

# ESSE Einführung in Security – VO 07: Sicherheitsimplikationen von Typisierung in Programmiersprachen

Alexander Firbas, Rafael Vrecar, Florian Fankhauser, Christian Schanes

24W



ESSE (Establishing Security) – IT Security Research Team  
Research Group for Industrial Software (INSO)  
<https://establishing-security.at/>

# Agenda

- Was macht eine Programmiersprache sicher?
- Safety & (Un)Definedness
- Verschiedene Typisierungsansätze & Type Safety
- Vergleich: C & Rust
- Fehlerbehandlung
- Speicherverwaltung
- Quellen & Literatur
- Zusammenfassung

## Quiz:

*Was sind die Ergebnisse der folgenden Ausdrücke?*

# (JavaScript)

'2' + 3

1. 5
2. "23"
3. TypeError
4. undefined

(PHP)

'2' + 3

1. 5
2. "23"
3. TypeError
4. undefined

# (JavaScript)

'5' - 3

1. 2
2. "2"
3. undefined
4. TypeError

(PHP)

'5' - 3

1. 2
2. "2"
3. undefined
4. TypeError

(C)

'5' - 3

1. 50
2. "2"
3. undefined
4. TypeError

# (Python)

'5' - 3

1. 50
2. "2"
3. undefined
4. TypeError

# (JS & PHP)

0.3 + 0.5 === 0.8

1. true
2. false
3. TypeError
4. undefined

# (JS & PHP)

`0.3 + 0.5 == 0.8`

1. true
2. false
3. TypeError
4. undefined

# (JavaScript)

## typeof NaN

1. NaN
2. number
3. undefined
4. object

# (JS & PHP)

"2" == 2

1. true
2. false
3. undefined
4. TypeError

# (JS & PHP)

"2" === 2

1. true
2. false
3. undefined
4. TypeError

# (JavaScript)

## Boolean(null)

1. true
2. false
3. undefined
4. TypeError

# (JavaScript)

[] + []

1. []
2. ""
3. undefined
4. TypeError

# (JavaScript)

[] + {}

1. 0
2. "[]"
3. "[object Object]"
4. TypeError

# *Was macht eine Programmiersprache sicher?*

# (Eine) Definition: „Safe Programming Language“

„In einer **Safe Programming Language** (dt. sicheren Programmiersprache) kann man den Abstraktionen vertrauen, welche die Sprache bietet.

Eine alternative Charakterisierung, die etwas konkreter ist, lautet:

In einer sicheren Programmiersprache haben die Programme immer eine präzise und wohldefinierte Semantik.“

(Vergleiche Poll, 2023. S13.)

# Safety & (Un)Definedness

- dt. Sicherheit & (Un)bestimmtheit
- Programmstatements nur unter bestimmten Umständen sinnvoll
- **Beispiel:** `a[i] = (float) x;` erfordert, dass ...
  - a ein Array ist, welches `float` speichern kann,
  - i einen `integer`-Wert innerhalb der Array-Schranken gespeichert hat
- stimmt eine dieser Bedingungen nicht, ist unklar, welche Semantik das Statement haben soll

(Vergleiche Poll, 2023. S14f.)

# Unklare Semantik: 2 Ansätze

- Akzeptanz von unsinnigen Statement-Ausführungen mit undefinierter Semantik
  - Programmierer:in muss korrekte Ausführung sicherstellen
  - Verhalten bei undefinierten Fällen abhängig von Compiler, Plattform und gegenwärtigem Speicherinhalt sowie Programmzustand
- Sicherstellung korrekter Statement-Ausführung oder Fehlermeldung
  - Sprache verhindert/detektiert unsinnige Ausführung durch Kompilier- oder Laufzeitprüfungen

(Vergleiche Poll, 2023. S14f.)

# Unklare Semantik: sicher vs. unsicher

- 1. Ansatz führt zu *unsicheren*, 2. *sicheren* Programmiersprachen
- sichere Sprachen: immer präzise definierte Semantik oder Fehlermeldung
- **Beispiele unsicherer Sprachen:** C, C++
- **Beispiele sicherer Sprachen:** C# (exkl. Pointer Arithmetik), Haskell, Java (exkl. „native machine code“ calls mit JNI), LISP, ML, Prolog, Rust
- Trend, Sprachen *sicherer* zu gestalten in Go, JavaScript ( $\Rightarrow$  TypeScript), PHP, Python, Ruby, Scala
- neuere Systemprogrammiersprachen wie Rust und Swift mit Sicherheitsfokus

(Vergleiche Poll, 2023. S14f.)

