Übungsstunde

Woche 13

Adel Gavranović
adel.gavranovic@inf.ethz.ch

Übersicht

Heutige Themen

Intro

Self-Assessment

-tors

Exercise ”Box”

Vokabular

Bug Hunt

Outro

Links

- polybox zum Material für die Übungsstunden
- Mail an Assistenten

Kommentare zu [code]expert

E11:T1 Understanding struct & classes

Kommentare zu [code]expert

E11:T1 Understanding struct & classes

- POST

Kommentare zu [code]expert

E11:T1 Understanding struct & classes

- `POST`
- Bei praktisch allen war die `POST` zwar faktisch korrekt, aber halt unnötig und nicht auf den Kontext angepasst
- `POST` sollen vermitteln was die Funktion *in diesem Kontext* macht und nicht einfach den darunterliegenden Code in Worte fassen

Kommentare zu [code]expert

E11:T1 Understanding struct & classes

- `POST`
- Bei praktisch allen war die `POST` zwar faktisch korrekt, aber halt unnötig und nicht auf den Kontext angepasst
- `POST` sollen vermitteln was die Funktion *in diesem Kontext* macht und nicht einfach den darunterliegenden Code in Worte fassen
- Vergesst nicht, Expressions immer Schicht für Schicht zu evaluieren (z.B. `str.b == vec[1]`)

Kommentare zu [code]expert

E11:T1 Understanding struct & classes

- `POST`
- Bei praktisch allen war die `POST` zwar faktisch korrekt, aber halt unnötig und nicht auf den Kontext angepasst
- `POST` sollen vermitteln was die Funktion *in diesem Kontext* macht und nicht einfach den darunterliegenden Code in Worte fassen
- Vergesst nicht, Expressions immer Schicht für Schicht zu evaluieren (z.B. `str.b == vec[1]`)

E11:T2 Averager

- Alle alles gut gemacht

Kommentare zu [code]expert

E11:T3a Understanding Pointers: - Lookup

Kommentare zu [code]expert

E11:T3a Understanding Pointers: - Lookup

- Spart euch die Zwischenvariablen

```
1  // instead of
2  const int* i_ptr = &vec.at(i);
3  return i_ptr;
4
5  // just do
6  return &vec.at(i);
```

Kommentare zu [code]expert

E11:T3a Understanding Pointers: - Lookup

- Spart euch die Zwischenvariablen

```
1  // instead of
2  const int* i_ptr = &vec.at(i);
3  return i_ptr;
4
5  // just do
6  return &vec.at(i);
```

E11:T3b Understanding Pointers - Add

- Ebenfalls alle alles gut gemacht

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

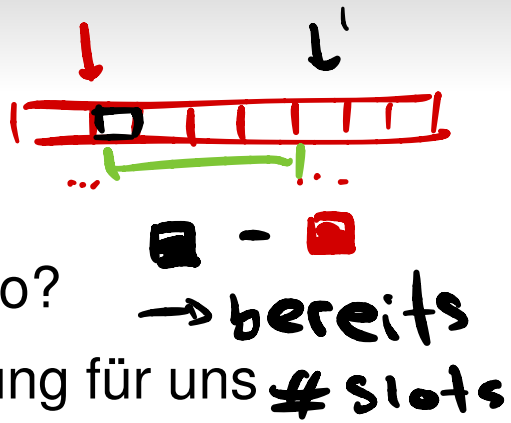
- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?
- Weil *Pointer Arithmetic* die gesamte Berechnung für uns erledigt

Kommentare zu [code]expert



E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?
- Weil *Pointer Arithmetic* die gesamte Berechnung für uns erledigt

E11:T3d Understanding Pointers - First_Char

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?
- Weil *Pointer Arithmetic* die gesamte Berechnung für uns erledigt

E11:T3d Understanding Pointers - First_Char

- Werte, die passed by value wurden, kann/soll man direkt ”verwenden” (increment, decrement, etc.). Hier gibt es auch keinen Grund eine Zwischenvariable zu init’en

E11:T4 Quick Sort

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?
- Weil *Pointer Arithmetic* die gesamte Berechnung für uns erledigt

E11:T3d Understanding Pointers - First_Char

- Werte, die passed by value wurden, kann/soll man direkt ”verwenden” (increment, decrement, etc.). Hier gibt es auch keinen Grund eine Zwischenvariable zu init’en

E11:T4 Quick Sort

- FYI: ”temporary variables” nennen wir oft einfach `tmp`

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?
- Weil *Pointer Arithmetic* die gesamte Berechnung für uns erledigt

E11:T3d Understanding Pointers - First_Char

- Werte, die passed by value wurden, kann/soll man direkt "verwenden" (increment, decrement, etc.). Hier gibt es auch keinen Grund eine Zwischenvariable zu init'en

E11:T4 Quick Sort

- FYI: "temporary variables" nennen wir oft einfach `tmp`
- Studiert die Task Descriptions **und befolgt sie genau**

Kommentare zu [code]expert

E11:T3c Understanding Pointers - Num_Elem

- Kein Grund eine `for` -loop einzubauen. Wieso?
- Weil *Pointer Arithmetic* die gesamte Berechnung für uns erledigt

E11:T3d Understanding Pointers - First_Char

- Werte, die passed by value wurden, kann/soll man direkt "verwenden" (increment, decrement, etc.). Hier gibt es auch keinen Grund eine Zwischenvariable zu init'en

E11:T4 Quick Sort

- FYI: "temporary variables" nennen wir oft einfach `tmp`
- Studiert die Task Descriptions **und befolgt sie genau**
- Ich möchte wirklich nicht, dass jemand von euch die Prüfung wegen so Zeug versemmelt...

Fragen zu [code]expert eurerseits?

