Verteilte Systeme – Übung

Grundlagen

Sommersemester 2026

Paul Bergmann, Christian Berger

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Informatik 4 (Systemsoftware)
https://sys.cs.fau.de

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Überblick

- Java
  - Collections & Maps
  - Threads
  - Kritische Abschnitte
  - Koordinierung
- Verteilte Ausführung
- Versionsverwaltung mit Git
  - Grundlagen
  - Branches
  - Konflikte
  - Git in Eclipse

Java

Collections & Maps

Collections

- Package: `java.util`
- Gemeinsame Schnittstelle: `Collection`
- Datenstrukturen
  - Menge
    - Schnittstelle: `Set`
    - Implementierungen: `HashSet`, `TreeSet`, ...
  - Liste
    - Schnittstelle: `List`
    - Implementierungen: `LinkedList`, `ArrayList`, ...
  - Warteschlange
    - Schnittstelle: `Queue`
    - Implementierungen: `PriorityQueue`, `LinkedBlockingQueue`, ...
- Tutorial

The Java Tutorials, Trail: Collections

`http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/index.html`

Algorithmen-Bibliothek

- Verfügbare Algorithmen (Beispiele)
  - Maximums- (`max()`) bzw. Minimumsbestimmung (`min()`)
  - Sortieren (`sort()`)
  - Überprüfung auf Existenz gemeinsamer Elemente (`disjoint()`)
  - Erzeugung zufälliger Permutationen (`shuffle()`)
- Beispiel
  - Implementierung

```
Integer[] values = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };

List<Integer> list = new ArrayList<Integer>(values.length);
Collections.addAll(list, values);

System.out.println("Before:␣" + list);
Collections.shuffle(list);
System.out.println("After:␣␣" + list);
```

  - Ausgabe eines Testlaufs

```
Before: [1, 2, 3, 4, 5, 6]
After:  [4, 2, 1, 6, 5, 3]
```

Maps

`java.util.Map<K,V>`

- Allgemeine Schnittstelle für Datenstrukturen zur Verwaltung von Schlüssel-Wert-Paaren
- Eigenschaften
  - Maximal ein Wert pro Schlüssel ($\rightarrow$ keine Duplikate)
  - Interner Aufbau bestimmt durch gewählte Implementierung
    - `HashMap`
    - `TreeMap`
    - …
- Beispiel

```
Map<String, Integer> telBook = new HashMap<String, Integer>();
telBook.put("Alice", 123456789);
telBook.put("Bob"  , 987654321);
[...]

Integer aliceNumber = telBook.get("Alice");
System.out.println("Alice's␣number:␣" + aliceNumber);
```

Java

Threads

Erzeugung von Threads

Variante 1: Unterklasse von `java.lang.Thread`

- Vorgehensweise
  1. Unterklasse von `Thread` erstellen
  2. `run()`-Methode überschreiben
  3. Instanz der neuen Klasse erzeugen
  4. An dieser Instanz die `start()`-Methode aufrufen
- Beispiel

```
class VSThreadTest extends Thread {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("Test");
    }
}
```

```
Thread test = new VSThreadTest();
test.start();
```

Variante 2: Implementieren von `java.lang.Runnable`

- Vorgehensweise
  1. `run()`-Methode der `Runnable`-Schnittstelle implementieren
  2. `Runnable`-Objekt erstellen
  3. Instanz von `Thread` mit Hilfe des `Runnable`-Objekts erzeugen
  4. Am neuen Thread-Objekt die `start()`-Methode aufrufen
- Beispiel

```
class VSRunnableTest implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("Test");
    }
}
```

```
Runnable test = new VSRunnableTest();
Thread thread = new Thread(test);
thread.start();
```

Variante 3: Java Lambda Ausdrücke [seit Java 8]

- Vorgehensweise:
  1. Erzeugung von `Thread`-Instanz und Beschreibung der `run()`-Methode mittels Lambda
  2. Am neuen Thread-Objekt die `start()`-Methode aufrufen
- **Einschränkung:** Kein Zustand (z.b. globale Variablen) möglich
- Beispiel

```
class VSLambdaTest {
  private int x = 10;

  public void lambdaTest() {
    Thread test = new Thread(() -> {
      System.out.println("Test␣" + this.x);
    });
    test.start();
  }
}
```