# Ist *unsicher* immer schlecht?

- *Vorteil* unsicherer Ansatz: Geschwindigkeit, Kompatibilität (i.e., C)
- *Nachteil*: Sicherheitsrisiken, keine Garantie für Programmverhalten
- Sicherheit versus praktische Erwägungen (Geschwindigkeit, Bequemlichkeit)
- Sicherheitsopfer zugunsten praktischer Vorteile oft bereit
- tägliche Probleme: Buffer Overflows in C-Programmen
- Schreiben sicherer Programme ohne Sprachsicherheitsmechanismen ist schwierig(er)!

(Vergleiche Poll, 2023. S14f.)

*Inwiefern spielt Typisierung bei der Sicherheit von Sprachen eine Rolle?*

*Was kann sie für uns leisten?*

# Type Safety: Allgemeines

- **Type Safety (dt. Typsicherheit)** als wichtige Sicherheitsform
- Typsysteme legen Einschränkungen auf, um *unsinnige Programm(zustände)* zu vermeiden
- Sicherheit durch Vermeidung von Typfehlern bei der Ausführung
- **Typsichere Sprachen:** C#, Go, Haskell, Java, Kotlin, ML, Python, Rust, Swift
- **Typunsichere Sprachen:** C, C++

(Vergleiche Poll, 2023. S18ff.)

# Type Safety: Expressivität, potenzielle Probleme

- **Expressivität** (Ausdrucksstärke) und Typüberprüfungen beeinflussen Programmiersicherheit
- Umgang mit `null`-Werten: Laufzeitprüfung vs. Typsystemerweiterungen
  - **Beispiel Kotlin:** Unterscheidung: nullable und non-null Typen
- Fragilität der Typsicherheit durch potenzielle „Schlupflöcher“
  - z.B. **Type Confusion** durch Speicherinterpretation und -manipulation
    - ▶ Navigator 3.0
    - ▶ Java Card

(Vergleiche Poll, 2023. S18ff.)

# Beispiele für verschiedene Typisierungsansätze

- Statische Typisierung
- Dynamische Typisierung
- Starke Typisierung
- Schwache Typisierung
- Duck Typing / Strukturelles Typing
- Nominal Typing
- Typinferenz
- Generische Typisierung
- Dependently Typed Languages

# Statische und Dynamische Typisierung

- **statisch**  $\Rightarrow$  Datentyp einer Variable ist zur *Compile-Time* bekannt und kann sich *nicht ändern*.
- **dynamisch**  $\Rightarrow$  Datentyp einer Variable wird zur *Laufzeit* ermittelt und kann sich *ändern*.
- Beispiele in Java (statisch) und Python (dynamisch):
  - Java:

```
int nummer = 1; // nummer IMMER Typ int
```
  - Python:

```
nummer = 1 # nummer ist zunaechst Typ int  
nummer = "eins" # und schon ist nummer Typ str
```

# Starke und Schwache Typisierung

- **stark** ⇒ Typen von Werten strikt gehandhabt, Konvertierungen zwischen inkompatiblen Typen müssen *explizit* gemacht werden
- **schwach** ⇒ Konvertierungen zwischen inkompatiblen Typen können *implizit* gemacht werden
- Beispiele in Python (stark) und JavaScript (schwach):
  - Python:

```
a = "5" + 10 # TypeError  
a = "5" + str(10) # gueltig
```
  - JavaScript:

```
var a = "5" + 10; // a = "510" (String), da 10 zu String konvertiert
```

# Duck Typing / Strukturelles Typing, Nominal Typing

- **Duck Typing:** Eigenschaften & Methoden eines Objekts bestimmen Zugehörigkeit zu Typ: „Wenn es wie eine Ente quakt und wie eine Ente läuft, dann ist es wahrscheinlich eine Ente.“
- **Strukturelles Typing:** Typenkompatibilität basiert auf Struktur eines Typs, d.h. Mitgliedern & Methoden, unabhängig von Name
- **Nominal Typing:** Typenbestimmung basierend auf Namen und expliziten Definitionen. Zwei Typen nur kompatibel, wenn selber Namen oder einer explizit als Untertyp des anderen deklariert

