

Organisatorisches

Vorstellung

- 2005 Maturität
- 2008 – 2016 Polymechaniker
- seit 2010 selbstständig im Nebenerwerb: Tontechnik, Akustik, Video, Softwareentwicklung
- seit 2014 Velokurier Bern (Velo, Disposition, IT)
- 2015: BSc Elektro- und Kommunikationstechnik, Vertiefung Embedded Systems
- 2015 – 2016 DSP Entwicklung, Akustik
- seit 2016 Unterricht TEKO (Softwareentwicklung, Betriebssysteme, Netzwerktechnik, Microcomputer)

Lernziele I

Die Studierenden kennen die Methoden der objektorientierten Programmierung und können diese anwenden.

Sie sind in der Lage, mittelgrosse, vollständig objektorientierte, grafische Anwendungen zu implementieren, testen und dokumentieren.

Lernziele II

Die Studierenden

- kennen die Konzepte Kapselung, Vererbung, Polymorphie, dynamisches Binden, abstrakte Klassen und generische Programmierung und können diese in einfachen Beispielen anwenden. können den Kontrollfluss eines Programmes mit Ausnahmebehandlung verstehen und die Vorteile erläutern.
- kennen die SOLID - Prinzipien und können sie in eigenen Worten erklären.
- kennen die verschiedenen Testarten und können einfache Unit-Tests selber schreiben.

Lernziele II

Die Studierenden

- kennen das Vorgehen beim Test Driven Development und kennen die Bedeutung von Refactoring und Testing als integralen Teil der Softwareentwicklung.
- kennen das Vorgehen sowie Vor- und Nachteile des Pair-Programming.
- können eine GUI-Applikation entwickeln. Sie können dabei gängige objektorientierte Konzepte anwenden und den Code sinnvoll strukturieren.
- wissen, worauf sie bei der Auswahl eines Frameworks achten müssen.

Zeitplan

Montag 18:30 – 20:00 / 20:15 – 21:45

1. KW 43: Einstieg, Entwicklungswerzeuge
2. KW 44: Klassen und Objekte
3. KW 45: Testing, TDD
4. KW 46: Datenstrukturen
5. KW 47: Vererbung, Polymorphismus
6. KW 48: Repetition MVC
7. KW 49: statische/dynamische Bindung
8. KW 50: Clean Code
9. KW 51: Hardware, binäre Zahlendarstellung, Programmiersprachen

10. KW 2:

11. KW 3: Exceptions, Fehlerbehandlung

12. KW 4:

13. KW 5: SOLID: Single-Responsibility

14. KW 7: SOLID: Open Closed

15. KW 8: SOLID: Liskov

16. KW 9: SOLID: Interface-Segregation

17. KW 10: SOLID: Dependency-Inversion

18. KW 11: Frameworks

19. KW 12:

Unterlagen

- github.com/fhirter
- Literatur.pdf
- OneNote Klassennotizbuch

Benotung

Ratschlag

- Wenn du etwas nicht verstehst, frage! Dumme Fragen sind nur die, die nicht gestellt werden.

Einstieg

Design

"Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic."

-- Arthur C. Clarke

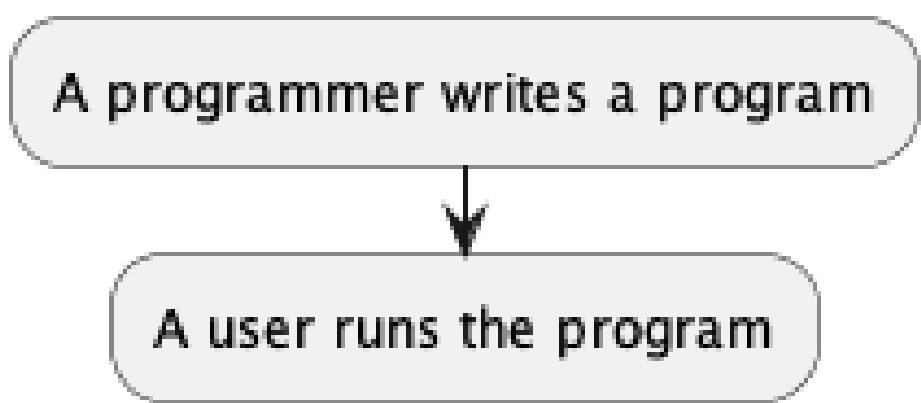
Softwareentwickler:innen bauen Maschinen

- Unsere Maschinen können nicht angefasst werden: Sie sind nicht materiell
- Wir sprechen von Programmen oder Systemen (Software)
- Um eine Softwaremaschine laufen zu lassen brauchen sie eine physische Maschine: den Computer (Hardware)

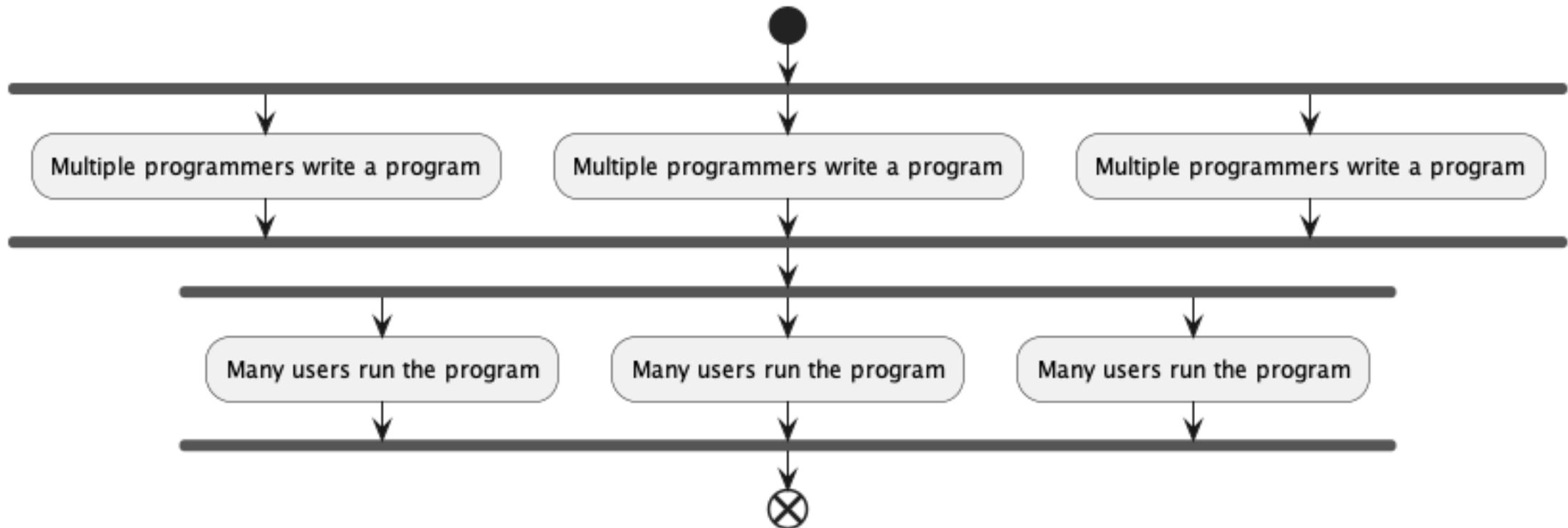
Computer

- Computer sind universelle Maschinen. Sie führen die Programme aus, die wir ihnen füttern.
- Die einzigen Grenzen sind unsere Vorstellungskraft
- Gute Nachricht
 - Dein Computer macht genau das, was man ihm sagt.
 - Er macht es sehr schnell.
- Schlechte Nachricht
 - Dein Computer macht genau das, was man ihm sagt.
 - Er macht es sehr schnell.

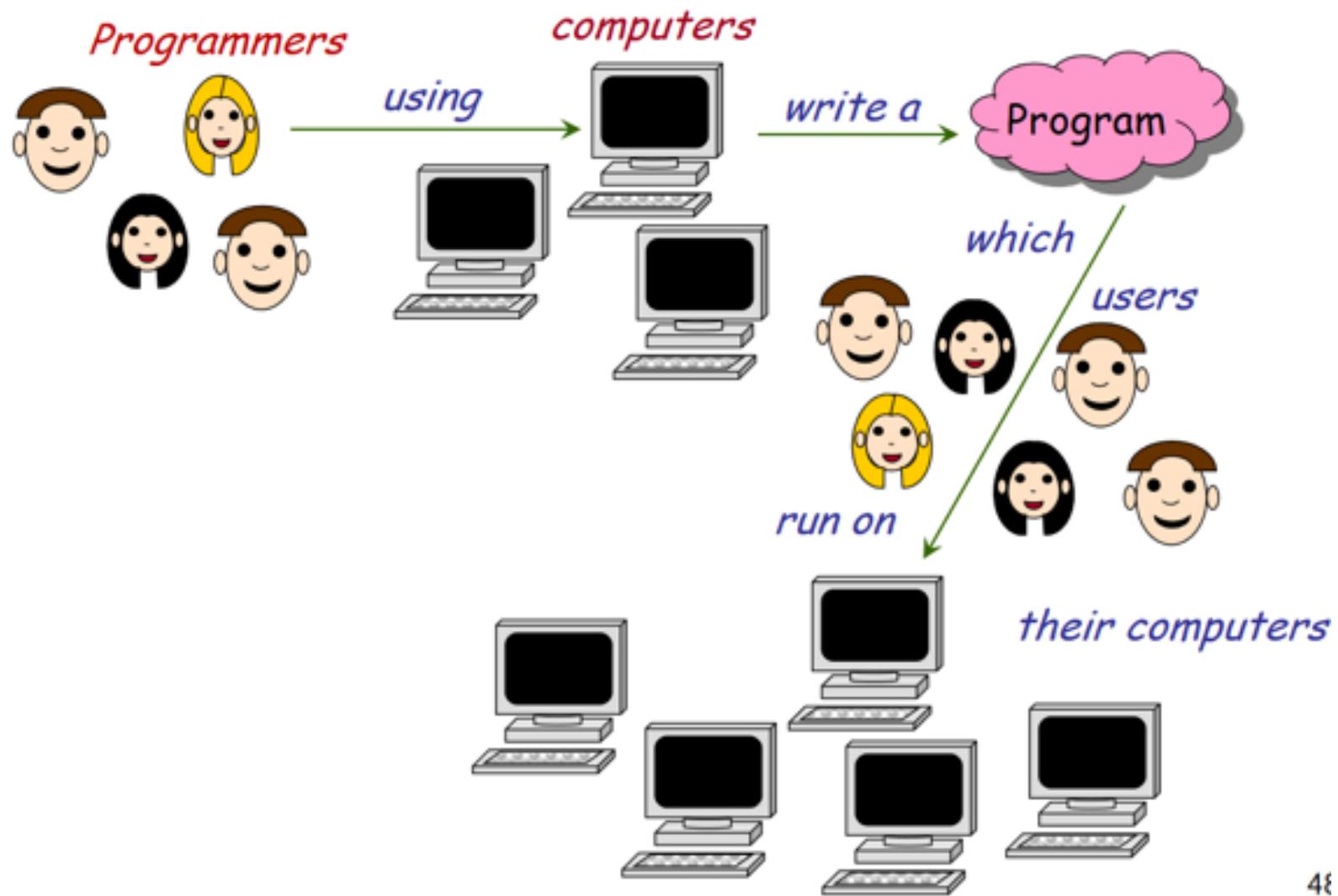
Programme erstellen und laufen lassen



Programme erstellen und laufen lassen



Programme erstellen und laufen lassen



Verbreitete Mythen und Entschuldigungen

- «Computer sind intelligent»
 - Fakt: Computer sind weder intelligent noch dumm. Sie führen Programme aus, die von Menschen entwickelt wurden.
 - Diese Programme bilden die Intelligenz ihrer Autoren ab.
 - Die grundlegenden Computeroperationen sind elementar (Speichere diesen Wert, Addiere diese beiden Zahlen...)
- «Der Computer ist abgestürzt»
- «Der Computer erlaubt das nicht»
- «Der Computer hat ihren Datensatz verloren»
- [how to never write bug - Fireship.io](#)