Pausieren von Threads

- Ausführung für einen bestimmten Zeitraum aussetzen
  - Mittels `sleep()`-Methoden

```
static void sleep(long millis) throws InterruptedException;
```

```
static void sleep(long millis, int nanos) throws InterruptedException;
```

  - Legt aktuellen Thread für `millis` Millisekunden (und `nanos` Nanosekunden) „schlafen“
  - **Achtung:**
    - Es ist nicht garantiert, dass der Thread exakt nach der angegebenen Zeit seine Ausführung fortsetzt
    - Von Präzision der Systemzeit/des Schedulers abhängig (Linux: 1ms, Windows (default): 15ms)
- Synchronisierung mit anderen Threads (siehe Kapitel „Koordinierung“ ab Folie 17)

Beenden von Threads

- Regulär
  - `return` aus der `run()`-Methode
  - Ende der `run()`-Methode
- Abbruch nach expliziter Anweisung
  - Aufruf der `interrupt()`-Methode (durch einen anderen Thread)

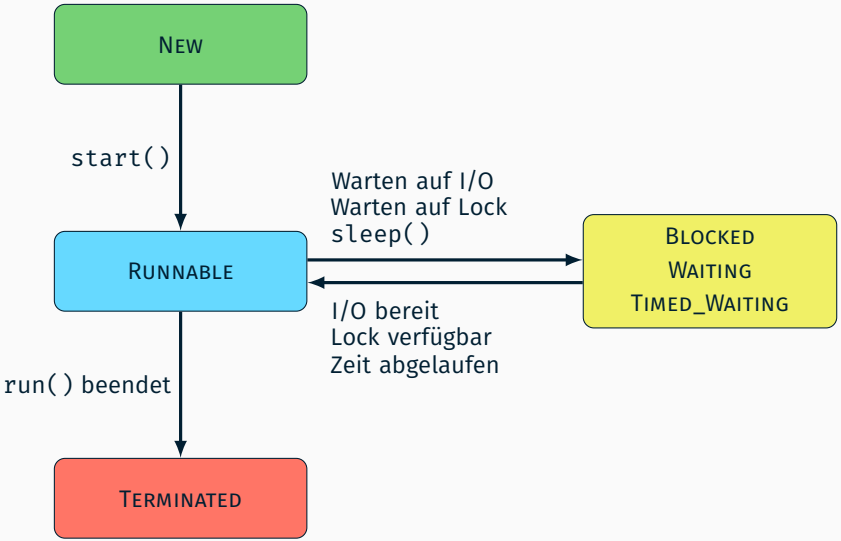
    ```
    public void interrupt();
    ```

  - Führt zu
    - einer `InterruptedException`, falls sich der Thread gerade in einer unterbrechbaren blockierenden Operation befindet
    - einer `ClosedByInterruptException`, falls sich der Thread gerade in einer unterbrechbaren I/O-Operation befindet
    - dem Setzen einer Interrupt-Status-Variable, die mit `isInterrupted()` abgefragt werden kann, sonst.

  Wichtig: Threads können sich in Java aktiv der Unterbrechung *widersetzen* (z.B. Fangen & Ignorieren von `InterruptedExceptions`). Man kann sie von außerhalb also nicht zum Beenden *zwingen*.
- Auf die Terminierung eines Threads warten mittels `join()`-Methode

  ```
  public void join() throws InterruptedException;
  ```

Thread-Zustände in Java



Java

Kritische Abschnitte

```
public class VSCounter implements Runnable {
    public int a = 0;

    public void run() {
        for(int i = 0; i < 1000000; i++) {
            a = a + 1;
        }
    }

    public static void main(String[] args) throws Exception {
        VSCounter value = new VSCounter();
        Thread t1 = new Thread(value);
        Thread t2 = new Thread(value);

        t1.start();
        t2.start();

        t1.join();
        t2.join();
        System.out.println("Expected␣a␣=␣2000000,␣" +
                           "but␣a␣=␣" + value.a);
    }
}
```