# Typinferenz, Generische Typisierung, Dependently Typed Languages

- **Typinferenz:** Fähigkeit vom Compiler/Laufzeitumgebung, Typ automatisch aus Kontext zu erschließen, ohne explizite Angabe
- **Generische Typisierung:** Typen mit Variablen definieren, sodass mit verschiedenen anderen Typen wiederverwendbar
- **Dependently Typed Languages:** Typen können von Werten abhängen, ermöglicht ausdrucksstarke Typsysteme, eng mit Programm-Logik verknüpft

# Beispiel für Typisierung in verschiedenen Sprachen

**Funktion/Methode** `mylen` schreiben, die als **Parameter** `String` hat, und dessen *Länge* als **Integer** zurückgibt.

# mylen in Python

```
def mylen(s: str) -> int:  
    return len(s)
```

- Laufzeitprüfung
- Duck Typing
- Typannotationen haben keine bindende Bedeutung

# mylen in Java

```
static int mylen(String s) {  
    return s.length();  
}
```

- Statische Prüfung
- `s == null`  $\Rightarrow$  `NullPointerException`

# mylen in Kotlin (Variante 1)

```
fun mylen(s : String) : Int {  
    return s.length;  
}
```

- Statische Prüfung
- *Typsystem* stellt sicher, dass String nicht `null` ist.
- $\Rightarrow$  `NullPointerException` ist *nicht* möglich!

## mylen in Kotlin (Variante 2)

```
fun mylen(s : String?) : Int {  
    return s?.length ?: 0;  
}
```

- Statische Prüfung
- String darf zwar `null` sein, aber Typsystem zwingt uns, Fehlerbehandlung durchzuführen
- $\Rightarrow$  `NullPointerException` ist *nicht* möglich!

# Type Safety: Ausblick

- mathematische Beweise der Korrektheit von Typsystemen
- Theorembeweiser stellen Zuverlässigkeit der Verifikation sicher
- Definition der Typsicherheit sowohl informell als auch formal
- Äquivalenzbeweise für defensive und untypisierte Semantiken
- Repräsentationsunabhängigkeit als Beweisziel für Typsicherheit

(Vergleiche Poll, 2023. S18ff.)

# Zwischenfazit zu „Safety“ von Programmiersprachen

- Sicherheit in Programmiersprachen vielschichtig, nicht nur Speicher und Typen
- Sicherheitsniveau variiert in verschiedenen Bereichen
- Low-Level-Sprachen mit weiteren Sicherheitsaspekten: Kontrollfluss und Stack
- Wichtigkeit korrekter Argumentanzahl bei Prozeduraufrufen
- ROP-Attacken als Beispiel für Kontrollfluss-Schwachstellen
- Format-String-Angriffe als Schwäche in C

# Ein gängiger Fehler: Integer-Überlauf

- Sicherheit muss insbesondere auch bei Basisoperationen wie Arithmetik mitgedacht werden
- unterschiedlicher Umgang mit Integer-Überläufen in Sprachen
- undefiniertes Verhalten bei Überlauf in C
- Java definiert Überlaufverhalten präzise, C# ermöglicht Überlauf-Exceptions
- Überlaufbehandlung in sicherheitskritischen Systemen extrem wichtig
- Ariane V als Beispiel für katastrophalen Überlauf-Fehler

## *Quiz Part 2:*

### *Let's talk about C*

*Was sind die Ergebnisse der folgenden Ausdrücke?*

# C-Quiz: Frage 1

```
int main(void) {  
    int i = 0;  
    return i++ + ++i;  
}
```

1. 1
2. 2
3. 3
4. Ich weiß es nicht.

## C-Quiz: Frage 2

```
int main(void) {  
    int i = 16;  
    return (((((i >= i) << i) >> i) <= i));  
}
```

1. 0
2. 1
3. 16
4. I don't know.

## C-Quiz: Frage 3

```
int main(void) {  
    char a = ' ' * 13;  
    return a;  
}
```

1. 416
2. 160
3. -96
4. Ik weet het niet.

# C-Quiz: Frage 4

```
int main(void) {  
    char a = 0;  
    short int b = 0;  
    return sizeof(b) == sizeof(a+b);  
}
```

1. 0
2. 1
3. 2
4. Je ne sais pas.