Software schreiben ist herausfordernd

- Programme können «abstürzen»
- Programme, die nicht «abstürzen» funktionieren nicht zwangsläufig richtig.
- Fehlerhafte Programme können Menschen töten, (medizinische Geräte, Luftfahrt) → Boeing 737 MCAS
- Ariane5 Rakete, 1996: \$10 Milliarden verloren aufgrund eines Programmfehlers.
- Programmierer sind verantwortlich für das korrekte Funktionieren der Programme
- Das Ziel dieses Fachs ist, nicht nur programmieren zu lernen, sondern gut programmieren zu lernen.

Grundsätzliche Organisation

Computer

- Computer sind universelle Maschinen, sie führen Programme aus, die wir ihnen "füttern"

Informationen und Daten

- Information ist das, was wir Menschen wollen und verstehen, z.B. ein Lied oder einen Text
 - Interpretation von Daten für Menschen
- Daten bezeichnet, wie dies im Computer gespeichert wird, z.B. als MP3 Datei.
 - Ansammlung von Symbolen in einem Computer

Informationen und Daten

- Daten werden gespeichert
- Eingabegeräte produzieren Daten aus Informationen
- Ausgabegeräte produzieren Informationen aus Daten

Wo ist das Programm?

- Stored-program computer: Das Programm ist im Speicher
 - „ausführbare Daten“
- Ein Programm kann in verschiedenen Formen im Speicher auftreten:
 - Quellcode / Sourcecode: durch Menschen lesbare Form (Programmiersprache)
 - Maschinencode: Ausführbar durch Computer
- Compiler / Interpreter transformieren von Sourcecode zu Maschinencode
- Der Computer findet das Programm im Speicher und führt es aus.

Software Engineering

Software sollte folgende Merkmale haben:

- Korrekt: Machen, was es sollte!
- Erweiterbar: Einfach zu ändern sein!
- Lesbar: durch Menschen!
- Wiederverwertbar: Das Rad nicht neu erfinden!
- Robust: Korrekt auf Fehler reagieren!
- Sicher: Angreifer abwehren!

Software schreiben ist herausfordernd

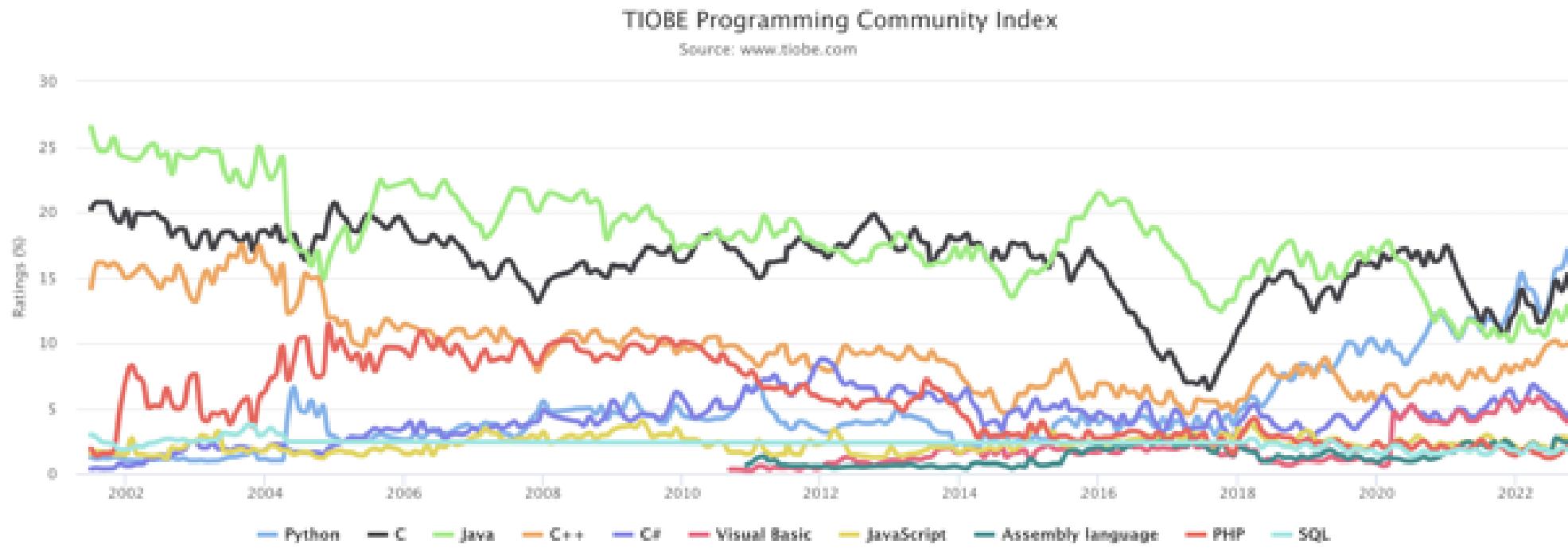
- Es ist schwierig, das Programm korrekt zu schreiben
- Trial-and-error ist ineffizient

Software schreiben macht Spass

- Entwickle deine eigene Maschine!
- Kreativität und Vorstellungsvermögen kann ausgelebt werden!
- Programme retten leben und machen die Welt besser!

Entwicklungswerkzeuge

Programmiersprachen



Tiobe Index

God-Tier Developer Roadmap

C

- 1972, Dennis Ritchie, Bell Labs
- Kompiliert
- Imperativ, Strukturiert
- statisch Typisiert
- Grosse Verbreitung in Betriebssystemen und Embedded
- Sehr schnell und effizient

C++

- 1985, Bjarne Stroustrup, Bell Labs
- Kompiliert
- Objektorientiert
- Erweiterung von C
- Schnell und effizient
- Hochkomplex
- Grosse Verbreitung in Betriebssystemen, Desktop Applikationen, Games, Datenbanken, Interpreter

Java

- 1995, James Gosling, Sun Microsystems
- Kompiliert / Virtuelle Maschine (Plattformunabhängigkeit)
- Objektorientiert
- statisch Typisiert
- Grosses Angebot an Bibliotheken und Werkzeugen
- Einfache Syntax

C#

- 2000, Anders Hejlsberg, Microsoft
- Kompiliert
- Objektorientiert
- statisch Typisiert
- Game Entwicklung (Unity), Microsoft Ökosystem

Python

- 1991, Guido van Rossum, Centrum Wiskunde & Informatica
- Interpretiert
- Objektorientiert
- dynamische Typisierung
- Einfache Syntax, schlanke Programme, wenig Ballast
- Grosses Angebot an Bibliotheken und Werkzeugen

PHP

- 1995, Rasmus Lerdorf
- Interpretiert
- Objektorientiert
- dynamische Typisierung
- Im Web weit verbreitet (Backend)

JavaScript / TypeScript

- 1995, Brendan Eich, Netscape
- Interpretiert
- Objektorientiert (Prototypenbasiert)
- dynamische Typisierung
- statische Typisierung mit TypeScript, 2014, Microsoft
- Hohe Verbreitung im Web (Frontend und Backend)

Rust

- 2015, Graydon Hoare, Mozilla
- Kompiliert
- Objektorientiert, nebenläufig
- statische Typisierung
- Keine Garbage Collection
- Sicher, Nebenläufig
- Seit 2022 im Linux Kernel verwendet

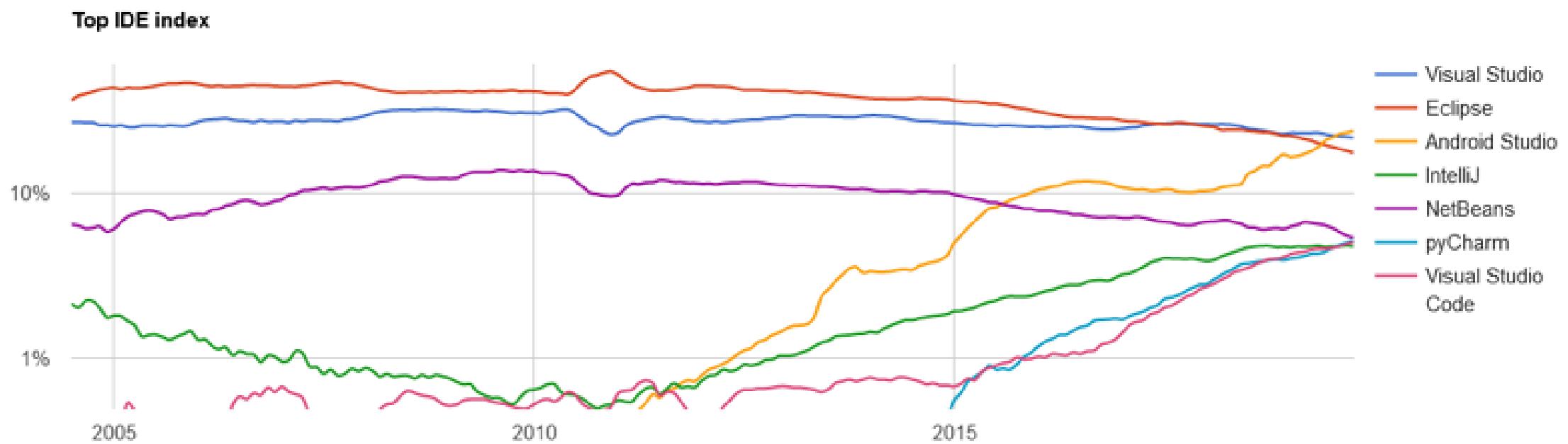
Go

- 2012, Rob Pike / Ken Thompson / Robert Griesemer, Google
- Kompiliert
- Objektorientiert, nebenläufig
- statische Typisierung
- Keine Vererbung
- Effizienz, Lesbarkeit / DX, Networking, Multiprocessing