- Ergebnisse einiger Durchläufe: 1 732 744, 1 378 075, 1 506 836
- Was passiert, wenn `a = a + 1` ausgeführt wird?

```
LOAD a into Register
ADD 1 to Register
STORE Register into a
```

- Mögliche Verzahnung wenn zwei Threads T_1 und T_2 beteiligt sind

0. a = 0;
1. T_1-LOAD: a = 0, Reg_1 = 0
2. T_2-LOAD: a = 0, Reg_2 = 0
3. T_1-ADD: a = 0, Reg_1 = 1
4. T_1-STORE: a = 1, Reg_1 = 1
5. T_2-ADD: a = 1, Reg_2 = 1
6. T_2-STORE: a = 1, Reg_2 = 1

⇒ Die drei Operationen müssen jeweils **atomar** ausgeführt werden!

Identifizierung kritischer Abschnitte

Synchronisieren ist notwendig, falls Atomizität erforderlich

1. Der Aufruf einer (komplexen) Methode muss atomar erfolgen
   - Eine Methode enthält mehrere Operationen, die auf einem konsistenten Zustand arbeiten müssen
   - Beispiele:
     - „`a = a + 1`“
     - Listen-Operationen (`add()`, `remove()`,...)
2. Zusammenhängende Methodenaufrufe müssen atomar erfolgen
   - Methodenfolge muss auf einem konsistenten Zustand arbeiten
   - Beispiel:

```
List list = new LinkedList();
[...]
int lastObjectIndex = list.size() - 1;
Object lastObject = list.get(lastObjectIndex);
```

Kennzeichnung kritischer Abschnitte

- Standardansatz in Java
  - Kennzeichnung eines kritischen Abschnitts mittels `synchronized`-Block
  - Verknüpfung eines kritischen Abschnitts mit einem *Sperrobjekt*
  - Ein Sperrobjekt kann nur von jeweils einem Thread gehalten werden

```
public void foo() {
    [...] // unkritische Operationen
    synchronized(<Sperrobjekt>) {
        [...] // kritischer Abschnitt
    }
    [...] // unkritische Operationen
}
```

- Hinweise
  - Jedes `java.lang.Object` kann als Sperrobjekt dienen
  - Ein Thread kann dasselbe Sperrobjekt mehrfach halten (rekursive Sperre)
- Mögliche Lösung für das Zähler-Beispiel

```
synchronized(this) { a = a + 1; }
```

- Alternativen: `Semaphore`, `ReentrantLock`

Synchronisierte Methoden

- Ersatzschreibweise für einen methodenweiten `synchronized`-Block
- Sperrobjekt
  - Statische Methoden: `Class`-Objekt der entsprechenden Klasse
  - Sonst: `this`

```
class VSExample {
    synchronized public void foo() {
        [...] // kritischer Abschnitt
    }
    public void bar() {
        synchronized(this) {
            [...] // kritischer Abschnitt
        }
    }
}
```

- Beachte
  - Alle `synchronized`-Methoden einer Klasse nutzen dasselbe Sperrobjekt
  - Ansatz nur sinnvoll, falls Methoden tatsächlich in Konflikt stehen

Synchronisierte Datenstrukturen

- Klasse `java.util.Collections`
  - Statische Wrapper-Methoden für `Collection`-Objekte
  - Synchronisation kompletter Datenstrukturen
- Methoden

```
static <T> List<T> synchronizedList(List<T> list);
static <K,V> Map<K,V> synchronizedMap(Map<K,V> map);
static <T> Set<T> synchronizedSet(Set<T> set);
[...]
```

- Beispiel

```
List<String> list = new LinkedList<String>();
List<String> syncList = Collections.synchronizedList(list);
```

- Beachte
  - Synchronisiert **alle** Zugriffe auf eine Datenstruktur
  - Kein Schutz von zusammenhängenden Methodenaufrufen