## C-Quiz: Frage 5

```
struct S {  
    int i;  
    char c;  
} s;  
  
int main(void) {  
    return sizeof>(&s);  
}
```

1. 4
2. 5
3. 8
4. No lo sé.

# C-Quiz: Auflösung

1. Auflösung live in der VO! :)

(Vergleiche <https://wordsandbuttons.online/SYTYKC.pdf>)

# Fehlerbehandlung anhand des Rückgabewertes in C

- Rückgabewert null

```
void *ptr = malloc(size);  
if (ptr == NULL) { /* Fehler */ }
```

- negative Rückgabewerte

```
int fd = open("invalidfile", O_RDONLY);  
if (fd < 0) { /* Fehler */ }
```

- Rückgabe spezieller Konstanten

```
int c = fgetc(file);  
if (c == EOF) { /* Fehler oder end-of-file */ }
```

# Weitere Strategien zur Fehlerbehandlung in C

- funktionsabhängige Konventionen

```
char *end;
```

```
long i = strtol(str, &end, 10);
```

```
if (end == str) { /* Fehler */ }
```

- undefiniertes Verhalten

```
free(ptr); free(ptr);
```

⇒ Fehlerbehandlung nicht möglich/sinnvoll

- fremder Code: willkürliche weitere Konventionen möglich

# Herausfinden, welcher Fehler aufgetreten ist (in C)

- Überprüfung des Rückgabewertes auf spezielle Fehlerwerte
- Überprüfung globaler Fehlercodevariable
  - `errno` in der C-Standardlibrary `libc`
  - *Achtung*: Ist `errno` threadsafe auf aktueller Plattform?
  - *Achtung*: Auch wenn `errno` threadsafe ist: *„signal handlers that call functions that may set `errno` or modify the floating-point environment must save their original values, and restore them before returning.“* – *glibc Dokumentation*
  - *Achtung*: Ist `errno` aktuell?
  - *Achtung*: `errno` nicht universell, siehe z.B.: `ferror`

# Herausforderungen korrekter Fehlerbehandlung in C

- erfordert absolute Präzision durch Programmierer:in
- wird nicht durch Typsystem/Compiler sichergestellt
- *Ist ein zusätzlicher Aufwand!*

*Wie kann ein modernes Typsystem helfen?*

# Fallbeispiel Rust – eine *sichere* Programmiersprache

- entwickelt von Mozilla als Antwort auf Jahrzehnte der unsicheren Systemprogrammierung
- wird in Linux Kernel integriert, zunehmende Nutzung, Platz 13 (Okt. 2024; Okt. 2023: 20) im Tiobe Index
- „Zero-Cost Abstractions“ und Performance auf C-Niveau

Language	Time
C	1.00
Rust	1.04
C++	1.56
Java	1.89
⋮	⋮
Python	71.90
Lua	82.91

(Vergleiche Pereira et al. 2017, <https://rust-for-linux.com/>,  
<https://www.tiobe.com/tiobe-index/>)

# Allgemeines zur Fehlerbehandlung in Rust

- keine (optional) überprüften Fehlercodes
- kein (optional überprüfter) globaler State (`errno`, ...)
- keine Exceptions (  $\implies$  Keine unerwarteten Sprünge im Kontrollfluss)
- stattdessen: Fehler werden mittels `Result`-Typ abgebildet. (Ausnahme: panics, entstehen z.B.: bei Division durch 0)

```
enum Result<T, E> {  
    Ok(T),  
    Err(E),  
}
```

# Fehlerbehandlung in Rust mittels Pattern Matching

- Behandlung von Normal- & Fehlerfall mittels *Pattern Matching*

```
let result: Result<File, io::Error> = File::open("file");
match result {
    Ok(file) => {
        // Do something with file ...
    },
    Err(e) => {
        // Handle error ...
    }
}
```

# Herausfinden, welcher Fehler aufgetreten ist (in Rust)

```
match e.kind() {  
    io::ErrorKind::NotFound => { /* ... */ },  
    io::ErrorKind::PermissionDenied => { /* ... */ },  
    _ => { /* any other error kind */ }  
}
```

- Compiler erzwingt, dass jeder Wert von `e.kind()` durch ein Pattern abgedeckt ist