Energy, Time, Memory Comparision

Total			
	Energy	Time	Mb
(c) C	1.00	(c) C	1.00
(c) Rust	1.03	(c) Rust	1.04
(c) C++	1.34	(c) C++	1.56
(c) Ada	1.70	(c) Ada	1.85
(v) Java	1.98	(v) Java	1.89
(c) Pascal	2.14	(c) Chapel	2.14
(c) Chapel	2.18	(c) Go	2.83
(v) Lisp	2.27	(c) Pascal	3.02
(c) Ocaml	2.40	(c) Ocaml	3.09
(c) Fortran	2.52	(v) C#	3.14
(c) Swift	2.79	(v) Lisp	3.40
(c) Haskell	3.10	(c) Haskell	3.55
(v) C#	3.14	(c) Swift	4.20
(c) Go	3.23	(c) Fortran	4.20
(i) Dart	3.83	(v) F#	6.30
(v) F#	4.13	(i) JavaScript	6.52
(i) JavaScript	4.45	(i) Dart	6.67
(v) Racket	7.91	(v) Racket	11.27
(i) TypeScript	21.50	(i) Hack	26.99
(i) Hack	24.02	(i) PHP	27.64
(i) PHP	29.30	(v) Erlang	36.71
(v) Erlang	42.23	(i) Jruby	43.44
(i) Lua	45.98	(i) TypeScript	46.20
(i) Jruby	46.54	(i) Ruby	59.34
(i) Ruby	69.91	(i) Perl	65.79
(i) Python	75.88	(i) Python	71.90
(i) Perl	79.58	(i) Lua	82.91
		(c) Pascal	1.00
		(c) Go	1.05
		(c) C	1.17
		(c) Fortran	1.24
		(c) C++	1.34
		(c) Ada	1.47
		(c) Rust	1.54
		(v) Lisp	1.92
		(c) Haskell	2.45
		(i) PHP	2.57
		(c) Swift	2.71
		(c) Ocaml	2.82
		(v) C#	2.85
		(i) Hack	3.34
		(v) Racket	3.52
		(c) Chapel	4.00
		(v) F#	4.25
		(i) JavaScript	4.59
		(i) TypeScript	4.69
		(v) Java	6.01
		(i) Perl	6.62
		(i) Lua	6.72
		(v) Erlang	7.20
		(i) Dart	8.64
		(i) Jruby	19.84

Entwicklungsumgebungen



Entwicklungsumgebungen

Eclipse

- JavaScript/TypeScript, C/C++, PHP, Rust etc
- Open Source

Microsoft Visual Studio

- VB, C, C++, C##, SQL, TypeScript, Python, HTML, JavaScript, CSS
- Closed Source

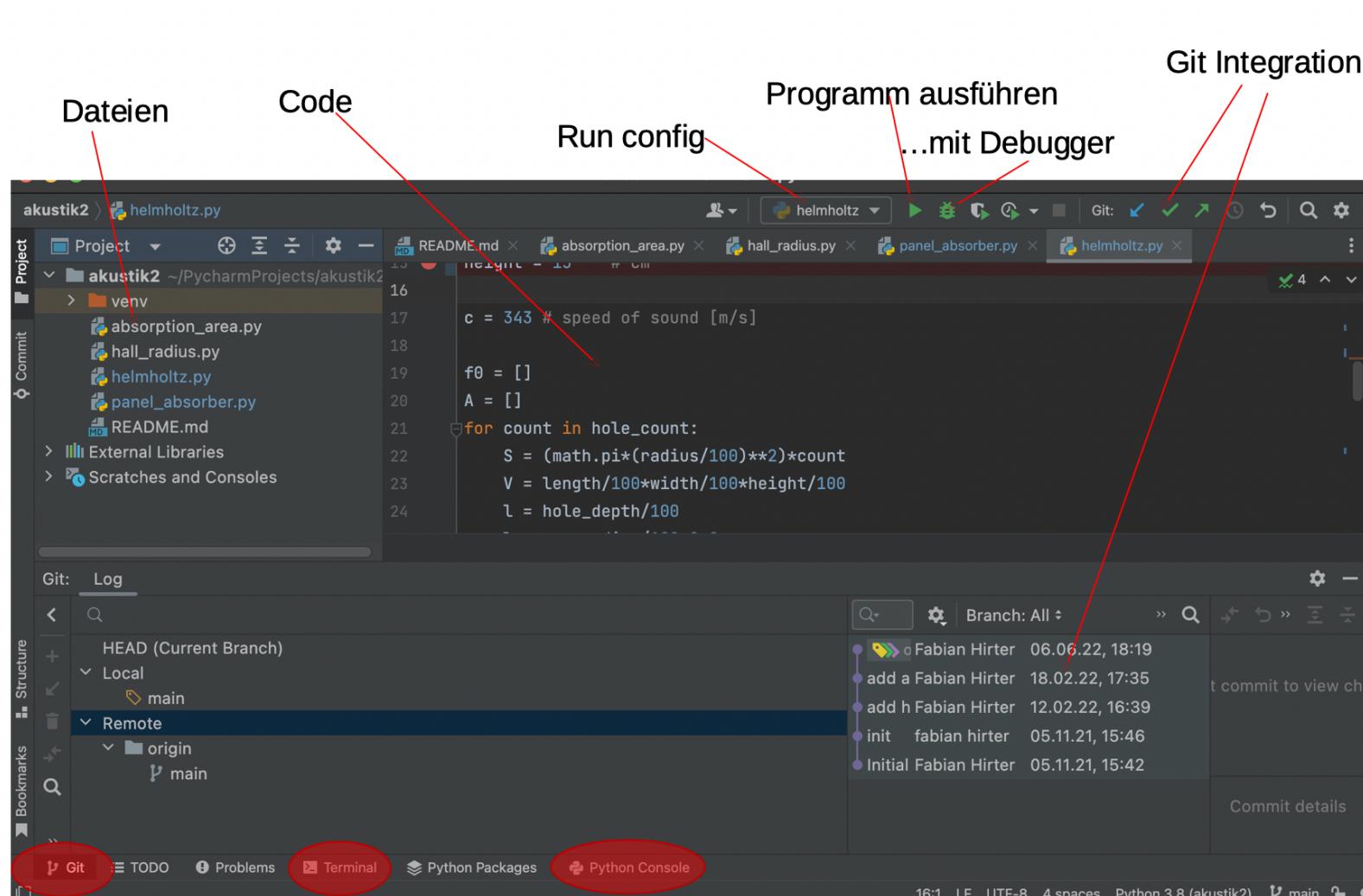
Microsoft Visual Studio Code

- JavaScript, TypeScript, HTML, CSS, etc
- Open Source, Proprietär, frei

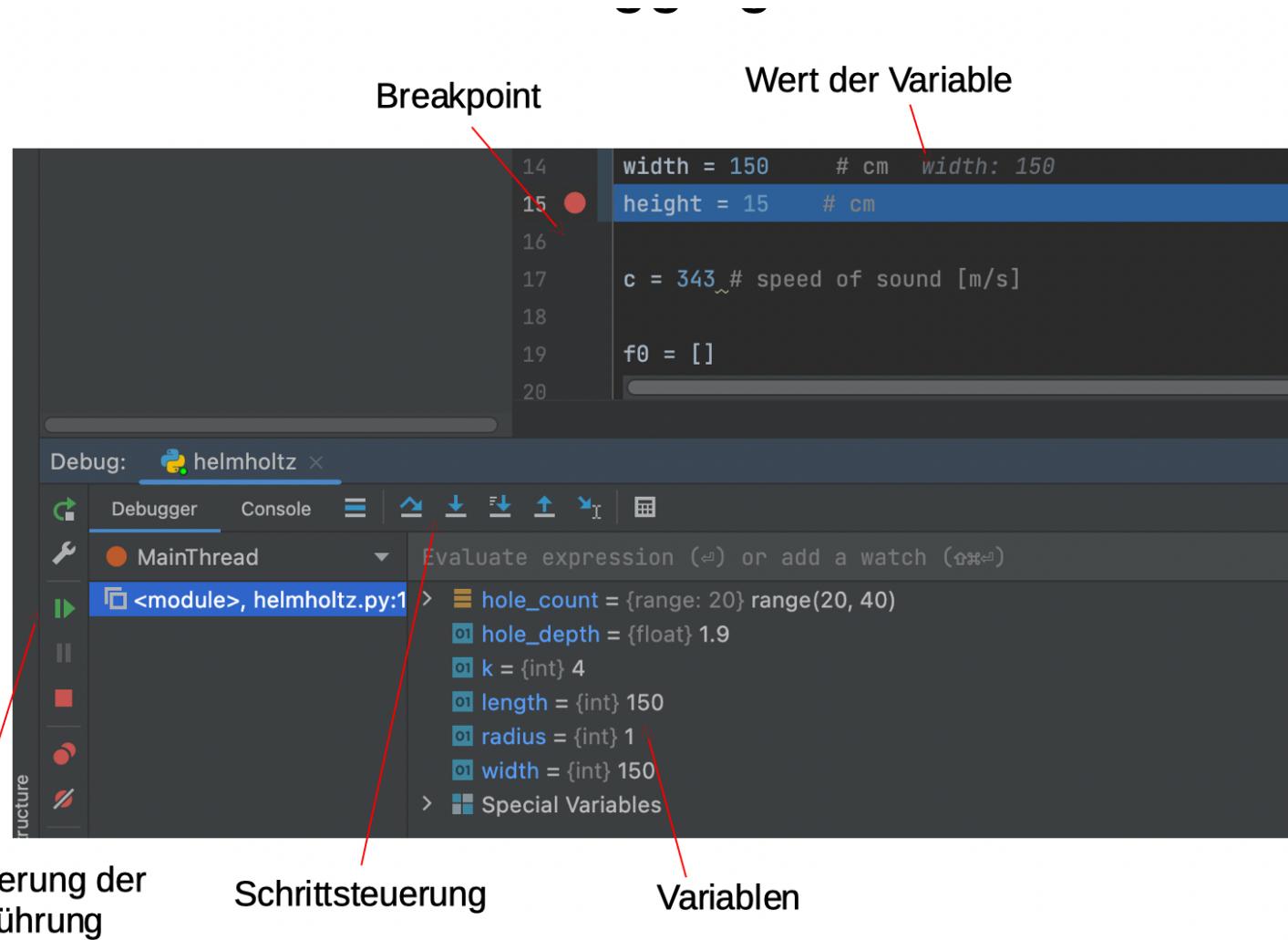
JetBrains

- Java, Kotlin, Groovy, Scala, JavaScript, TypeScript, C (CLion), PHP (PHPStorm), Ruby (RubyMine), Python (PyCharm), iOS (AppCode), Android (AndroidStudio), C## (Rider)
- Teilweise OpenSource (Community Version)