Lernziele

- ☐ Code tracen können, der `new` , `delete` , copy-Konstruktoren und Destruktoren beinhaltet

[1] basically fancy types

Lernziele

- ☐ Code tracen können, der `new` , `delete` , copy-Konstruktoren und Destruktoren beinhaltet
- ☐ Datenstrukturen[1] implementieren können, die wie primitive Typen agieren, aber intern mit dynamic memory implementiert wurden

[1] basically fancy types

Lernziele

- ☐ Code tracen können, der `new` , `delete` , copy-Konstruktoren und Destruktoren beinhaltet
- ☐ Datenstrukturen[1] implementieren können, die wie primitive Typen agieren, aber intern mit dynamic memory implementiert wurden
- ☐ Häufige Probleme und Bugs beim Umgang mit Pointers kennen und vorbeugen können, insb.
  - dangling pointers
  - double-free
  - use-after-free

[1] basically fancy types

Lernziele

- ☐ Code tracen können, der `new` , `delete` , copy-Konstruktoren und Destruktoren beinhaltet
- ☐ Datenstrukturen[1] implementieren können, die wie primitive Typen agieren, aber intern mit dynamic memory implementiert wurden
- ☐ Häufige Probleme und Bugs beim Umgang mit Pointers kennen und vorbeugen können, insb.
  - dangling pointers
  - double-free
  - use-after-free
- ☐ Unterschied zwischen `new` bzw. `delete` und `new []` bzw. `delete[]` kennen und wissen, wan welches Keyword zum Einsatz kommt

[1] basically fancy types

Self-Assessment IV

Neues Self-Assessment (IV) ist freigeschaltet.
Macht es als Hausaufgabe und nehmt euch genug Zeit die Musterlösung zu studieren

Da war doch was...

Da war doch was...

Vergesst nicht...

Zu jedem `new` ein `delete`.

Da war doch was...

Vergesst nicht...

Zu jedem `new` ein `delete`.

Constructor, Copy-Constructor, Destructor

Da war doch was...

Vergesst nicht...

Zu jedem `new` ein `delete`.

Constructor, Copy-Constructor, Destructor

- Sind einfach Funktionen, die zu bestimmten Anlässen gecalled werden

Da war doch was...

Vergesst nicht...

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

Constructor

Constructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt einer class/struct constructed wird

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

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 Person1(142.0f)` oder

  `Personclass Person161('A')`

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 Person1(142.0f)` oder
  `Personclass Person161('A')`
- Mehr dazu: ▸ cppreference link

Constructor Beispiel in einer class

Eine Möglichkeit eine Class mit Constructor zu definieren

```
1   class classname {
2       int a, b;
3   public:
4       const int& r;
5
6       classname(int i)
7         : r(a)   // initializes X::r to refer to X::a
8         , a(i)   // initializes X::a to the value of i
9         , b(i+5) // initializes X::b to the value of i+5
10        // ^^^^^ here we are using a "member initializer list"
11      { } // <- if you want your constructor to do anything
12          //    additionally, put it in there
13  };
```

Member Initializer List

```
1  Klassenname::Klassenname() : Membervariable_1(0) {
2  Membervariable_2 = 0;
3  }
```

Was ist der Unterschied zwischen diesen beiden Initialisierungen der Membervariablen?

Member Initializer List

```
1    Klassenname::Klassenname() : Membervariable_1(0) {
2        Membervariable_2 = 0;
3    }
```

Was ist der Unterschied zwischen diesen beiden Initialisierungen der Membervariablen?Wieso machen wir uns die Mühe MILs zu verwenden?

`const` **Objekte**

- In manchen Fällen möchte man `const` Member haben und die zweite Option würde dort nicht funktionieren

Member Initializer List

```
1    Klassenname::Klassenname() : Membervariable_1(0) {
2        Membervariable_2 = 0;
3    }
```

Was ist der Unterschied zwischen diesen beiden Initialisierungen der Membervariablen?Wieso machen wir uns die Mühe MILs zu verwenden?

`const` Objekte

- In manchen Fällen möchte man `const` Member haben und die zweite Option würde dort nicht funktionieren

Performance

- Der Hauptgrund für uns ist aber eigentlich 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

Destructor

Destructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt einer class/struct *de*constructed wird. Das kann passieren,

Destructor

Destructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt einer class/struct *de*constructed wird. Das kann passieren, am Ende eines Scopes oder wenn `delete` verwendet wird

Destructor

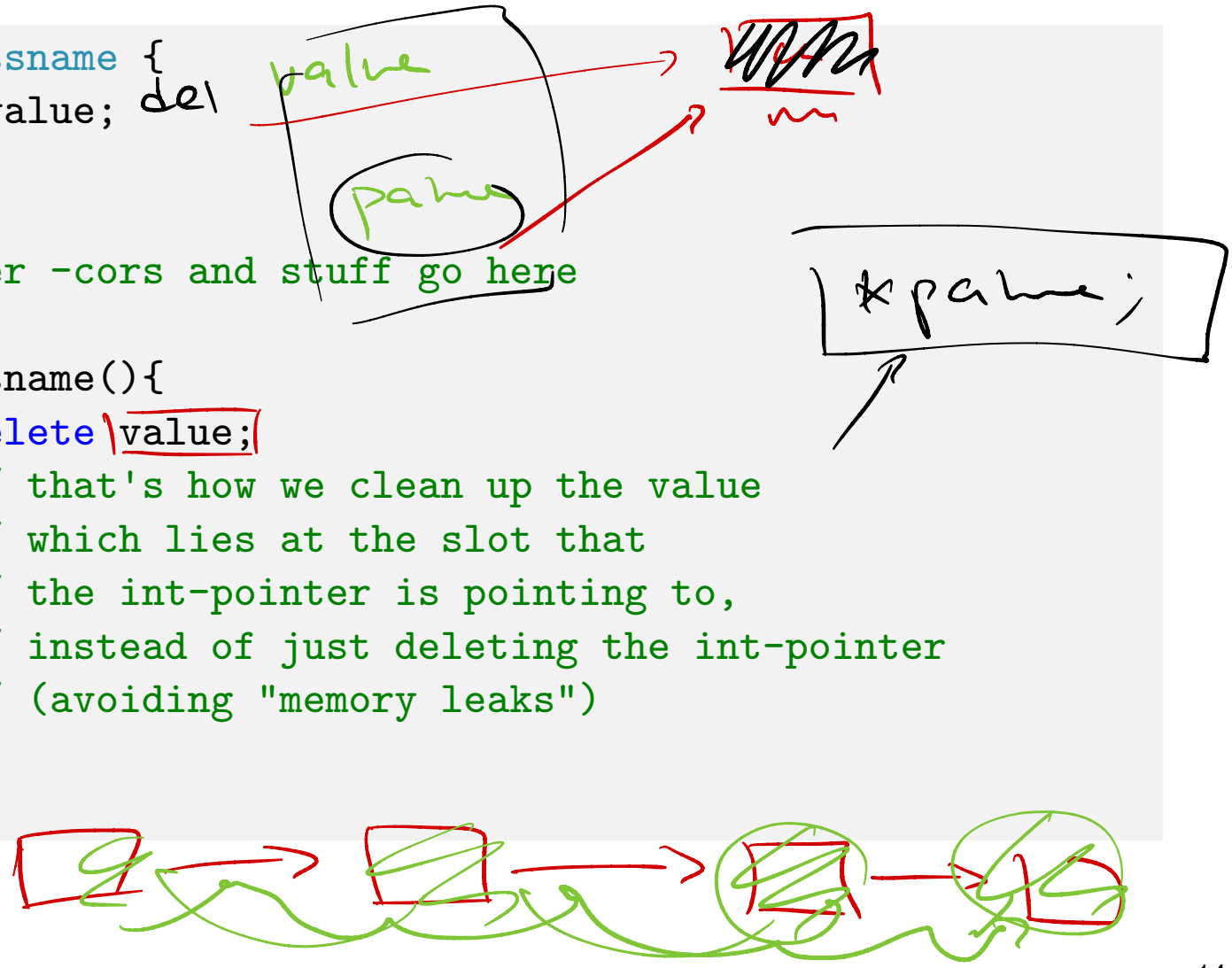
Destructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt einer class/struct *de*constructed 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 example in a class