# Resümee zur Fehlerbehandlung in Rust

- genau eine Art, Möglichkeit an Fehlern zu signalisieren
- Fehler können wegen Typsystem nicht ignoriert werden
- keine Fehlerausprägung kann wegen Semantik von `match` übersehen werden
- Panics (=Termination wegen Fehler) sind möglich, aber *niemals undefiniertes Verhalten!*

# *Microsoft Survey 2019: 70% der Security Bugs sind Memory Safety Issues*

(Vergleiche <https://www.zdnet.com/article/microsoft-70-percent-of-all-security-bugs-are-memory-safety-issues/>)

# Manuelle Speicherverwaltung

- z.B. C
- `malloc` und `free`
- **Vorteil:** kein Performance-Overhead, *Sicherheitsvorteil:* Löschen des Speichers kann sichergestellt werden (i.e., bei sensiblen Daten kann Speicher direkt gelöscht werden)
- **Nachteil:** katastrophale Fehler möglich

# Automatische Speicherverwaltung zur Laufzeit

- z.B. Swift, Java
- **Vorteil:** garantierte Speichersicherheit
- **Nachteil:** konstanter Overhead (z.B. in Swift) und/oder unerwartbarers Pausieren der Ausführung für Garbage Collection (z.B. bei Java)
- **ACHTUNG:** nur weil gute Abstraktion vorhanden, sind nicht automatisch alle Speicherprobleme „gelöst“

# Automatische Speicherverwaltung zur Übersetzungszeit

- z.B. Rust
- **Vorteil:** kein (oder minimaler) Performance-Overhead, garantierte Speichersicherheit, Speicher-Bugs werden zur Übersetzungszeit anstatt Laufzeit sichtbar
- **Nachteil:** Programmierung schwieriger
- *konzeptuell:* vor Kompilation werden `malloc/free` an den *beweisbar* richtigen Stellen eingefügt
- möglich, da Code strikte Regeln erfüllen muss
- in Rust realisiert durch
  - Ownership
  - Borrowing

# Ownership in Rust

1. Jeder Wert hat *genau einen* Owner.
2. Wenn Owner eines Wertes Scope verlässt, wird Wert freigegeben.

# Moves in Rust

- *Achtung*: Semantik von Zuweisungen ist fundamental anders als in C, Java, Python ...
- Primitive Typen wie integer, floats (Allgemeiner: Typen mit *Copy-Trait*) werden kopiert
- sonst: Zuweisung  $y = x$  überträgt *y* Ownership über Wert von *x* und *x* verlässt Scope

```
let x : String = String::from("esse");
```

```
let y : String = x;
```

```
println!("y = {}", y); // ok
```

```
println!("x = {}", x); // compile error
```

- analog erzeugt Parameterübergabe & Funktionswertrückgabe einen Move

# Moves in Rust – Beispiel 1

```
fn calc_len(input : String) -> usize {  
    return input.len()  
}  
  
fn main() {  
    let input = String::from("esse");  
    let len = calc_len(input);  
    println!("'{0}' is {1} chars long", input, len);  
    // compile error!  
}
```

## Moves in Rust – Beispiel 2

```
fn calc_len(input : String) -> (usize, String) {
    return (input.len(), input)
}

fn main() {
    let input = String::from("esse");
    let (len, input) = calc_len(input);
    println!("'{0}' is {1} chars long", input, len);
    // Ok
}
```

# Borrowing in Rust

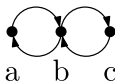
- Variablen in Rust sind entweder ...
  - immutable (`let x : T = ...`)
  - oder mutable (`let mut x : T = ...`)
- Referenz == Pointer auf Wert, aber kein Ownership
- „Borrowing“ ist der Akt der Referenzerstellung
- für einen Wert `x : T` gibt es ...
  - *entweder* beliebig viele lesende Referenzen (`&x : &T`),
  - *oder* höchstens eine schreibende Referenz (`&mut x : &mut T`)
- Referenzen zeigen *immer* auf gültigen Speicher

# Borrowing in Rust – Beispiel

```
fn calc_len(input : &String) -> usize {  
    return (*input).len()  
    // Gleiche Bedeutung (Syntax Sugar) haette:  
    // return input.len()  
}  
  
fn main() {  
    let input = String::from("esse");  
    let len = calc_len(&input);  
    println!("'{0}' is {1} chars long", input, len);  
    // Ok  
}
```