Jetbrains PyCharm



Debugging



Versionsverwaltung Basics

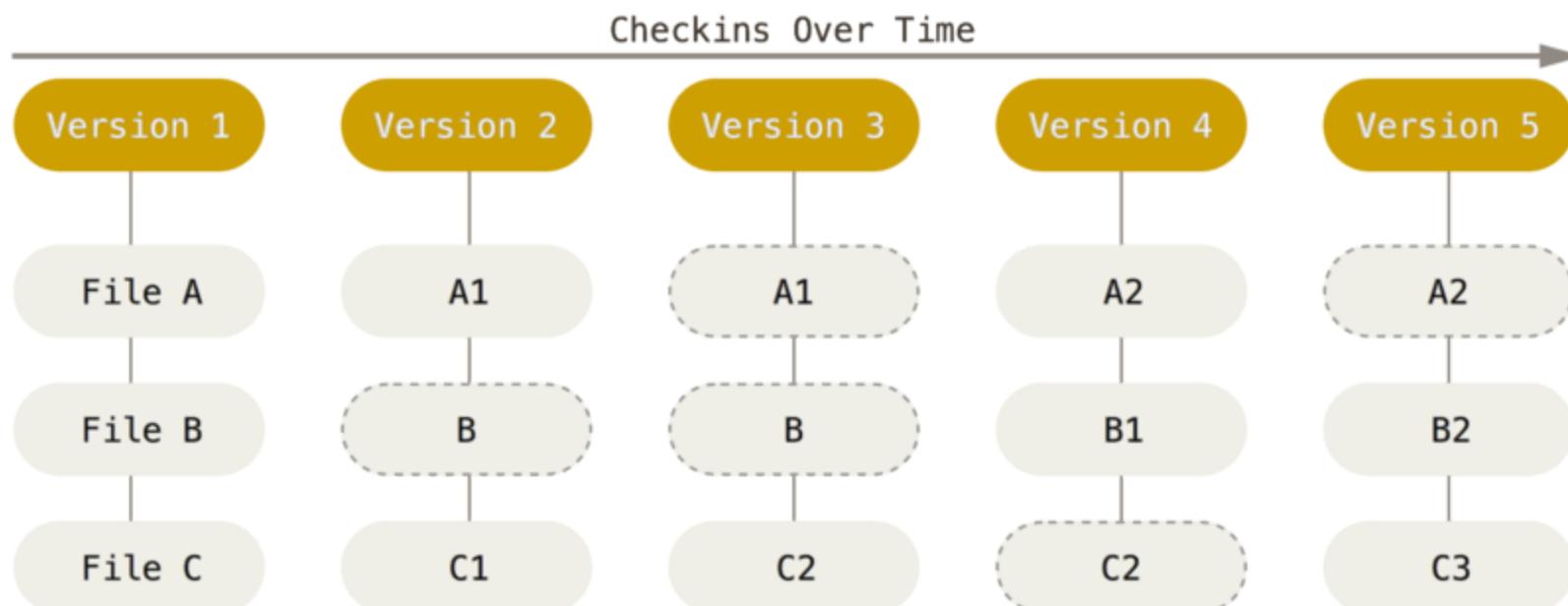
- Protokollierung von Änderungen
- Wiederherstellung von alten Ständen
- Archivierung
- Koordinierung des gemeinsamen Zugriffs
- Entwicklungszweige (Branches) -> **Don't Branch!**

Moderne Versionsverwaltung

- CI/CD
- GitOps
- Infrastructure as Code
- Documentation as Code
 - Markdown
 - MKDocs
 - PlantUML
- Everything as Code

Git

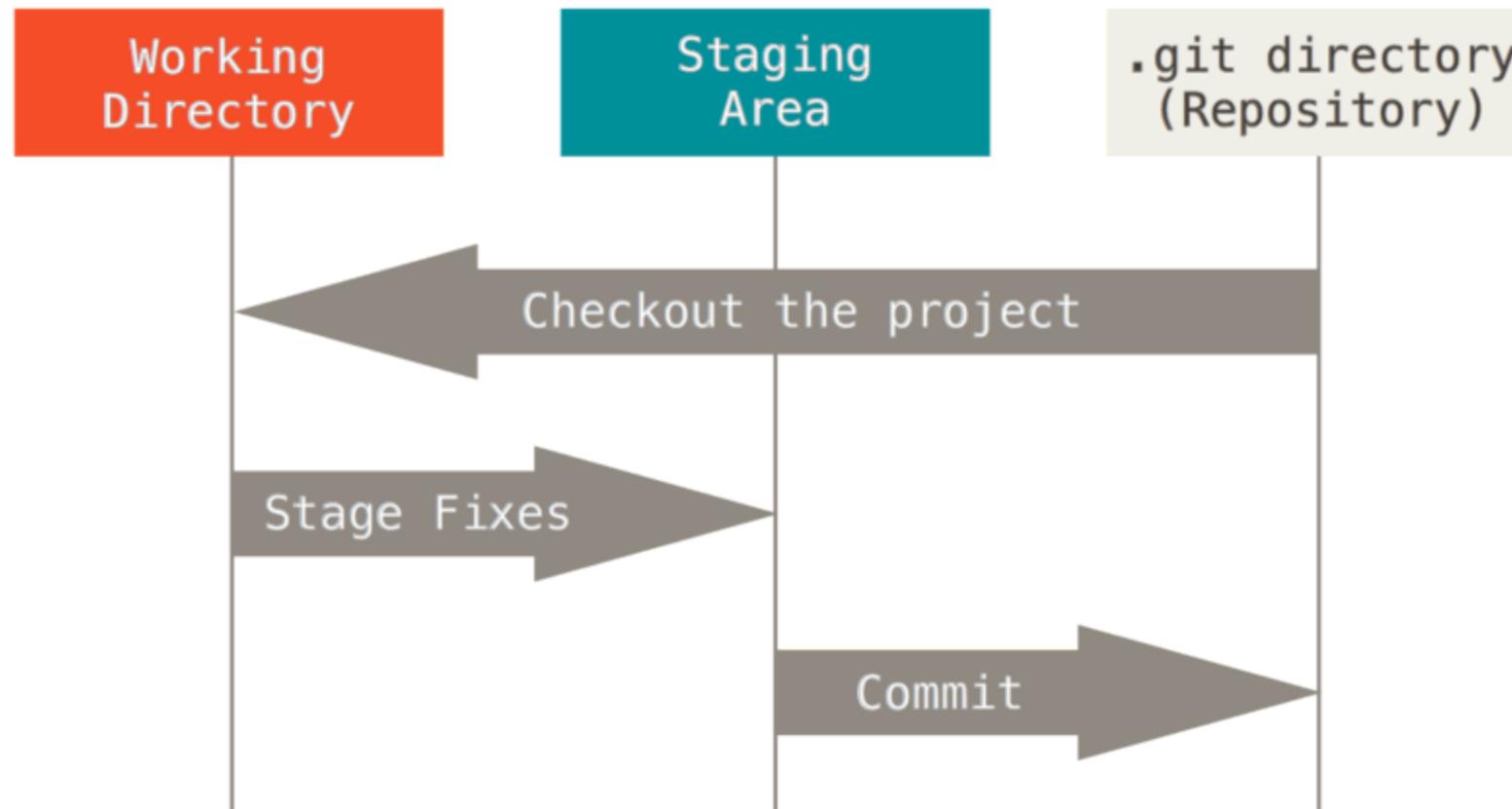
- Fast jede Funktion arbeitet lokal
- Git stellt Integrität sicher
- Git fügt im Regelfall nur Daten hinzu
- [Download](#)



[Was ist Git](#)

Die drei Zustände

- Modified
- Staged
- Committed



Arbeiten mit Git

Initialisieren

- Auf Github oder Gitlab ein leeres Projekt erstellen
- Dieses Projekt lokal klonen `git clone`
- User name setzen: `git config user.name <name>`

Arbeitsablauf

- Lokales Repository aktualisieren `git pull origin`
- Source Dateien erstellen oder editieren
- Änderungen zum Staging Area hinzufügen `git add <directory>` (z.B. ".")
- Änderungen im Repository festhalten `git commit -m "<message>"` (z.B. "change data type")
- Lokales Repository aktualisieren `git pull <remote>` (z.B. "origin")
 - Mit Rebase bleibt die History aufgeräumter: `git pull --rebase`
- Änderungen auf Github/Gitlab/Bitbucket laden `git push <remote> <branch>` (z.B. "origin main")

CI/CD mit Git

- Tests und Linter werden bei Commit automatisch ausgeführt und Commit ggf. abgelehnt.
- Mit Tags werden Releases markiert. [semantic versioning](#).
- Das neuste Release wird automatisch deployed.
- [Changelogs werden automatisiert anhand der Git Messages generiert](#)