Atomare Operationen

- Ansatz
  - Ersatz-Klassen für problematische Datentypen
  - Atomare Varianten häufig verwendeter Operationen
  - Operation für atomares *Compare-and-Swap* (*CAS*)
- Verfügbare Klassen
  - Versionen für primitive Datentypen: `Atomic{Boolean,Integer,Long}`
  - Arrays: `AtomicIntegerArray`, `AtomicLongArray`
  - Referenzen: `AtomicReference`, `AtomicReferenceArray`
  - ...
- Beispiel

```
AtomicInteger ai = new AtomicInteger(47);
int newValueA = ai.incrementAndGet();
int newValueB = ai.getAndIncrement();
int oldValue = ai.getAndSet(4);
boolean success = ai.compareAndSet(oldValue, 7);
```

Java

Koordinierung

- Problemstellung
  - Rollenverteilung zwischen Threads (z. B. Produzent/Konsument)
  - Threads müssen sich abstimmen, um eine gemeinsame Aufgabe zu lösen

  → Mechanismen zur Koordinierung erforderlich
- Standardansatz in Java
  - Ein Thread wartet darauf, dass ein Ereignis eintritt
  - Der Thread wird mittels einer *Synchronisationsvariable* benachrichtigt
- Hinweise
  - Jedes `java.lang.Object` kann als Synchronisationsvariable dienen
  - Um andere Threads per Synchronisationsvariable zu benachrichtigen, muss ein Thread innerhalb eines `synchronized`-Blocks dieser Variable sein
- Methoden

`wait()`	Auf eine Benachrichtigung warten
`notify()`	Benachrichtigung an **einen** wartenden Thread senden
`notifyAll()`	Benachrichtigung an **alle** wartenden Threads senden

- Variablen

```
Object syncObject = new Object(); // Synchronisationsvariable
boolean flag = false;             // Ereignis-Flag
```

- Auf Erfüllung der Bedingung wartender Thread

```
synchronized(syncObject) {
    while(!flag) {
        syncObject.wait();
    }
}
```

- Bedingung erfüllender Thread

```
synchronized(syncObject) {
    flag = true;
    syncObject.notify();
}
```

Verteilte Ausführung

- Kompilieren von Java-Programmen

```
> javac -cp 'lib1.jar:libs/*' -d bin File1.java ...
```

  - Klassenpfad (`-cp`) muss verwendete Bibliotheken beinhalten
    - → Besteht aus `jar`-Dateien und Ordnern mit `class`-Dateien
    - → Platzhalter `*` expandiert zu allen `.jar`-Dateien im jeweiligen Ordner
    - → Pfade durch „:“ getrennt
  - Ausgabeverzeichnis `-d bin` für kompilierte `class`-Dateien
  - Quellcodedateien übergeben

- Ausführen von Java-Programmen

```
> java -cp 'bin:lib1.jar:libs/*' [-Dparam=value] package.name.Entrypoint [args ...]
```

  - Klassenpfad um Ausgabeverzeichnis für kompilierte Klassen ergänzen
  - Systemeigenschaften mit `-Dparam=value` übergeben
    - → Abfrage per `System.getProperty("param", "default");`
  - Ausführung startet in der Klasse `package.name.Entrypoint`
  - Restliche Parameter werden an das Java-Programm übergeben

Verteiltes Debugging

- „`printf`“-Debugging
  - An unterschiedlichen Stellen im Programm Debugausgaben erzeugen
  - Zuordnung von Ausgabe zu Programmzeilen sollte möglich sein
  - Bei großen Ausgabemengen in Dateien umleiten
  - Ausgaben mit Zeitstempeln versehen
    Achtung: Uhren der Rechner können im verteilten Fall voneinander abweichen

  Wichtig: Ausgaben verändern ggf. Programmverhalten (*I/O ist langsam!*)

- Debugger
  - Einzelne(n) Java-Prozess(e) im Debugger starten
  - Restliche Prozesse normal starten

  Wichtig: Pausieren im Debugger hält nur den zugehörigen Prozess an. Restliche Prozesse laufen normal weiter.
  → Gefahr von unerwartetem Verhalten durch Timeouts

- Läuft **überall** der aktuelle Programmcode?