Eine Möglichkeit eine Class mit Deconstructor zu definieren

```
1   class classname {
2       int* value;
3   public:
4
5       // oter -cors and stuff go here
6
7       ~classname(){
8           delete value;
9           // that's how we clean up the value
10          // which lies at the slot that
11          // the int-pointer is pointing to,
12          // instead of just deleting the int-pointer
13          // (avoiding "memory leaks")
14      }
15  };
```



Copy-constructor

Copy-Constructor

- wird gerufen, wenn

Copy-constructor

Copy-Constructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt mit einem anderen Objekt der selben class/struct *initialisiert* wird

Copy-constructor

Copy-Constructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt mit einem anderen Objekt der selben 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

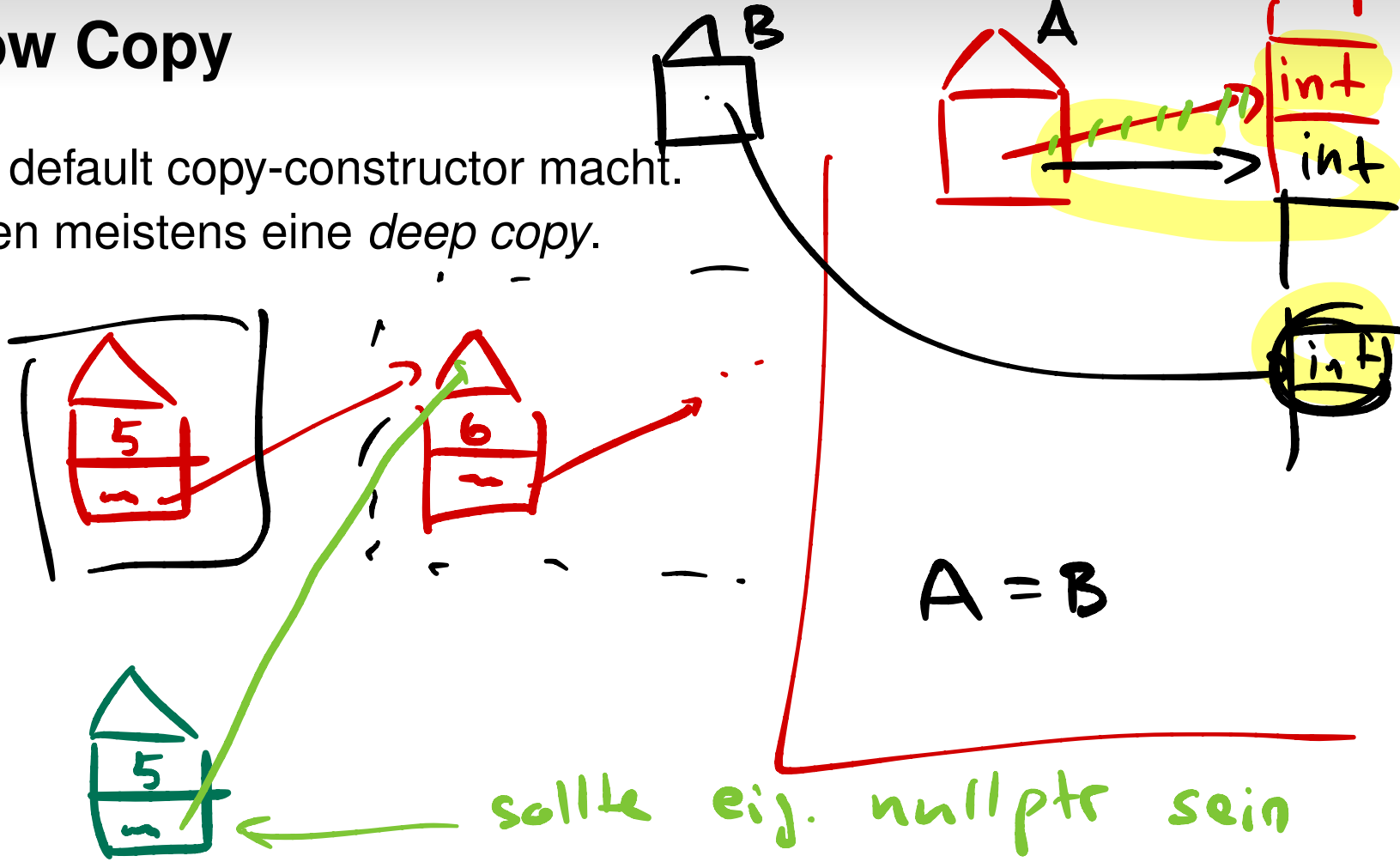
Copy-constructor

Copy-Constructor

- wird gerufen, wenn ein Objekt mit einem anderen Objekt der selben 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

Was der default copy-constructor macht.
Wir wollen meistens eine *deep copy*.



Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn

Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben class/struct *assigned* wird

Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben class/struct *assigned* wird
- wird *nur nach* (nicht bei) Initialisierungen gerufen ←

Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben class/struct *assigned* wird
- wird *nur nach* (nicht bei) Initialisierungen gerufen
- heisst ”assignment operator”, so wie bei primitiven Types (=)

Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben 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

Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

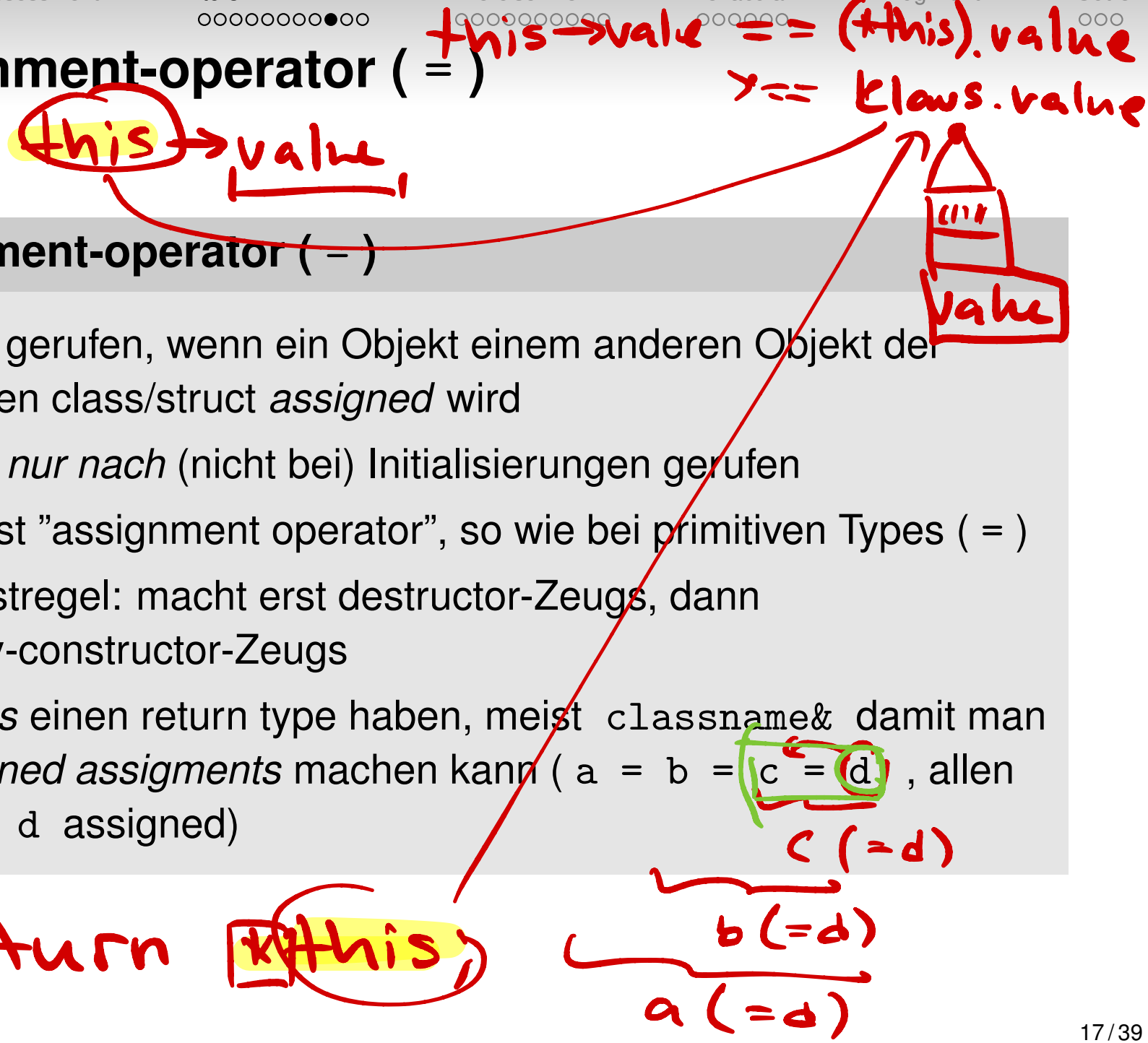
- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben class/struct *assigned* wird
- wird *nur nach* (nicht bei) Initialisierungen gerufen
- heisst ”assignment operator”, so wie bei primitiven Types (=)
- Faustregel: macht erst destructor-Zeugs, dann copy-constructor-Zeugs
- *muss* einen return type haben, meist

Assignment-operator (=)

Assignment-operator (=)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben 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 `classname&` damit

Assignment-operator (=)



Assignment-operator (–)

- wird gerufen, wenn ein Objekt einem anderen Objekt der selben 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 `classname&` damit man *chained assigments* machen kann (`a = b = c = d` , allen wird `d` assigned)

