    for (int* p = array; p != array + len; ++p) {
        std::cout << *p << std::endl;
    }
}
```

Finde Fehler im Code und schlage Korrekturen vor

Bug Hunt I — Dangerous Pointer

```
// PRE: len is the length of the memory block that starts at array
void test1(int* array, int len) {
    //int* fourth = array + 3;      // ERROR
    if (len > 3) {
        int* fourth = array + 3;    // OK
        std::cout << *fourth << std::endl;
    }
    for (int* p = array; p != array + len; ++p) {
        std::cout << *p << std::endl;
    }
}
```

Auch wenn der Pointer nicht dereferenziert wird, muss er in einen Speicherblock oder auf das Element unmittelbar nach dessen Ende zeigen.

Bug Hunt II

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    int* array = new int[len];
    array[0] = 0; array[1] = 1;
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        *p = *(p-2) + *(p-1); }
    return array; }
void print(int* array, int len) {
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
}
```

Bug Hunt II — Memory Leak

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    int* array = new int[len];
    array[0] = 0; array[1] = 1;
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        *p = *(p-2) + *(p-1); }
    return array; }
void print(int* array, int len) {
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
    delete[] array;          // otherwise array is leaked!
}
```

Bug Hunt III

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    // ...
}
void print(int* m, int len) {
    for (int* p = m+2; p < m + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
    delete m;
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
    delete[] array;
}
```

Bug Hunt III — Double Free!

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    // ...
}
void print(int* m, int len) {
    for (int* p = m+2; p < m + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
    delete[] m;
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
    // delete[] array;          // array deallocated twice!
}
```

Fragen/Unklarheiten?

8. Muddiest Point

Q&A Session

Woran hakt es bei dir?

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

9. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Schöne Woche noch!

Exercise Session — Computer Science — 13

Adel Gavranović

Rätsel, Knackpunkt(e), Fragerunde

Übersicht

Follow-up
    Memory Management / Bug Hunt
Alte Prüfungen
Riddle
Prüfungsvorbereitung
Knackpunkte
`if`-Klauseln vereinfachen

`n.ethz.ch/~agavranovic`

Material

Webpage

Mail

1. Intro

Intro

- Letzte Übungsstunde gemeinsam :’(

2. Follow-up

2. Follow-up

2.1. Memory Management / Bug Hunt

Bug Hunt I

```
// PRE: len is the length of the memory block that starts at array
void test1(int* array, int len) {
    int* fourth = array + 3;
    if (len > 3) {
        std::cout << *fourth << std::endl;
    }
    for (int* p = array; p != array + len; ++p) {
        std::cout << *p << std::endl;
    }
}
```

Finde Fehler im Code und schlage Korrekturen vor

Bug Hunt I — Dangerous Pointer

```
// PRE: len is the length of the memory block that starts at array
void test1(int* array, int len) {
    //int* fourth = array + 3;      // ERROR
    if (len > 3) {
        int* fourth = array + 3;    // OK
        std::cout << *fourth << std::endl;
    }
    for (int* p = array; p != array + len; ++p) {
        std::cout << *p << std::endl;
    }
}
```

Auch wenn der Pointer nicht dereferenziert wird, muss er in einen Speicherblock oder auf das Element unmittelbar nach dessen Ende zeigen.

Bug Hunt II

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    int* array = new int[len];
    array[0] = 0; array[1] = 1;
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        *p = *(p-2) + *(p-1); }
    return array; }
void print(int* array, int len) {
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
}
```

Bug Hunt II — Memory Leak

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    int* array = new int[len];
    array[0] = 0; array[1] = 1;
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        *p = *(p-2) + *(p-1); }
    return array; }
void print(int* array, int len) {
    for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
    delete[] array;          // otherwise array is leaked!
}
```

Bug Hunt III

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    // ...
}
void print(int* m, int len) {
    for (int* p = m+2; p < m + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
    delete m;
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
    delete[] array;
}
```

Bug Hunt III — Double Free!

```
// PRE: len >= 2
int* fib(int len) {
    // ...
}
void print(int* m, int len) {
    for (int* p = m+2; p < m + len; ++p) {
        std::cout << *p << " ";
    }
    delete[] m;
}
void test2(int len) {
    int* array = fib(len);
    print(array, len);
    // delete[] array;          // array deallocated twice!
}
```

Fragen/Unklarheiten?