- Protokoll für sichere Kommunikation über unsichere Netzwerke
  - SSH-Clients kommunizieren mit SSH-Servern über TCP (meist Port 22)
  - Public-Key-Verfahren für Verschlüsselung und Authentifizierung
- Anwendungen
  - Zugriff auf Rechner `host` unter Benutzernamen `user`

```
> ssh [<user>@]<host>
```

Hinweis: Innerhalb des CIP-Pool-Netzes sind einfache Hostnamen wie `cip2a0` ausreichend. Ansonsten muss der **Domänenname** mit angegeben werden, z. B. `cip2a0.cip.cs.fau.de`.

  - Befehl `cmd` auf Rechner `host` ausführen

```
> ssh [<user>@]<host> <cmd>
```

  - Authentifizierung mit SSH-Schlüssel gegenüber dem entfernten Rechner

```
> ssh [-i <ssh-key>] [<user>@]<host>
```

→ Standard: Verwendung von SSH-Schlüssel unter `~/.ssh/id_rsa`
→ Erstellung des Keys mittels `ssh-keygen`
→ Übermittlung an entfernten Rechner am Besten mit `ssh-copy-id`

- Kopieren von Dateien zwischen Rechnern

```
> scp <path_src> <path_dst>
```

Für entfernte Pfade: `[<user>@]<host>:<path_remote>`, Beispiele:

```
> scp cip2a0:/tmp/srcfile .
> scp /tmp/srcfile user@cip2a0:      # Ziel: Home von user
> scp -r cip2a0:srcdir cip2a0:/tmp  # Rekursiv, Ordner kopieren
```

- **Hinweis:** Die Verzeichnisse `/home` und `/proj` auf CIP-Pool-Rechnern werden per NFS (Network File System) bereitgestellt. Dadurch enthalten diese auf allen Rechner dieselben Dateien

```
> scp README faui00a:
> ssh faui00b cat README
```

- Automatisieren häufiger Vorgänge
  - Skript zum Starten der Anwendung (Dateiname: start-server.sh)

```
#!/bin/bash
echo "Starte␣Anwendung␣mit␣Parametern␣$@"
java -cp <classpath> vs.queue.VSQueueServer "$@"
```

  - Skript ausführen

```
> chmod +x start-server.sh  # einmalig als ausfuehrbar markieren
> ./start-server.sh param1 param2 ...
Starte Anwendung mit Parametern param1 param2 ...
```

- Bash-Skripte debuggen
  - Hinzufügen von `echo`-Anweisungen
  - Starten mit `bash -x`

```
> bash -x start-server.sh param1 param2 ...
```

- Wiki / Tutorialsammlung

The Bash Hackers Wiki

http://wiki.bash-hackers.org/start

- Aus- und wieder einhängbare Terminals
- Programme laufen auch bei getrennter Sitzung weiter
- Verwendung:
  - Starten eines Screens:

```
> screen
```

  Aushängen (*detach*) eines Screens mittels `'Ctrl+a d'`

  - Auflisten aller laufenden Sitzugen

```
> screen -ls
There are screens on:
16656.pts-145.faui48f (25.10.2019 12:10:06) (Attached)
16457.pts-123.faui48f (25.10.2019 12:27:59) (Attached)
2 Sockets in /var/run/screen/S-lawniczak.
```

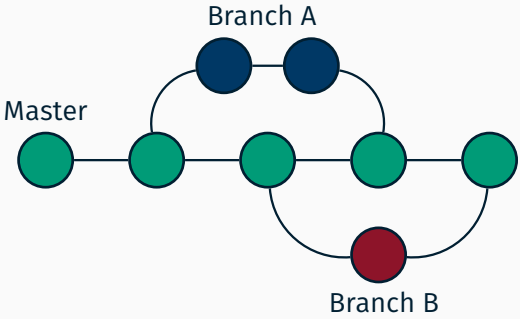
  - Bestimmte Sitzung fortsetzen

```
> screen -dr 16457.pts-123.faui48f
```

Alternative: `tmux`

Git – Warum eigentlich?