operator= vs. Copy-Constructor

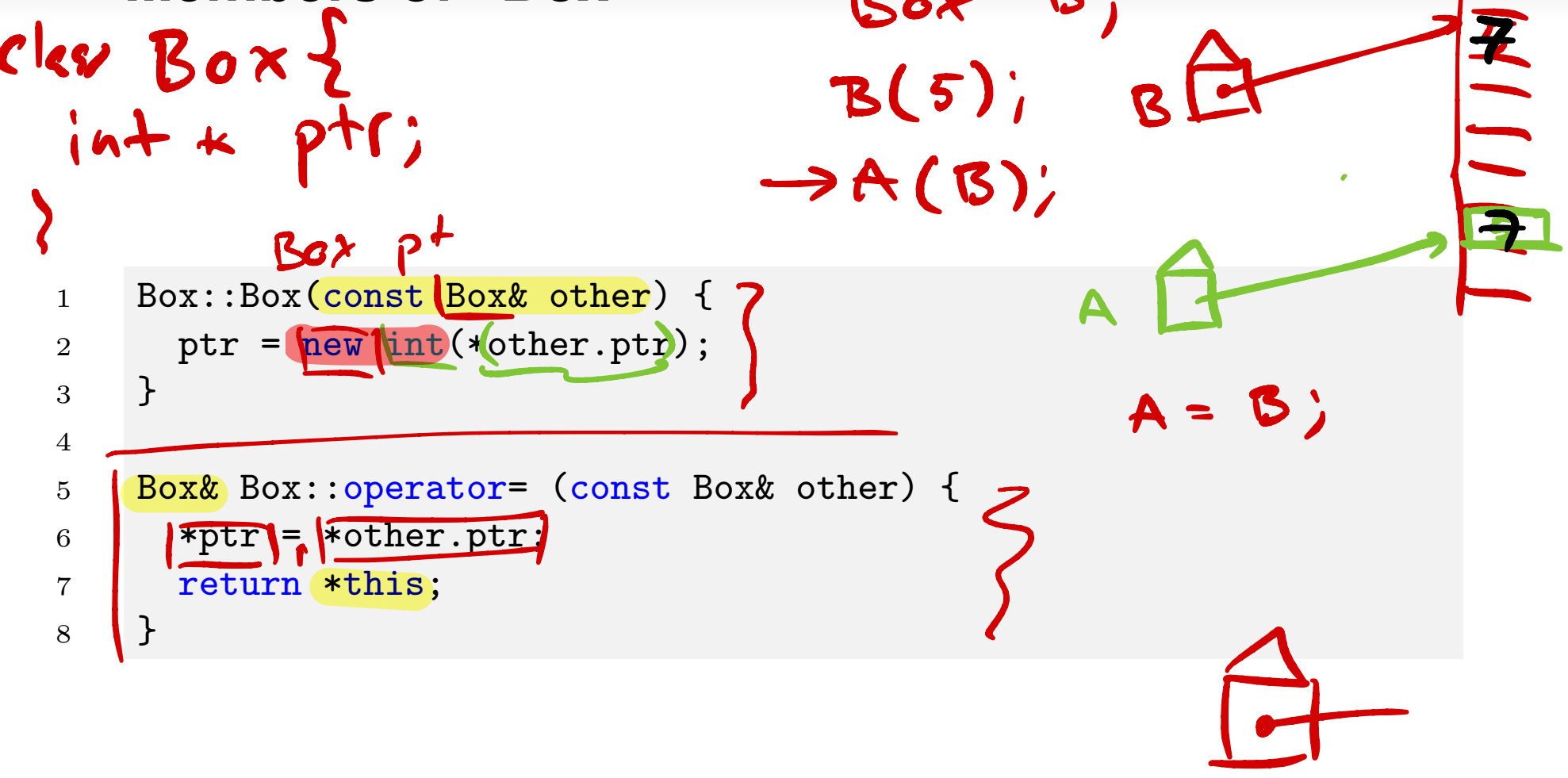
```
1  // our class/struct is named "Box"
2
3  Box first;              // init by default constructor
4  Box second(first);      // init by copy-constructor
5  Box third = first;      // also init by-copy-constructor!
6  second = third;         // assignment by copy-assignment operator
```

Fragen/Unklarheiten?

Exercise ”Box (copy)”

Hier schauen wir uns die Implementation *sehr* genau an.

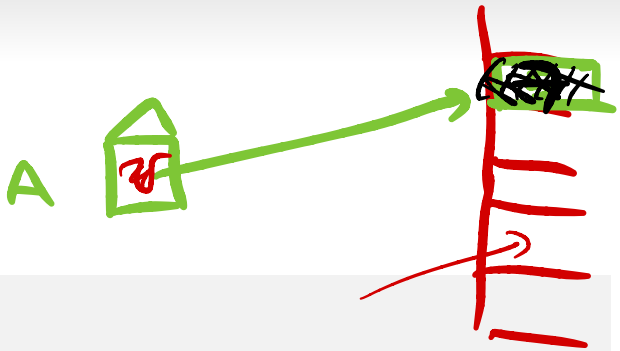
Members of "Box"[2]




```
1  Box::Box(const Box& other) {
2    ptr = new int(*other.ptr);
3  }
4
5  Box& Box::operator= (const Box& other) {
6    *ptr = *other.ptr;
7    return *this;
8  }
```

[2] with all `std::cerr` removed

Members of "Box"[3]




```
1  Box::~Box() {
2    delete ptr;
3    ptr = nullptr;
4  }
5
6  Box::Box(int* v) {
7    ptr = v;
8  }
9
10 int& Box::value() {
11     return *ptr;
12 }
```

A.value() = 5; //ok:)

[3] with all `std::cerr` removed

Tracing `test_destructor1()`

```
1  void test_destructor1() {
2      std::cerr << "[enter] test_destructor1" << std::endl;
3      int a;
4      {
5          Box box(new int(1));
6          a = 5;
7      }
8      std::cout << "a = " << a << std::endl;
9      std::cerr << "[exit] test_destructor1" << std::endl;
10 }
```

Tracing `test_destructor2()`

```
1  void test_destructor2() {
2      std::cerr << "[enter] test_destructor2" << std::endl;
3      {
4          Box* box_ptr = new Box(new int(2));
5          delete box_ptr;
6      }
7      std::cerr << "[exit] test_destructor2" << std::endl;
8  }
```

Tracing `test_copy_constructor()`

```
1  void test_copy_constructor() {
2      std::cerr << "[enter] test_copy_constructor" << std::endl;
3      {
4          Box demo(new int(0));
5          Box demo_copy = demo;
6          // assert(demo.value() == 0);
7          // assert(demo_copy.value() == 0);
8          demo.value() = 4;
9          // assert(demo.value() == 4);
10         // assert(demo_copy.value() == 0);
11         demo_copy.value() = 5;
12         // assert(demo.value() == 4);
13         // assert(demo_copy.value() == 5);
14     }
15     std::cerr << "[exit] test_copy_constructor" << std::endl;
16 }
```