Commit Messages

- Your Git Commit History Should Read Like a History Book

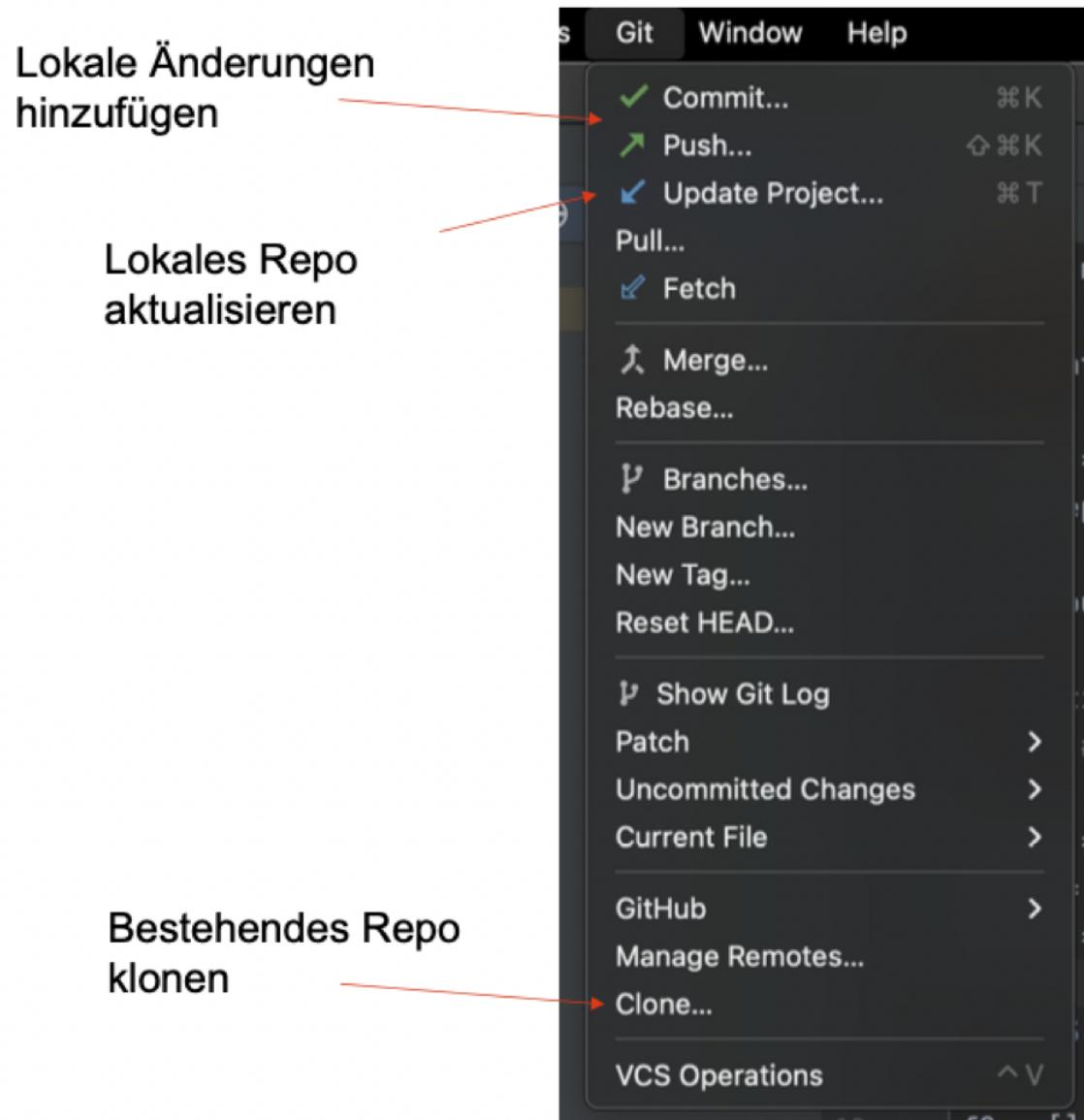
```
feat(logging): added logs for failed signups
```

```
fix(homepage): fixed image gallery
```

```
test(homepage): updated tests
```

```
docs(readme): added new logging table information
```

PyCharm Git Integration



Commit Messages

- add helmholtz calculation
- add absorption coefficient
- add hall radius calculation
- init
- Initial commit

Position der branches in der historie

 origin & main	Fabian Hirter	06.06.22, 18:19
	Fabian Hirter	18.02.22, 17:35
	Fabian Hirter	12.02.22, 16:39
	fabian hirter	05.11.21, 15:46
	Fabian Hirter	05.11.21, 15:42

Autor und Datum des Commits

Ressourcen

- [Cheatsheet](#)
- [Atlassian Tutorials](#)
- [Git Tutorials](#)
- [Simulationstool](#)

Klassen und Objekte

Eine Klasse: eine Software Maschine

Was ist ein Objekt?

Es gibt verschiedene Arten von Objekten:

- “physische Objekte”: bilden physische Objekte ab, z.B. eine Ampel oder ein Auto
- “abstrakte Objekte”: Beschreiben abstrakte Dinge aus der modellierten Welt, z.B. eine Route oder eine Himmelsrichtung
- “Softwareobjekte”: Reine Softwareelemente, z.B. Datenstrukturen wie Arrays oder Listen
- Ein grosser Vorteil der objektorientierten Programmierung ist, dass die Software anhand der «echten» Welt modelliert werden kann.

Was ist ein Objekt?

- Ein Objekt besitzt Daten → Eigenschaften / Felder
- Ein Objekt kann Operationen ausführen → Funktionen / Methoden

Ein Objekt kann Operationen ausführen und dazu auf seine Daten zugreifen und diese ändern.

Methoden

- Entspricht dem Begriff "Funktion" der strukturierten Programmierung
- Eine Operation, die von Objekten ausgeführt werden kann.
- Abfragen, Befehle
- Name der Methode kann, mit Einschränkungen, frei gewählt werden.
- Eine Methode von einem Objekt wird in den meisten Sprachen mit dem `.` aufgerufen:
``<objekt>.<methode>`

Methoden

- Methoden können Argumente haben:
 - `primaryStage.setTitle("Ampelsteuerung");`
- Mehrere Argumente werden durch Komma getrennt:
 - `primaryStage.add(crossroadController, 1100, 900);`
- Weniger Argumente sind übersichtlicher! (Faustregel: Max. 3)

Ein Objekt hat eine Schnittstelle (Interface)



Ein Objekt hat eine Implementierung



Abstraktion

- Ein Objekt kann verwendet werden, ohne die Implementierung der Methoden zu kennen.
- Die Implementierungsdetails sind abstrahiert

Kapselung

- Grundsätzlich sind alle Felder (Daten) privat, d.h. nur für das eigene Objekt zugänglich.
- Diese Felder stellen den Zustand (State) des Objekts dar.
- Zugriff auf Felder wird mit Methoden gewährt (sogenannte Setter und Getter, z.B. `setColor()`, `getSize()`)
- Es werden nur die nötigen Methoden zugänglich gemacht.
- Die Programmiersprache stellt den Zugriffsschutz sicher.

Objektorientierung: Geschichte

- Untergruppe der imperativen Programmierung (Abfolge von Befehlen)
- Ursprung: Simula67, Oslo, 60er Jahre
- Kaum verbreitet in den 70er Jahren
- Smalltalk (Xerox PARC, 1970s) machte OOP Populärer

- Grosser Verbreitung in den 90er Jahren
- Die meisten heute verbreiteten Sprachen sind objektorientiert: Objective C, C++, Java, C#, Python, Kotlin, Go, JavaScript, uvm
- Heute das meistverbreitete Konzept der Softwareentwicklung
- Andere Programmierparadigmen:
 - Imperative Programmierung
 - Strukturierte Programmierung
 - Prozedurale Programmierung
 - Deklarative Programmierung
 - funktionale Programmierung

Syntaktische Struktur einer Klasse

```
class Vehicle:                                # Class Name
    def __init__(self, brand, model, type):   # Constructor
        self.brand = brand
        self.model = model
        self.type = type
        self.gas_tank_size = 14
        self.fuel_level = 0

    def fuel_up():                           # Method declaration
        self.fuel_level = self.gas_tank_size # Method implementation
        print('Gas tank is now full.')

    def drive(self):
        print(f'The {self.model} is now driving.')
```

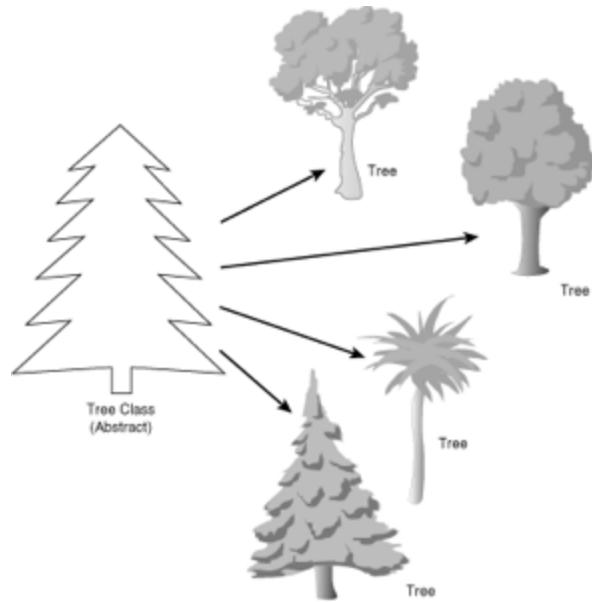
Klasse

- Jedes Objekt gehört zu einer Klasse, welche die zur Verfügung stehenden Methoden und Felder definiert.
- Eine Klasse ist eine Beschreibung von Laufzeit-Objekten, welche dieselben Eigenschaften und Methoden besitzen.
- Eine Klasse ist eine Kategorie von Dingen
- Ein Objekt ist eines von diesen Dingen

Objekte

Wenn ein Objekt O ein Objekt der Klasse C ist:

- O ist ein Exemplar von C
- O ist eine Instanz von C



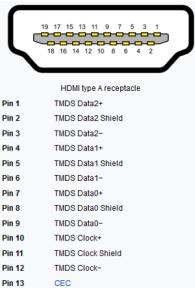
Objekte und Klassen

- Klassen existieren nur im Source Code
 - Bauplan für konkrete Objekte
- Objekte existieren nur zur Laufzeit

- Ein zentraler Aspekt der Softwareentwicklung ist das Bilden von sinnvollen Klassen für die Aufgabenstellung (Softwarearchitektur, OOD)
- Das Schreiben der Details wird Implementierung genannt.

Interface (de: Schnittstelle)

- Die Schnittstelle (engl. interface) ist der Teil eines Systems, welcher der Kommunikation dient.
- Der Begriff stammt ursprünglich aus der Naturwissenschaft [...]. Er beschreibt bildhaft die Eigenschaft eines Systems als Black Box, von der nur die „Oberfläche“ sichtbar ist, und daher auch nur darüber eine Kommunikation möglich ist. [...]
- Daneben bedeutet das Wort „Zwischenschicht“: Für die beiden beteiligten Boxes ist es ohne Belang, wie die jeweils andere intern mit den Botschaften umgeht, und wie die Antworten darauf zustande kommen.



Interfaces

- User interface: Wenn die Clients Menschen sind
 - GUI: Graphical User Interface
 - Text interfaces, command line interfaces.
- Program interface: Wenn die Clients Software sind
 - API: Application Program Interface

API

- Eine Schnittstelle gibt an, welche Methoden vorhanden sind oder vorhanden sein müssen.
- Zusätzlich zu dieser syntaktischen Definition sollten Vorbedingungen und Nachbedingungen der verschiedenen Methoden definiert werden.
- Heute werden dazu in der Regel automatisierte Tests geschrieben.
- Es kann auch in der Dokumentation festgehalten werden.