- Vorteile eines Versionskontrollsystems
  - Ermöglicht Zusammenarbeit mit mehreren Entwicklern
  - Einfaches Zusammenführen von Code und Erkennen von Konflikten
  - Parallele Entwicklung mehrerer Features
  - Fehlersuche uvm. durch „zurückspringen“ zu alten Versionen
- Weit verbreitet und öffentliche Hosting Platformen (z.B. Gitlab, GitHub)



Git Repositories

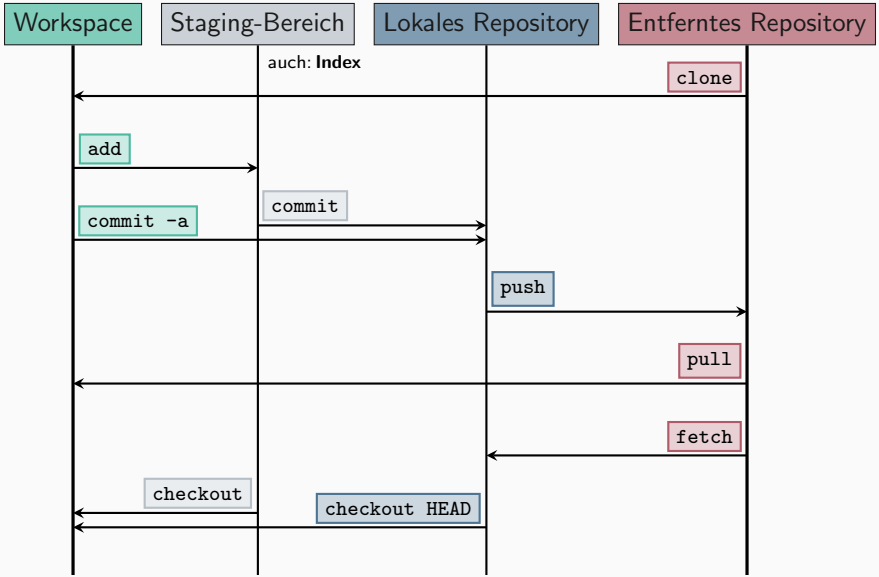
- Übungsaufgaben sollten im Git bearbeitet werden
- Benötigt ein Benuzterkonto bei `https://gitlab.cs.fau.de`
  - Konto werden automatisch mit dem IdM Single-Sign-On verknüpft
    → "Sign-in with *FAU Single Sign-On*"
  - Öffentliche(n) SSH-Schlüssel hinzufügen:
    → Oben rechts auf das Profil-Logo und auf „Profile Settings“ klicken
    → Reiter „SSH Keys“ auswählen
    → Einen oder mehrere SSH-Schlüssel hinzufügen
    (siehe auch: `https://gitlab.cs.fau.de/help/ssh/README`)

- Repositories werden von uns **anhand der Übungsgruppen** erstellt.
  Jeder Gruppenteilnehmer erhält automatisch Zugriff zum Repository seiner Gruppe.

Versionsverwaltung mit Git

Grundlagen

Überblick über den Git-Arbeitsablauf



- Erstellen einer **lokalen** Arbeitskopie über ein **entferntes** Repository
  - Befehl: `> git clone <URL>`
  - Beispiel: `git clone` über SSH (SSH-Schlüssel nötig!)

```
> git clone git@gitlab.cs.fau.de:i4-exercise/vs/ss21/vs-gruppe-42.git
```

(URL des GitLab-Repository steht auf der jeweiligen Projektübersichtsseite)

```
> git clone git@gitlab.cs.fau.de:i4-exercise/vs/ss21/vs-gruppe-42.git
Cloning into 'vs-gruppe-42'...
X11 forwarding request failed
remote: Enumerating objects: 6, done.
remote: Counting objects: 100% (6/6), done.
remote: Compressing objects: 100% (4/4), done.
remote: Total 6 (delta 1), reused 0 (delta 0), pack-reused 0
Receiving objects: 100% (6/6), done.
Resolving deltas: 100% (1/1), done.

> ls vs-gruppe-42/
README.md
```