# Grenzen des Borrow-Checkers

- doppelt verkettete Liste



- Implementierung naiv nicht möglich – „Learn Rust With Entirely Too Many Linked Lists“
- im Allgemeinen: nicht jeder sichere Code kann von Borrow-Checker erkannt werden (vgl. Halteproblem).
- Lösung: Sichere Abstraktionen bauen, die auf `unsafe`-Blöcken aufbauen
  - willkürlicher Speicherzugriff
  - Aufruf von Maschinencode ausserhalb Rusts

(Vergleiche <https://rust-unofficial.github.io/too-many-lists/>)

# Weiterführende Speicherverwaltung in Rust

„Smart Pointer“ sind ebensolche sicheren Abstraktionen:

- `Rc<T>` = `ReferenceCounting<T>` ermöglicht multiple Ownership von konstanten Werten
- `RefCell<T>` Referenz auf mutablen Speicher, Borrow-Checks werden zur Laufzeit statt statisch ausgeführt
- ...

andere Features, z.B.

- disjunkte Partitionierung von Arrays ermöglicht multiple mutating Referenzen auf Array (wichtig für Threading)

# Rust verhindert Pointer auf ungültigen Speicher

- „Dangling pointers“ – Pointer auf ungültigen Speicher:

// In C:

```
char* get_string() {  
    char my_string[] = "esse";  
    return my_string;  
} // Ok
```

// In Rust:

```
fn get_string() -> &String {  
    let my_string = String::from("esse");  
    return &my_string;  
} // compile error: Referenz &my_string kann nicht  
    // laenger als owner (my_string) leben
```

⇒ Keine „use after free“ Sicherheitslücken

- Memory Leaks:

// In C:

```
void do_something() {  
    char* wasted_memory = malloc(1024);  
} // Ok
```

// In Rust:

```
fn do_something() {  
    let not_wasted_memory = /* anything */  
}  
// not_wasted_memory verlaesst Scope,  
// bessener Wert wird hier und nur hier freigegeben
```

⇒ Auch keine *double free* Fehler möglich

# Rust verhindert Buffer Overflows

- Buffer Overflows:

```
// In C:  
void buffer_overflow() {  
    char buffer[10];  
    strcpy(buffer, "This is way too long for the buffer");  
}  
// Undefiniertes Verhalten!
```

- in Rust: Zur Laufzeit wird immer ein Bounds-Check durchgeführt.
  - Bei ungültigem Zugriff: `panic` = Programmtermination
  - *Kein undefiniertes Verhalten!*

# Rust verhindert Auslesen von uninitialized Speicher

```
// In C:  
void uninitialized_memory() {  
    int x;  
    printf("%d\n", x);  
}  
// undefiniertes Verhalten!
```

- in Rust: Nur initialisierte Werte können gelesen werden, sonst liegt ein compile error vor.

# Rust verhindert Data Races

- „Data Races“: Nebenläufiges, unsynchronisiertes Schreiben auf geteilten Speicher mehrerer Prozesse
- nicht möglich, da für jeden Wert maximal eine schreibende Referenz gleichzeitig existieren kann
- nebenläufiges Schreiben nur auf kontrollierte Art möglich, z.B.: mittels `Mutex`

# Statische Garantien durch Makro & Typsystem in Rust

Makros in Rust (Ausdrücke mit „!“) ...

- Rust-Code, der zur Compile-Time ausgeführt wird
- anders als der C-Präprozessor (rohe Stringmanipulation)
- erlauben mächtige Überprüfungen zur Übersetzungszeit

```
println!("Pi auf 4 Nachkommastellen = {:.4}",  
        std::f64::consts::PI);
```

⇒ „Pi auf 4 Nachkommastellen = 3.1416“

```
println!("Pi auf 4 Nachkommastellen = {:.4}",  
        "Apfel", "Kuchen");
```

⇒ compile error

# Beispiel für fortgeschrittene statische Prüfung in Rust

```
struct User { name: String, id: i64 }  
let user = sqlx::query_as!(User,  
    "SELECT * FROM User WHERE name = ?",  
    name  
)  
.fetch_all(&pool).await?;
```