Tracing `test_copy_constructor()`

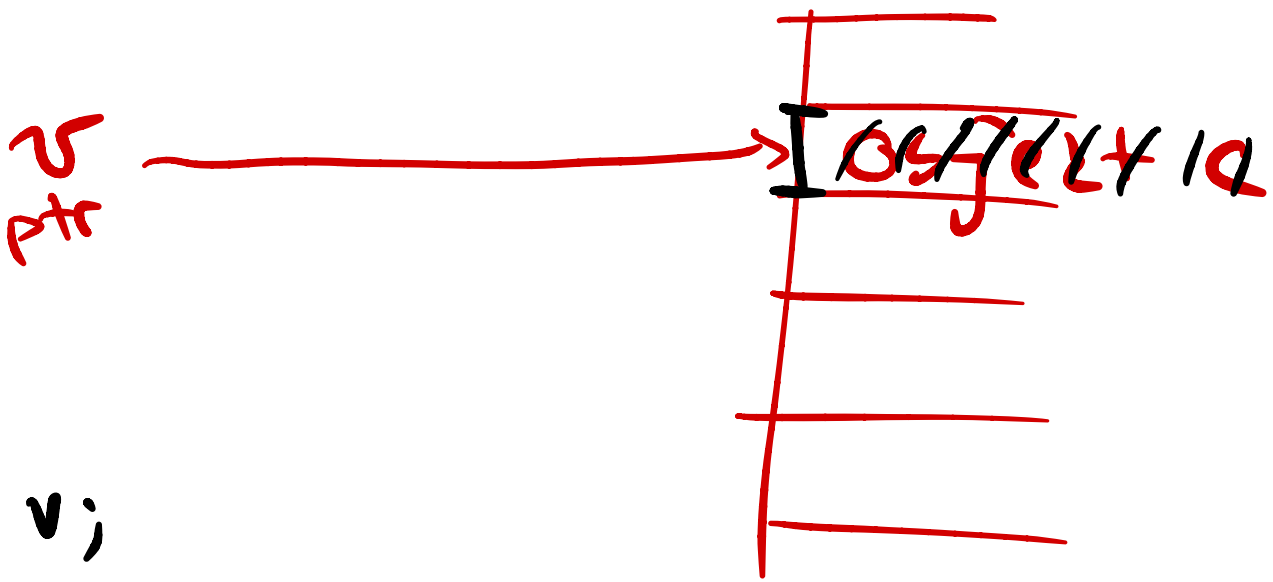
Tracing `test_assignment()`

```
1  void test_assignment() {
2      std::cerr << "[enter] test_assignment" << std::endl;
3      {
4          Box demo(new int(0));
5          demo.value() = 3;
6          Box demo_copy(new int(0));
7          demo_copy = demo;
8          // assert(demo.value() == 3);
9          // assert(demo_copy.value() == 3);
10         demo.value() = 4;
11         // assert(demo.value() == 4);
12         // assert(demo_copy.value() == 3);
13         demo_copy.value() = 5;
14         // assert(demo.value() == 4);
15         // assert(demo_copy.value() == 5);
16     }
17     std::cerr << "[exit] test_assignment" << std::endl;
18 }
```

Tracing `test_assignment()`

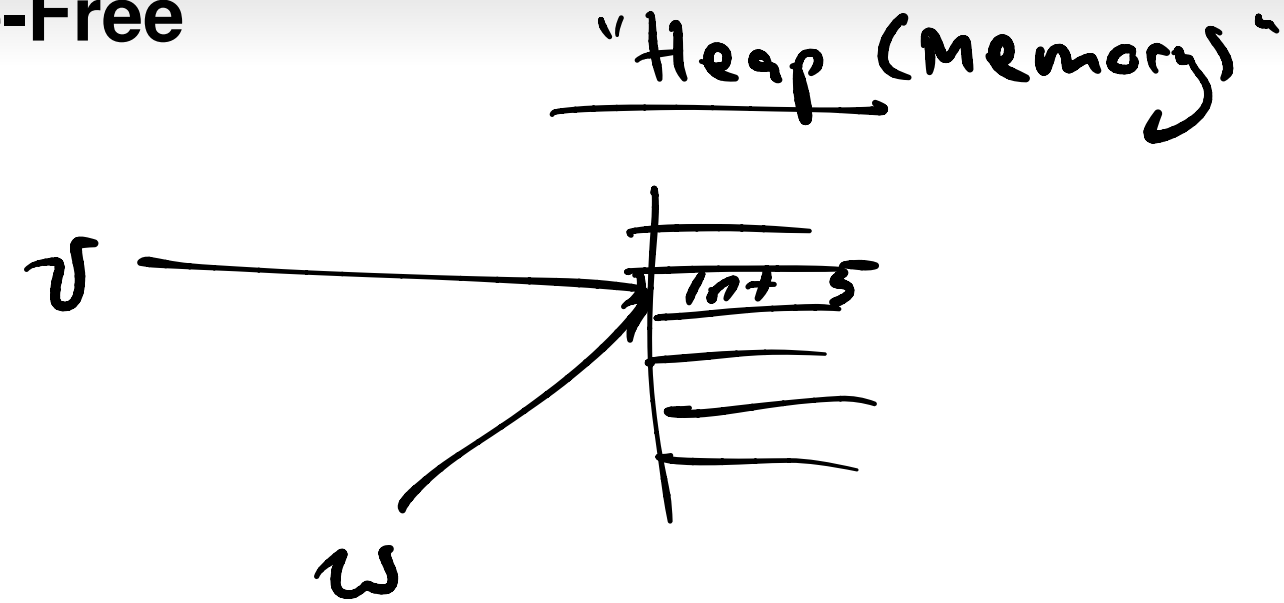
Fragen/Unklarheiten?

Dangling Pointer



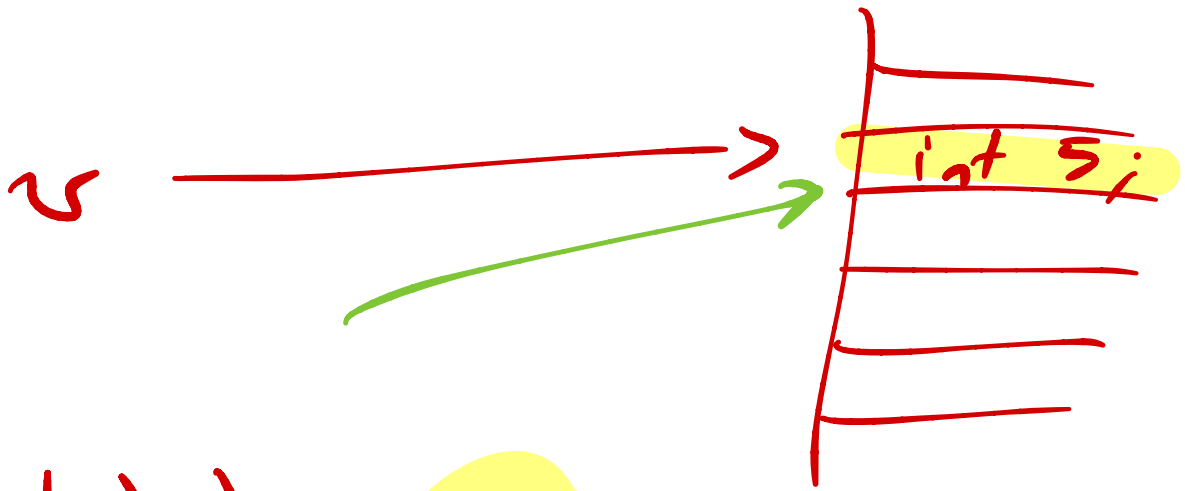

```
delete v;
  ⋮
v
```

Double-Free




```
delete v;  // ok
   :
delete w;  // nicht ok, weil
           double free
```