3. Lernziele

Ziele

- ☐ Wissen, wo man alte Prüfungen findet und mit ihnen üben kann
- ☐ Knackpunkte geklärt oder zumindest richte Ressourcen gefunden
- ☐ Sich für das heutige $\boldsymbol{rw}::\mathbf{gettogether}$ angemeldet

4. Feedback zu **code** expert

"Rekursive Lösungen"

- Viele haben in ihren Lösungen zu den "rekursiven" Aufgaben eine zweite Funktion eingeführt welche einen Teil der Rekursion für Spezialfälle übernimmt. Das ist suboptimal und nicht "richtig" rekursiv
- Studiert nach Abgabe der Rekursionsaufgaben unbedingt die Musterlösungen. Sie sind oft sehr elegant implementiert und erlauben es, sie auf ähnliche Aufgabenstellungen zu übertragen
- Das Muster, das wir gelernt und geübt haben (Base Case und dann Recursive Case mit Leap of Faith) ist praktisch immer[1] anwendbar

[1] keine Garantien meinerseits

5. Alte Prüfungen

Mit alten Prüfungen üben

- Auf der Website des Kurses sind zahlreiche alte Prüfungen zu finden
- Sie können eine gute Möglichkeit sein, für die Prüfung zu üben
- Stellt sicher, dass ihr die richtigen anschaut (die für euren Kurs)

`lec.inf.ethz.ch/past_exams`

6. Riddle

Riddle

Riddle me dieses Codebeispiel auf **code** expert …

7. Prüfungsvorbereitung

Prüfungsvorbereitung

- **Wissenslücken Stopfen**
  - findet schnellstmöglich raus, wo Ihr Wissenslücken/Skill-issues habt und geht sie an (ggf. zusammen mit anderen)
- **Alte Prüfungen Lösen**
  - in Prüfungssetting (@MacUsers: gewöhnt euch ans Keyboard!)
  - letzten zwei spart man sich für die letzte Woche vor der Prüfung auf
- **Zusammenfassung verfassen, mit…**
  - Auswertungsreihenfolgen,
  - komplizierte Syntax,
  - Programmieraufgaben, mit denen ihr sehr viel Mühe hattet
- **weiteres?**

8. Knackpunkte

Fragerunde

Woran hakt es bei dir?

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

(Absichtlich leer gelassen)

9. `if`-Klauseln vereinfachen

Simplere `ifs` I

Wir haben festgestellt, dass viele solchen Code schreiben

```
if (grid != nullptr) {
    if (grid->is_filled(row, col)) {
        if (col == 8) {
            if (fillValidNumber(grid, row + 1, 0)) {
                return true;
            }
        } else {
            if(fillValidNumber(grid, row, col + 1)) {
                return true;
            }
        }
        return false;
    }
}
```

Simplere `ifs` II

Da die Funktion `fillValidNumber` einen booleschen Wert liefert und wir auch einen Booleschen Wert zurückgeben wollen, können wir die verschachteltete **`if`**-Klausel und das letzte **`return`** entfernen

```
if (grid != nullptr) {
    if (grid->is_filled(row, col)) {
        if (col == 8) {
            return fillValidNumber(grid, row + 1, 0);
        } else {
            return fillValidNumber(grid, row, col + 1);
        }
    }
}
```

Simplere `ifs` III

Wir können auch die Tatsache nutzen, dass `&&` einen Kurzschluss darstellt, um die die beiden äusseren **`if`**-Anweisungen zusammenzuführen

```
if (grid != nullptr && grid->is_filled(row, col)) {
    if (col == 8) {
        return fillValidNumber(grid, row + 1, 0);
    } else {
        return fillValidNumber(grid, row, col + 1);
    }
}
```

Fragen/Unklarheiten?

10. Outro

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

Bis heute Abend und viel Erfolg bei den Prüfungen!