Dateien hinzufügen (und entfernen) `git add/rm/reset/checkout`

- Dateien werden zunächst nur dem Staging-Bereich hinzugefügt oder davon entfernt
  - Es wird nur der **aktuelle** Zustand hinzugefügt
  - Änderungen haben erst beim nächsten Commit Auswirkungen auf das Repository
  - Einzelne Änderungen durch Option `-p` bzw. `--patch` auswählbar

- Änderung(en) zu Staging-Bereich hinzufügen (bzw. Datei(en) entfernen)

```
> git add [-p] <file(s)-to-add>
> git rm <file(s)-to-remove>
```

- Änderung(en) aus Staging-Bereich entfernen

```
> git reset HEAD [-p] <file(s)-to-reset>
```

- Änderung(en) im **Workspace** verwerfen

```
> git checkout -- [-p] <file(s)-to-checkout>
```

Seit Version 2.23 gibt es `'git restore'`, das `'git reset HEAD'` und `'git checkout --'` ersetzt.
Laden der neuen git Version im CIP: `'load module git'`

Änderungen überprüfen (1)

- Auswirkungen des nächsten Commits überprüfen

```
> git status

On branch master
Your branch is up to date with 'origin/master'.

Changes to be committed:
  (use "git␣reset␣HEAD␣<file>..." to unstage)
      new file:   src/Application.java

Changes not staged for commit:
  (use "git␣add␣<file>..." to update what will be committed)
  (use "git␣checkout␣--␣<file>..." to discard changes in working directory)
      modified:   README.md

Untracked files:
  (use "git␣add␣<file>..." to include in what will be committed)
      Makefile
```

Unterschiedliche Ausprägungen von `diff`:

- *Standardverhalten:* Diff zwischen Workspace und Staging-Bereich

```
> git diff [<filename>]
```

- Diff zwischen Staging-Bereich und aktuellem Commit

```
> git diff --cached [<filename>]
```

- Diff zwischen Workspace und einem bestimmten Commit

```
> git diff <commit> [<filename>]
```

- Unterschiede zu Dateien in einem Remote-Branch

```
> git diff <local_branch> <remote_branch>
```

Zum Beispiel:
Unterschied von lokalem Branch 'master' zu Zustand von 'master' im entfernten Repository
(`local_branch := master` und `remote_branch := origin/master`)

→ ! Vorheriges `git fetch` (siehe Folie 2–13) ratsam.

- Änderungen vom Staging-Bereich ins lokale Repository übernehmen

```
> git commit [<file(s)-to-commit>]
```

Nützliche Parameter:

`-a`	Alle modifizierten Dateien übernehmen
`-m <message>`	`message` als Commit-Nachricht verwenden
`--amend`	Vorherigen Commit modifizeren

- Commits vom lokalen in das **entfernte** Repository einprüfen

```
> git push [[remote_name] [branch_name]]
```

Wenn das entfernte Repository **zusätzliche, noch nicht lokal vorhandene** Commits enthält, muss das lokale Repository **zuerst** aktualisiert werden.

- Zustand aus entferntem Repository holen und integrieren

```
> git pull [[remote_name] [branch_name]]
```

Eventuell Konfliktauflösung notwendig, siehe „Konflikte“ ab Folie 19

- Aktualisierung der lokalen Sicht auf das entfernte Repository

```
> git fetch --all
```

  - Änderungen werden nur gelesen, noch nicht eingespielt
  - Ermöglicht Vergleich von lokalem und entferntem Stand, z.B.

```
> git diff master origin/master
```

- Betrachten von Commits im lokalen Repository

```
> git log

commit f8ceebed8d581cab736350c055b072db148987cd
Author: Laura Lawniczak <lawniczak@cs.fau.de>
Date:   Fri Oct 25 13:11:11 2019 +0200

Add initial README file

[...]
```

  - Aufbau: Commit-ID, Autor, Datum, Commit-Nachricht
  - Ausgeben der Änderungen eines Commits:

```
> git log -p [<commit-id>]
```

- Graphische Aufarbeitung im Terminal

```
> tig [<file(s)-to-view-log-for>]
```

- Git-GUIs mit graphischer Darstellung
  - git-cola
  - gitk

Kompilierte Dateien (z. B. `.class`-Dateien) sollten nicht ins Repository!