Use-after-Free



delete v;

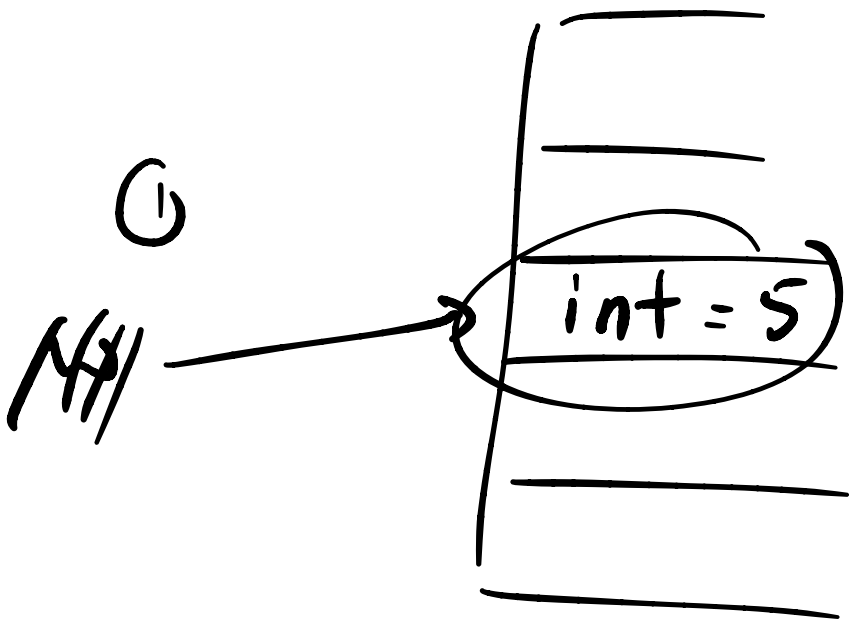
→ ; v = nullptr; // memory safe(r)

*v; ← // crash if nullptr.

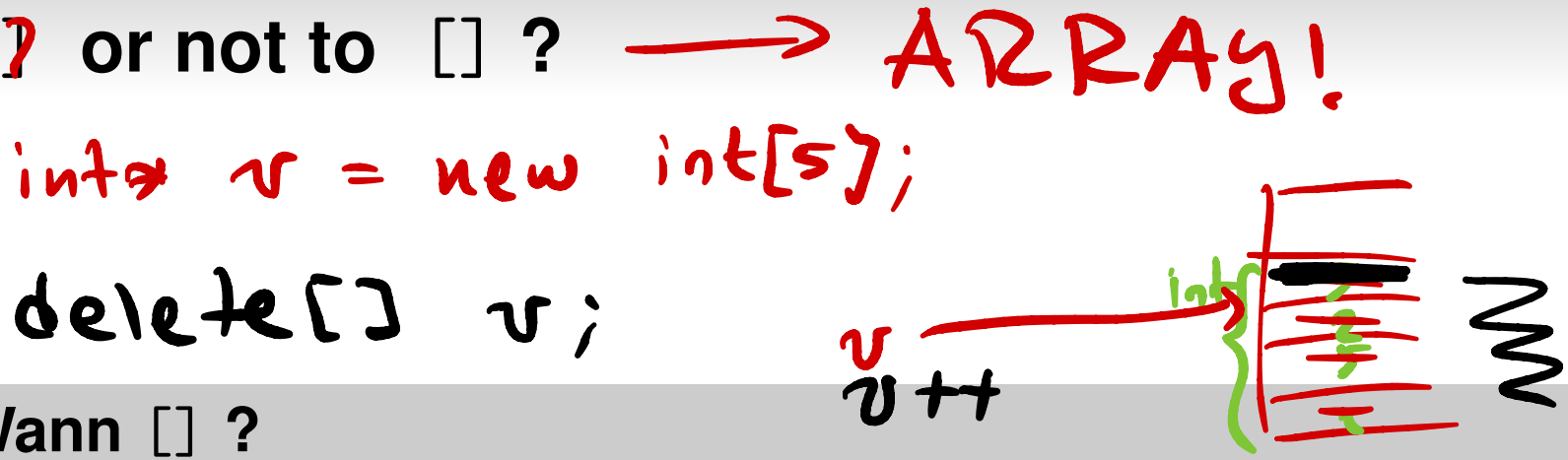
Memory Leak

= wenn Zeug in Mem bleibt, aber wir Adr./Ptr nicht mehr haben

```
{ int* w = new int(5); ①
  // ...
  w = v;
}
```



[] or not to [] ?



Wann [] ?

Eigentlich ganz einfach:

- nutzt `new T[]` wenn ihr mehr als ein Objekt allozieren möchte
- nutzt `delete[]` wenn ihr mehr als ein Objekt *de*allozieren möchte

Schaut euch unbedingt die ▸ Summary 13 an!

☒ was, wenn delete[] ++v?

→ schauen wir in der n. session an

Fragen/Unklarheiten?