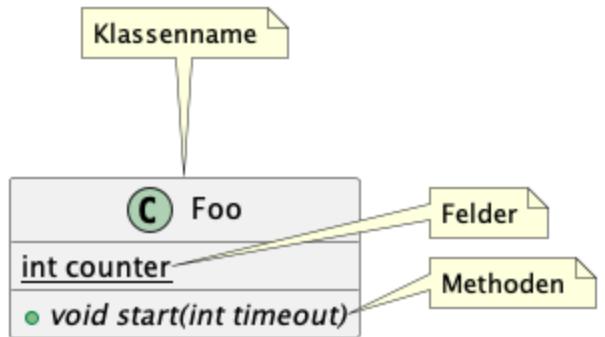
Schnittstellen definieren

- Nicht jede Methode ist für jeden möglichen Parameter geeignet
- Lösungen:
 - immer: gute Wahl der Bezeichner
 - möglichst immer: Tests
 - Einschränkung durch Datentyp
 - wenn nötig: Kommentare: JavaDoc
 - falls erforderlich: Exceptions

Javadoc

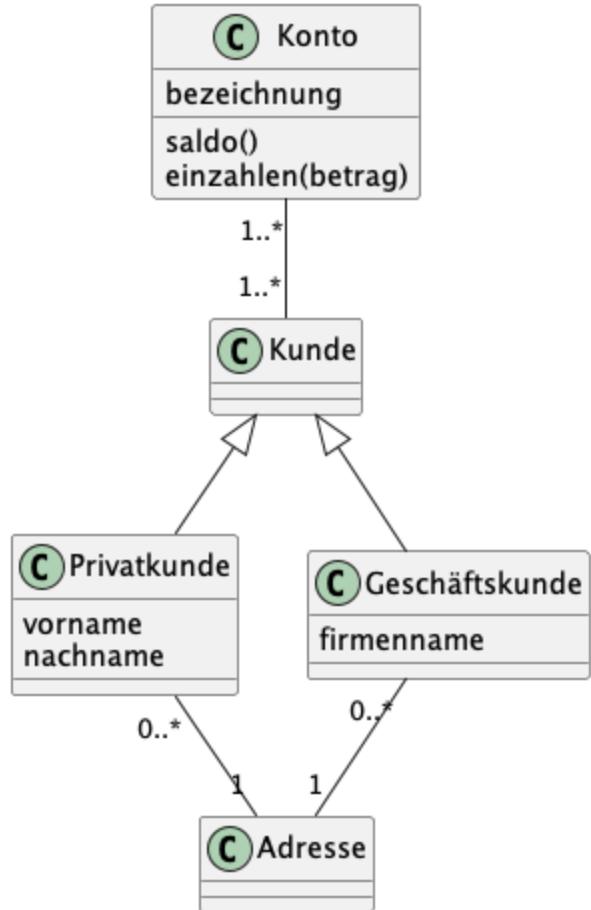
```
/**  
 * Returns an Image object that can then be painted on the screen.  
 * The url argument must specify an absolute {@link URL}. The name  
 * argument is a specifier that is relative to the url argument.  
 * <p>  
 * This method always returns immediately, whether or not the  
 * image exists. When this applet attempts to draw the image on  
 * the screen, the data will be loaded. The graphics primitives  
 * that draw the image will incrementally paint on the screen.  
 *  
 * @param url an absolute URL giving the base location of the image  
 * @param name the location of the image, relative to the url argument  
 * @return the image at the specified URL  
 * @see Image  
 */  
public Image getImage(URL url, String name) {  
    try {  
        return getImage(new URL(url, name));  
    } catch (MalformedURLException e) {  
        return null;  
    }  
}
```

UML Klassendiagramm



PlantUML

UML Klassendiagramm



PlantUML

```
@startuml
class Konto {
    bezeichnung
    saldo()
    einzahlen(betrag)
}

class Kunde {}

class Privatkunde {
    vorname
    nachname
}

class Geschäftskunde {
    firmenname
}

class Adresse {}

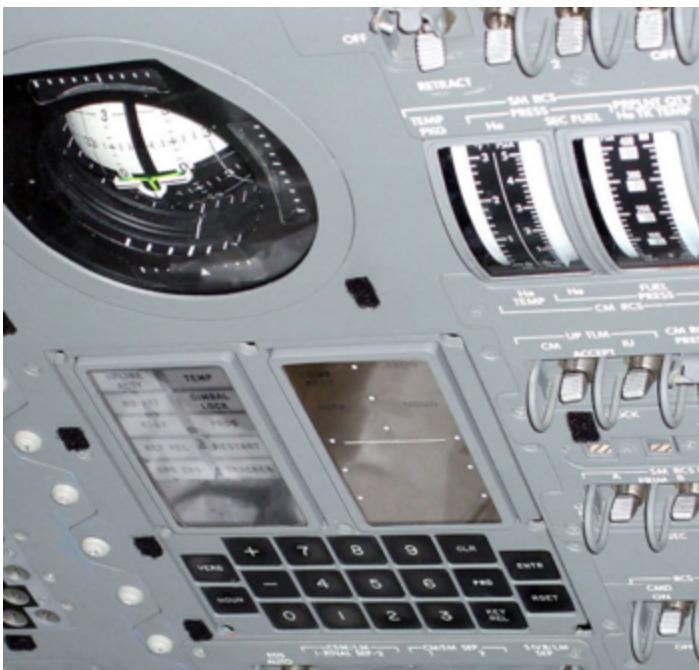
Kunde <|-- Privatkunde
Kunde <|-- Geschäftskunde

Privatkunde "0..*" -- "1" Adresse
Geschäftskunde "0..*" -- "1" Adresse

Konto "1..*" -- "1..*" Kunde
@enduml
```

Moderne Softwareentwicklung

Software Engineering



Kundenorientierung

Software soll den Kunden Mehrwert bringen

- Software soll stabil laufen
- Neue Features sollten schnell umgesetzt und nutzbar sein
- Softwaresysteme werden immer komplexer

Teamarbeit

- Mehrere Personen arbeiten am selben Softwareprojekt
- Versionsverwaltung wird verwendet (Git, SVN)
- Konflikte entstehen und sind aufwendig

Lösungen

- Kleine Arbeitspakete iterativ und inkrementell
- Kurzer Feedbackloop
- Komplexität reduzieren
- Hohe Qualität

Alles hängt zusammen

- Hohe Qualität reduziert Komplexität
- Hohe Qualität kürzt den Feedbackloop durch schnelle Entwicklung
- Kleine Arbeitspakete kürzen den Feedbackloop
- Kleine Arbeitspakete reduzieren Komplexität
- ...

Manifesto for Agile Software Development

- Individuals and interactions over processes and tools
- Working software over comprehensive documentation
- Customer collaboration over contract negotiation
- Responding to change over following a plan