# Erklärung zur fortgeschrittenen statischen Prüfung in Rust

- SQLx Library: <https://github.com/launchbadge/sqlx>
- die statische Typisierung und Überprüfung zur Kompilationszeit anhand einer Dev-Datenbank stellt sicher, dass
  - das SQL-Statement valide ist,
  - die DB ein Ergebnis zurückgibt, welches mit der `User`-Struktur verträglich ist
  - das Ergebnis automatisch geparsed wird
  - der Parameter `name` mit der Anfrage verträglich ist

# Keine Nullpointer, aber Options in Rust

*„I call it my billion-dollar mistake. It was the invention of the null reference in 1965. (...)“ – Tony Hoare*

- Rust besitzt keine Nullpointer (Ausnahme: „raw pointers“ in `unsafe` Blöcken)
- Möglichkeit, dass Werte fehlen können, wird analog zu Fehlern mittels `enum` abgebildet:

```
pub enum Option<T> {  
    None,  
    Some(T),  
}
```

# Quellen & Literatur 1/3

- Cristina Cifuentes und Gavin Bierman. *What is a secure programming language?* In *3rd Summit on Advances in Programming Languages (SNAPL 2019)*. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2019.  
<https://doi.org/10.4230/LIPIcs.SNAPL.2019.3>
- Erik Poll. *Language-Based Security*. 2023.  
[http://cs.ru.nl/E.Poll/papers/language\\_based\\_security.pdf](http://cs.ru.nl/E.Poll/papers/language_based_security.pdf)
- Rui Pereira, Marco Couto, Francisco Ribeiro, Rui Rua, Jácome Cunha, João Paulo Fernandes, und João Saraiva. *Energy efficiency across programming languages: how do energy, time, and memory relate?* In *Proceedings of the 10th ACM SIGPLAN international conference on software language engineering*, Seiten 256–267, 2017.  
<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3136014.3136031>

# Quellen & Literatur 2/3

- Steve Klabnik und Carol Nichols. *The Rust programming language*. No Starch Press, 2023.  
<https://doc.rust-lang.org/book/title-page.html>
- Alexis Beingessner. *Learn Rust With Entirely Too Many Linked Lists*. <https://rust-unofficial.github.io/too-many-lists/>, Mai 2022.  
*Accessed: 2024-10-07*
- Rust for Linux Project. *Rust For Linux*. <https://rust-for-linux.com/>, 2023.  
*Accessed: 2024-10-07*
- Tiobe. *Tiobe Index*. <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>, November 2023.  
*Accessed: 2024-10-07*

# Quellen & Literatur 3/3

- Oleksandr Kaleniuk. [So You Think You Know C?](https://wordsandbuttons.online/SYTYKC.pdf)  
<https://wordsandbuttons.online/SYTYKC.pdf>, 2020.  
*Accessed: 2024-10-07*
- Catalin Cimpanu. [Microsoft: 70 Percent of all Security Bugs are Memory Safety Issues.](https://www.zdnet.com/article/microsoft-70-percent-of-all-security-bugs-are-memory-safety-issues/)  
<https://www.zdnet.com/article/microsoft-70-percent-of-all-security-bugs-are-memory-safety-issues/>, 2019.  
*Accessed: 2024-10-07*
- Lexy Munroe. [PHP: a fractal of bad design.](https://eev.ee/blog/2012/04/09/php-a-fractal-of-bad-design/)  
<https://eev.ee/blog/2012/04/09/php-a-fractal-of-bad-design/>, 2012.  
*Accessed: 2024-10-07*

# Zusammenfassung

- Sichere Software zu entwickeln, ist komplex!
- *unsichere* Programmiersprache  $\Rightarrow$  einfacher, kompilierendes Programm zu erzeugen; Sicherheit an Entwickler:innen ausgelagert!
- *sichere* Programmiersprache kann Teil der Bürde abnehmen
- verschiedene Ansätze bzgl. **Typisierung**
- Typisierung kann bei Refactoring helfen, insbesondere in großen Projekten
- unterschiedliche Sprachen haben (teilweise) *unintuitive, verschiedene Interpretationen* von Datentypen
- **Rust** als moderne Option; effizient und behandelt Probleme von C (*C ist alt!*)
- trotzdem: *kein Allheilmittel*
- **Aufpassen! Know Your Tools!**

**Vielen Dank!**

`https://security.inso.tuwien.ac.at/`