Digital Entomology

- entspant euch

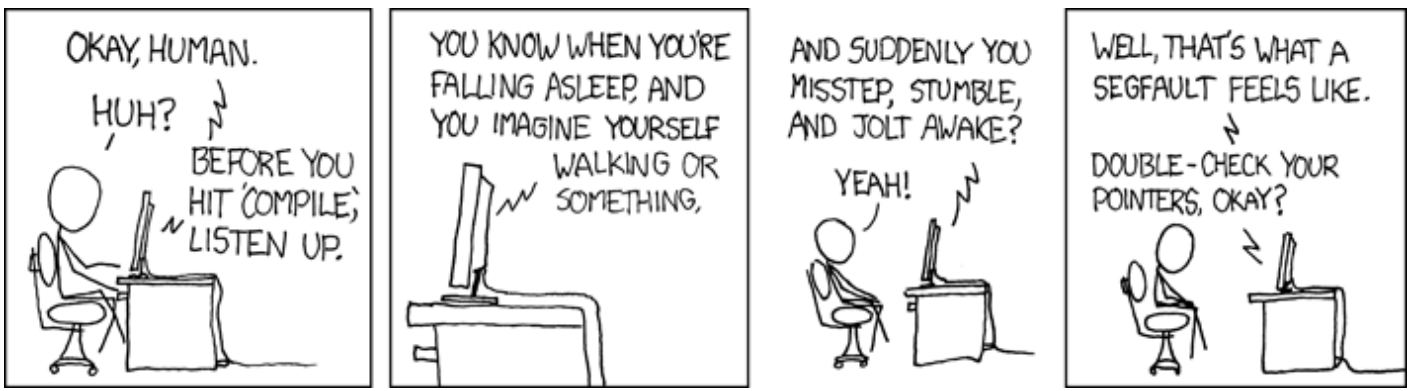
Digital Entomology

- entspant euch
- atmet tief ein und aus

Digital Entomology

- entspant euch
- atmet tief ein und aus
- findet die Bugs und kategorisiert sie

Informatik
Exercise Session 12



https://xkcd.com/371/

Find mistakes in the following code and suggest fixes:

```
1  // PRE: len is the length of the memory block that starts at array
2  void test1(int* array, int len) {
3      int* fourth = array + 3;
4      if (len > 3) {
5          std::cout << *fourth << std::endl;
6      }
7      for (int* p = array; p != array + len; ++p) {
8          std::cout << *p << std::endl;
9      }
10 }
```

Find mistakes in the following code and suggest fixes:

```
1  // PRE: len is the length of the memory block that starts at array
2  void test1(int* array, int len) {
3      //int* fourth = array + 3;       //"ERROR"
4      if (len > 3) {
5          int* fourth = array + 3;     // OK
6          std::cout << *fourth << std::endl;
7      }
8      for (int* p = array; p != array + len; ++p) {
9          std::cout << *p << std::endl;
10     }
11 }
```

Even if the pointer is not dereferenced, it must point into a memory block or to the element just after its end.

Find mistakes in the following code and suggest fixes:

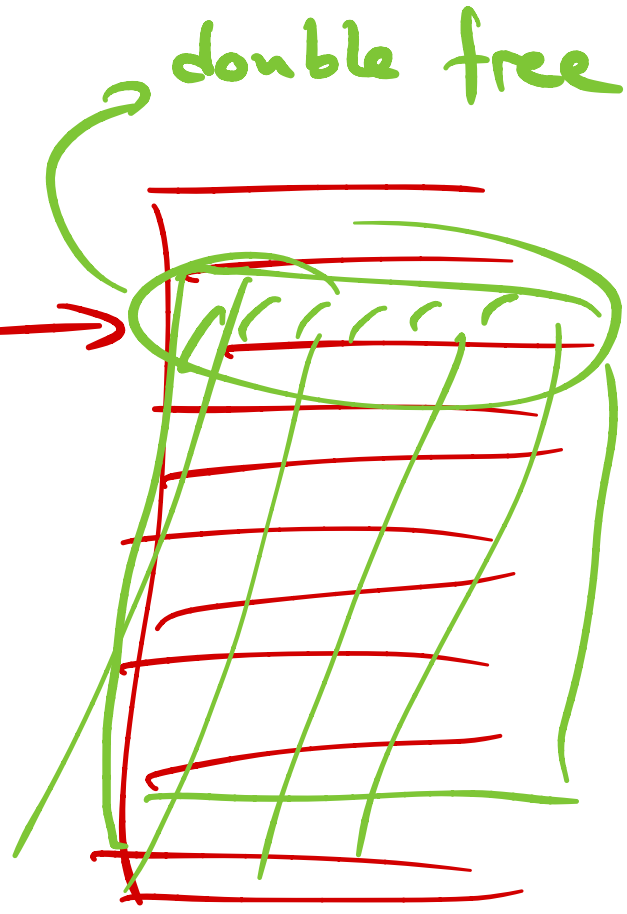
```
1  // PRE: len >= 2
2  int* fib(unsigned int len) {
3      int* array = new int[len];
4      array[0] = 0; array[1] = 1;
5      for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
6          *p = *(p-2) + *(p-1); }
7      return array; }
8  void print(int* array, int len) {
9      for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
10         std::cout << *p << " ";
11     }
12 }
13 void test2(unsigned int len) {
14     int* array = fib(len);
15     print(array, len);
16 }
```

```
1  // PRE: len >= 2
2  int* fib(unsigned int len) {
3      int* array = new int[len];
4      array[0] = 0; array[1] = 1;
5      for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
6          *p = *(p-2) + *(p-1); }
7      return array; }
8  void print(int* array, int len) {
9      for (int* p = array+2; p < array + len; ++p) {
10         std::cout << *p << " ";
11     }
12 }
13 void test2(unsigned int len) {
14     int* array = fib(len);
15     print(array, len);
16 }   // array is leaked; to fix add: delete [] array
```

Find mistakes in the following code and suggest fixes:

```
1  // PRE: len >= 2
2  int* fib(unsigned int len) {
3      // ...
4  }
5  void print(int* m, int len) {
6      for (int* p = m+2; p < m + len; ++p) {
7          std::cout << *p << " ";
8      }
9      delete m;
10 }
11 void test2(unsigned int len) {
12     int* array = fib(len);
13     print(array, len);
14     delete [] array;
15 }
```

```
1  // PRE: len >= 2
2  int* fib(unsigned int len) {
3      // ...
4  }
5  void print(int* m, int len) {
6      for (int* p = m+2; p < m + len; ++p) {
7          std::cout << *p << " ";
8      }
9      delete m;    // should be delete []
10 }
11 void test2(unsigned int len) {
12     int* array = fib(len);
13     print(array, len);
14     delete [] array; // array deallocated twice
15 }
```



Tipps für [code]expert

E13:T1 Operator delete

Tipps für [code]expert

E13:T1 Operator delete

- basically wieder Bug Hunt

E13:T2 Array-based Vector, Rule of Three

Tipps für [code]expert

E13:T1 Operator delete

- basically wieder Bug Hunt

E13:T2 Array-based Vector, Rule of Three

- für sehr eleganten Code braucht ihr wahrscheinlich eine Hilfsfunktion, die ihr selbst implementieren müsst

E13:T3 Smart Pointers

Tipps für [code]expert

E13:T1 Operator delete

- basically wieder Bug Hunt

E13:T2 Array-based Vector, Rule of Three

- für sehr eleganten Code braucht ihr wahrscheinlich eine Hilfsfunktion, die ihr selbst implementieren müsst

E13:T3 Smart Pointers

- dito, die gleiche Funktion sogar
- vergesst nicht, immer schön zu überprüfen, ob ihr davor seid, einen `nullptr` zu dereferenzieren

Allgemeine Fragen?

Bis zum nächsten Mal

- ☐ macht eure Hausaufgaben
- ☐ bleibt gesund