<https://agilemanifesto.org/>

Iteratives und inkrementelles Arbeiten

Iterative



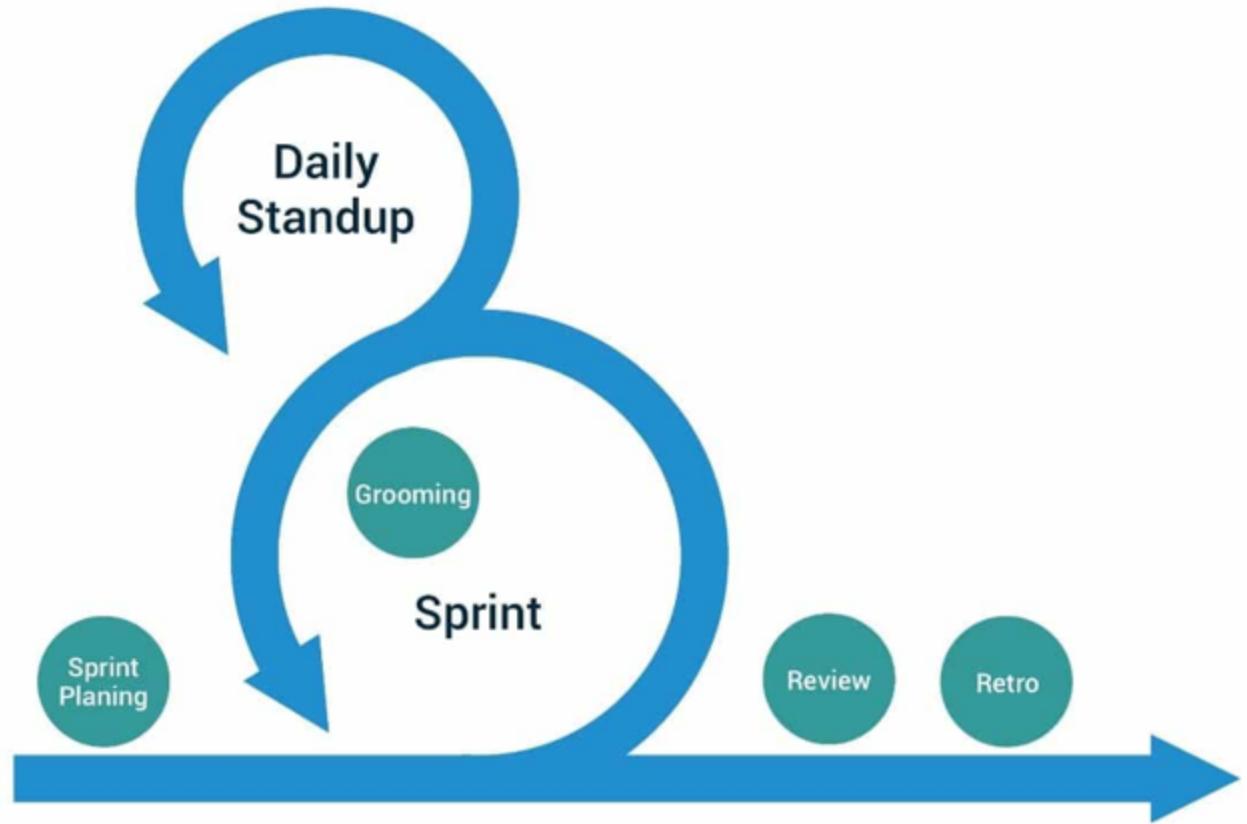
Incremental



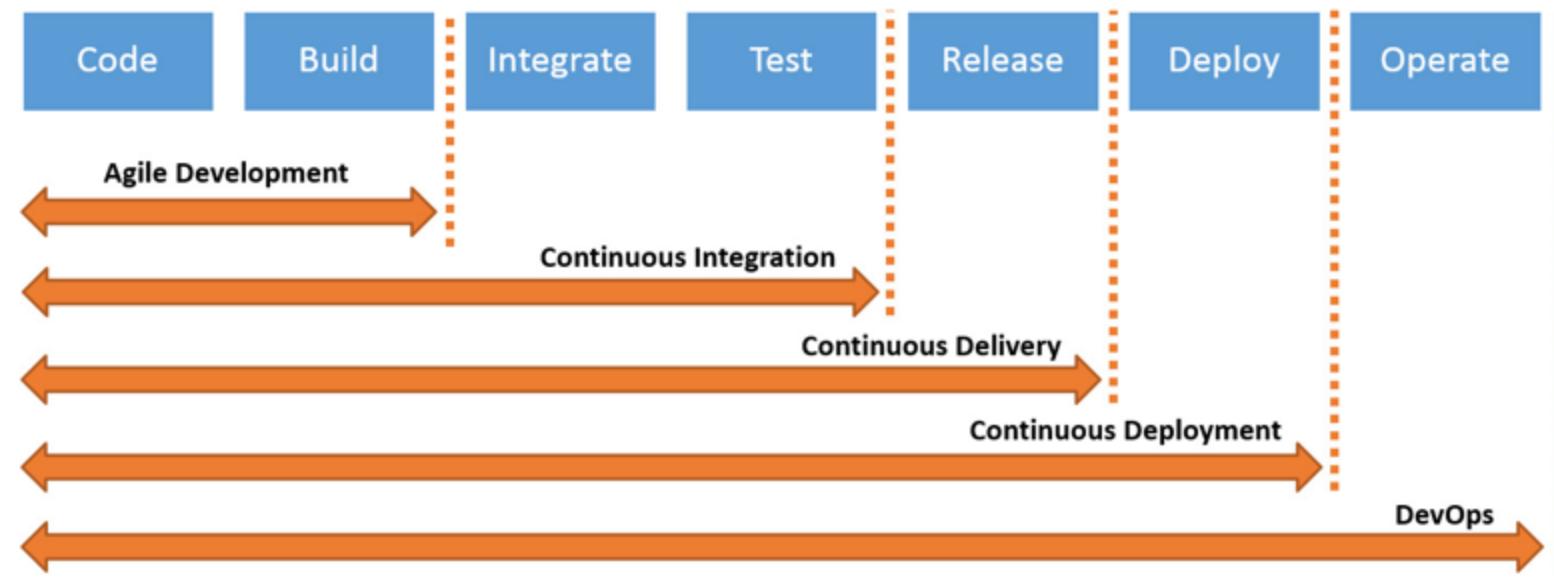
Iterative &
Incremental



Iterationen



Kurzer Feedbackloop: CI/CD

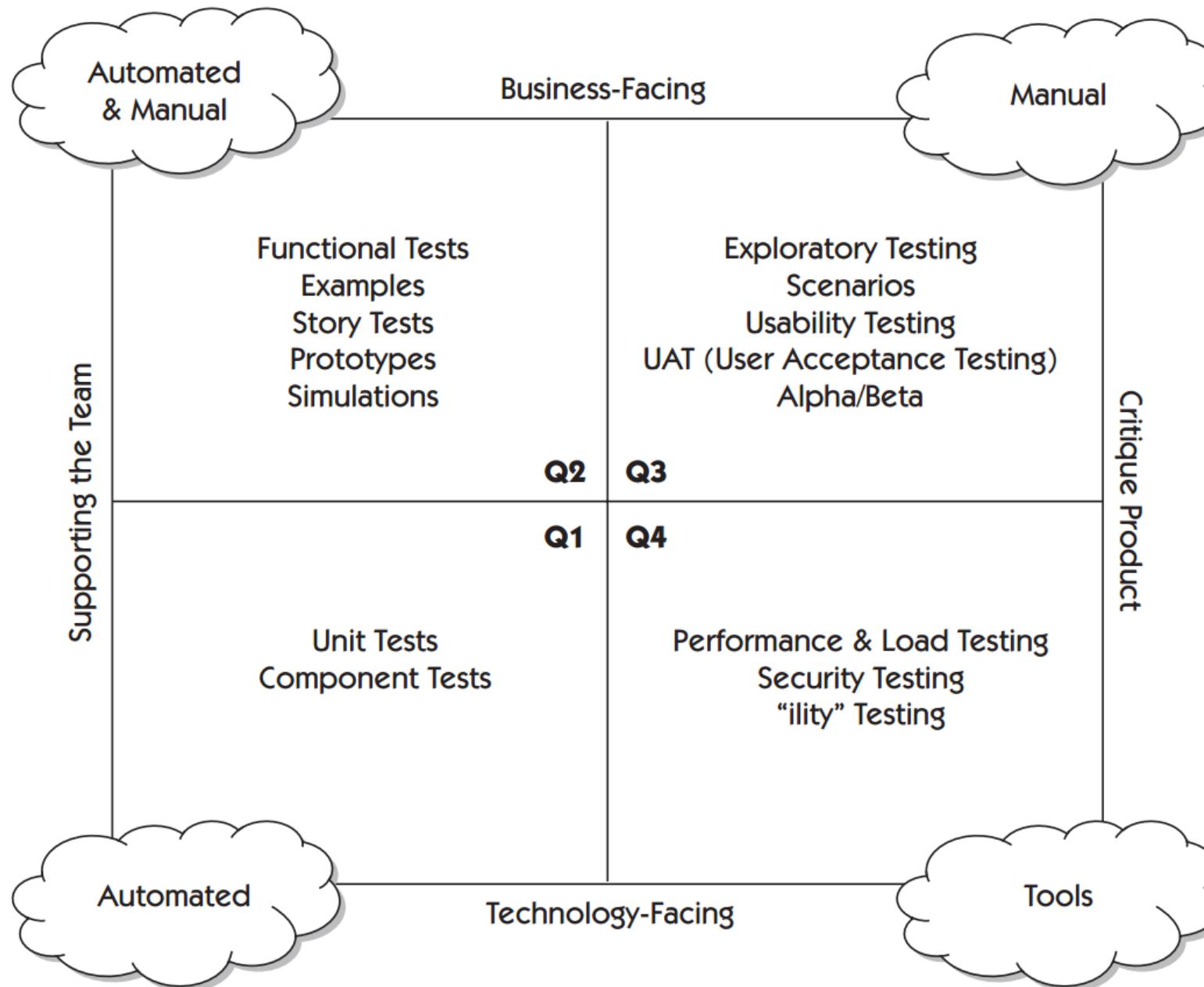


CI / CD

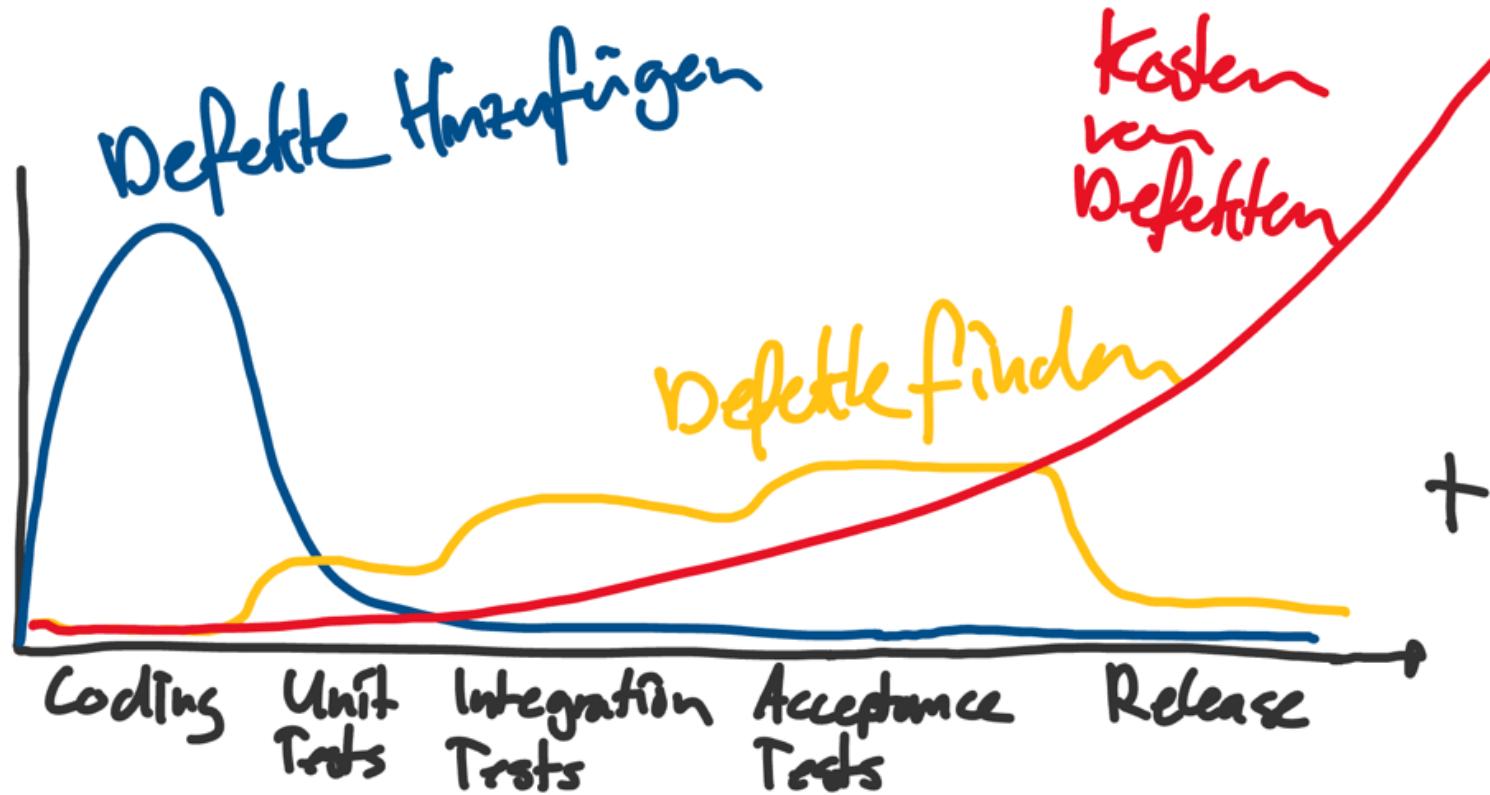
- Ziel: Releases werden vereinfacht
- Time to market ist kürzer, neue Features sind sofort verfügbar
- Durch automatisierte deployments ist der Aufwand initial höher, anschliessend jedoch sehr klein
- Nur möglich mit automatisierten Tests

Testing

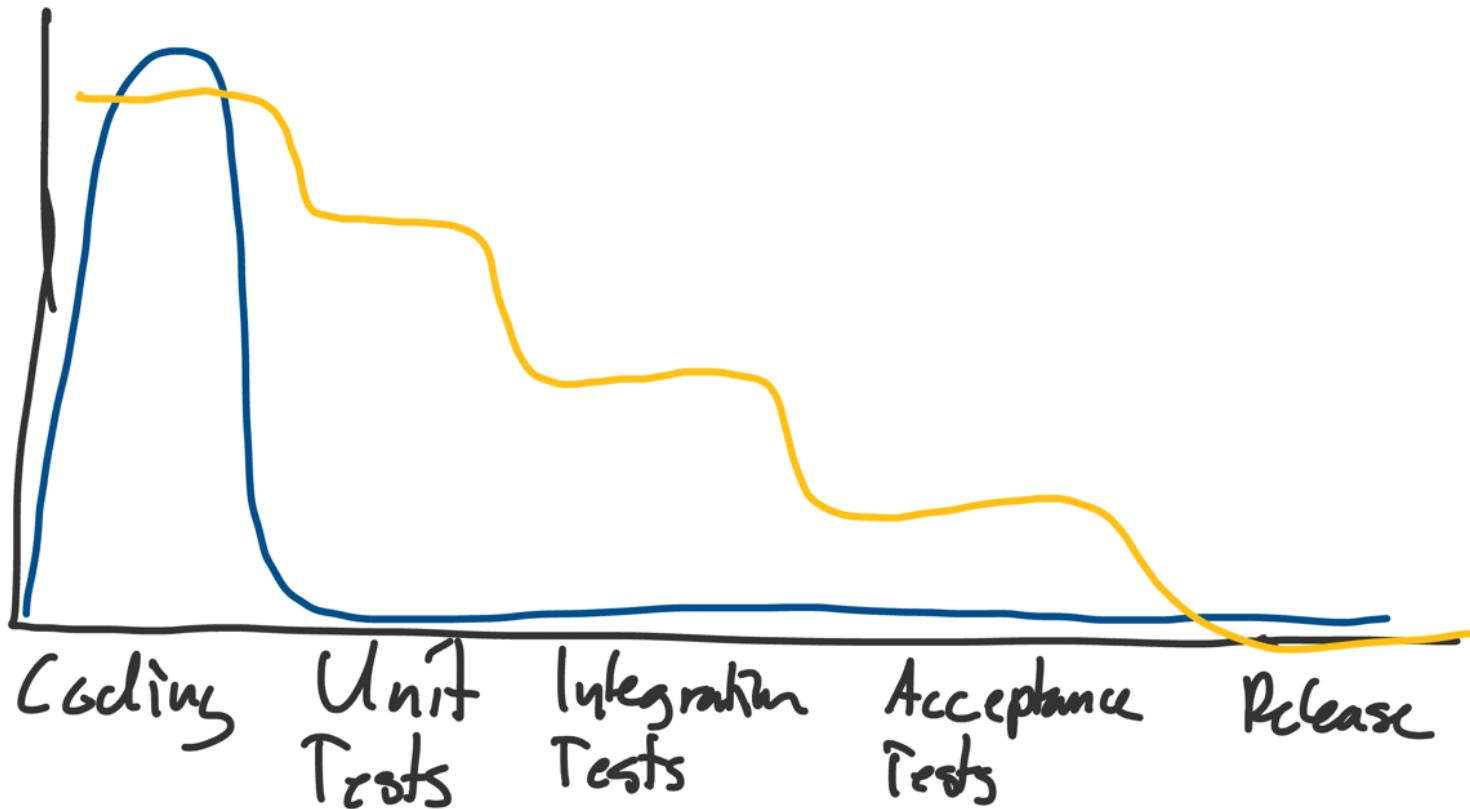
Testing Quadrant



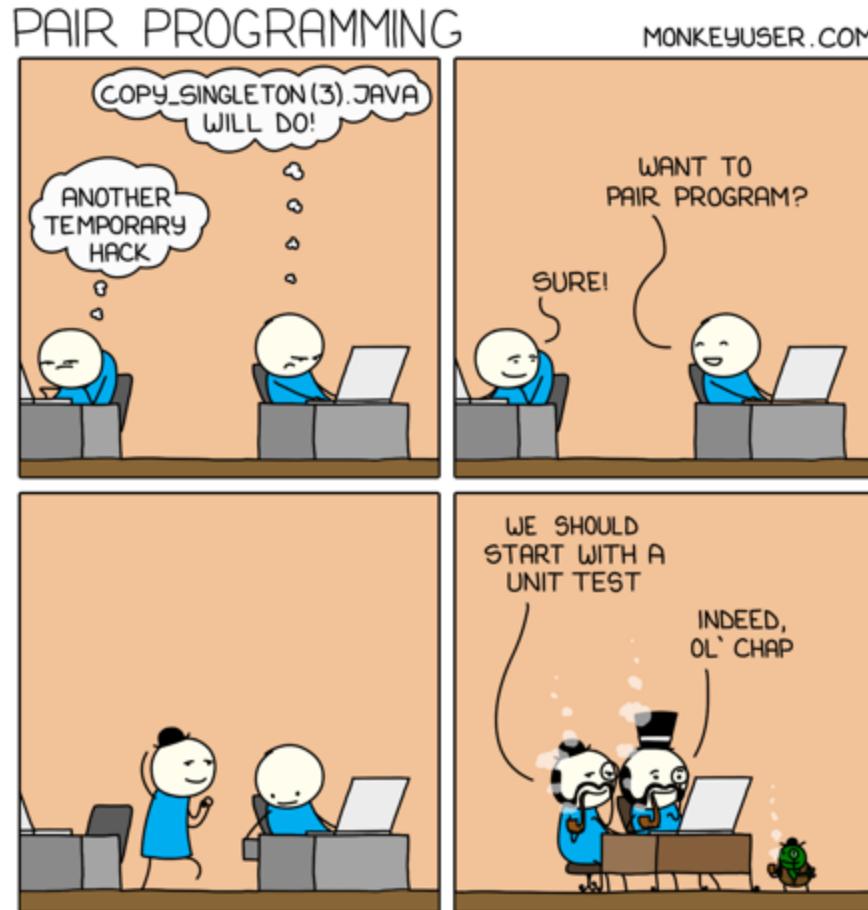
Kosten von Defekten



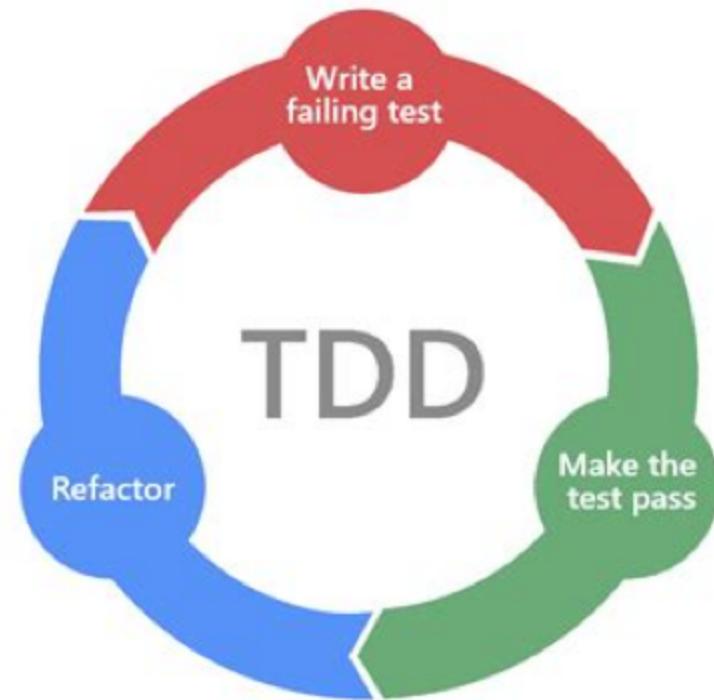
Kosten von Defekten



Pair Programming



Test Driven Development (TDD)



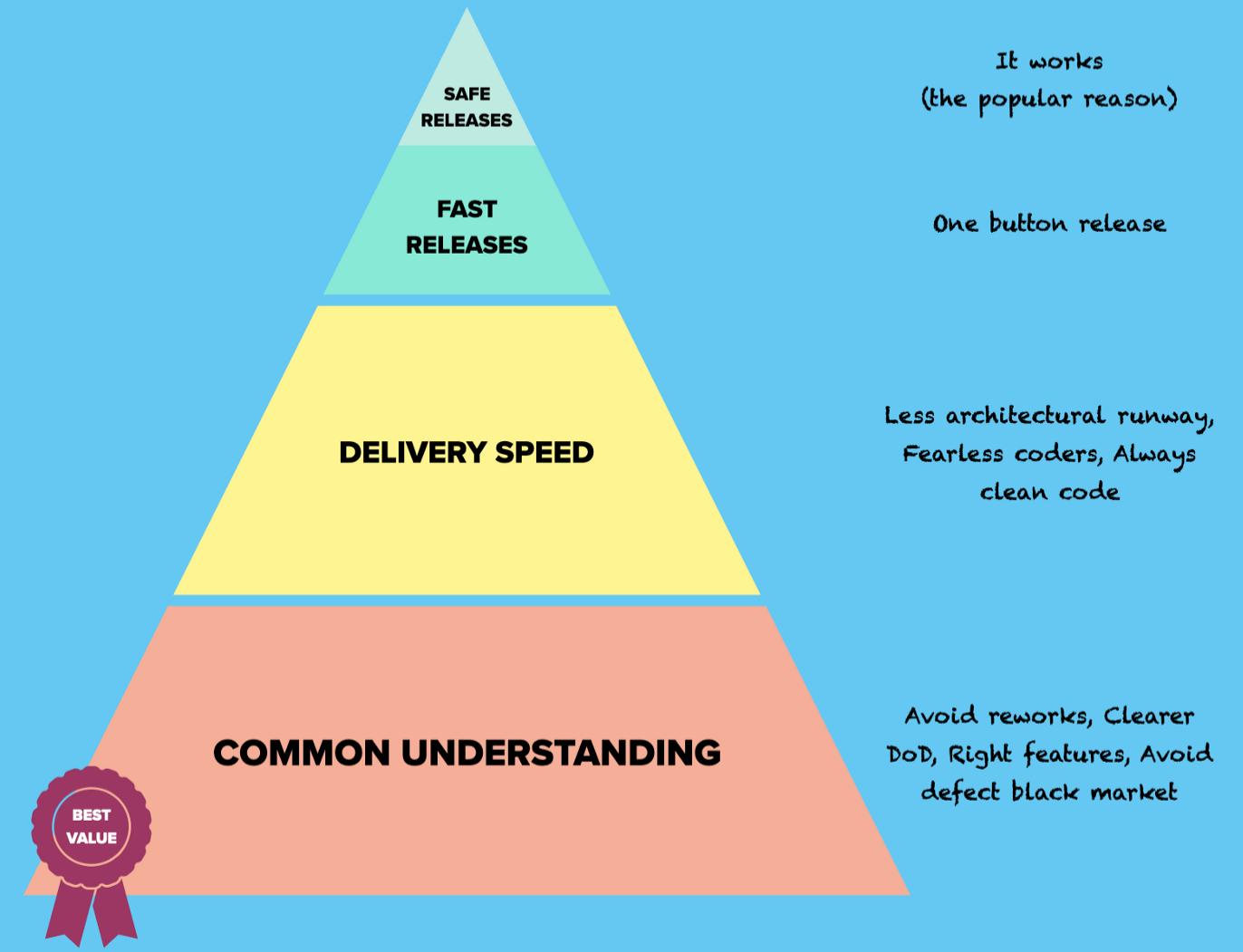
Why Should You Refactor?

- Refactoring Improves the Design of Software
- Refactoring Makes Software Easier to Understand
- Refactoring Helps You Find Bugs
- Refactoring Helps You Program Faster

When Should You Refactor?

- [The Rule of Three](#)
- Refactor When You Add Functionality
- Refactor When You Need to Fix a Bug
- Refactor As You Do a Code Review

WHY TO TEST PYRAMID



Testing: AAA

- Arrange: Set up your data
- Act: Execute code under Test
- Assert: Verify that the result is correct

Testing: Further Reading

- How to write clear and robust unit tests: the dos and don'ts
- The Real Value of Testing

Extreme Programming



Embrace Change