- Zu ignorierende Dateien in `.gitignore` eintragen

```
# Ignore class files
*.class
```

  - Sollte in das Repository eingecheckt werden
  - Greift nicht für bereits eingecheckte Dateien
    → ggf. die entsprechende Datei explizit mit `git rm <file>` löschen

- Lokale Änderungen inklusive ignorierter Dateien anzeigen

```
> git status --ignored

[...]
Ignored files:
  (use "git␣add␣-f␣<file>..." to include in what will be committed)
      application.class
```

- E-Mail-Adresse und Name für Commits festlegen

```
> git config --global user.email max@mustermann.de
> git config --global user.name "Max␣Mustermann"
```

- Alle gesetzten Variablen ansehen

```
> git config --list

user.name=Max Mustermann
user.email=max@mustermann.de
[...]
```

- Dokumentation: `man 1 git-config`

Versionsverwaltung mit Git

Branches

- Für jedes neue Feature wird üblicherweise ein neuer Branch erstellt

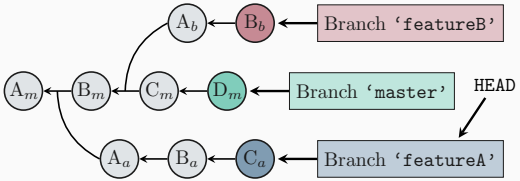
```
> git checkout -b <new_branch_name>
```

- Wechseln zwischen Branches (Workspace und Staging-Bereich bleiben erhalten)

```
> git checkout <branch_name>
```

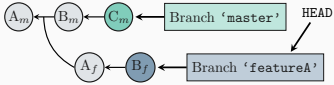
- Anzeigen aller Branches (`-a` inkludiert entfernte Branches)

```
> git branch [-a]
  master
* featureA
  featureB
```



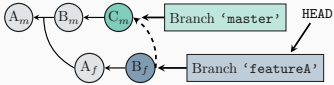
Seit Version 2.23 gibt es 'git switch', das 'git checkout' ersetzt.

- Irgendwann müssen verschiedene Zweige vereint werden



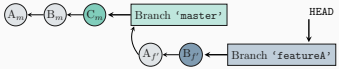
- Prinzipiell zwei unterschiedliche Wege
  - *Klassischer* Merge:
    → Mergen von <branch> in <other_branch>:

```
> git checkout <other_branch>
> git merge <branch>
```



    - Einfacher Fall: *fast-forward merge*
    - Fall mit eventuell notwendiger Konfliktauflösung: *3-way merge*
  - Rebase:

```
> git checkout <other_branch>
> git rebase [-i] <branch>
```



    - Interaktives Rebase (`-i`): Historie neu schreiben
    - ❗ Sollte nicht auf öffentlichem Branch angewendet werden

Versionsverwaltung mit Git

Konflikte

Konfliktbewältigung

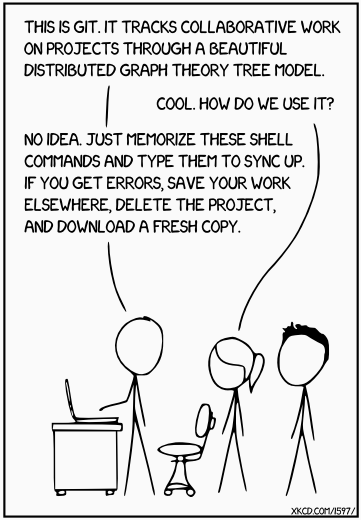
- Es gibt Konflikte, die git nicht selbstständig auflösen kann

```
> git pull
[...]
1b09b5d..39efa77  master -> origin/master
Auto-merging README.md
CONFLICT (content): Merge conflict in README.md
Automatic merge failed; fix conflicts and then commit the result.

> cat README.md
Das ist meine README Datei!

<<<<<<< HEAD
Meine neue Änderung
=======
Änderung aus dem gepullten Commit
>>>>>>> 39efa77d814d4aebfecd37da8d252cfc80091907
```

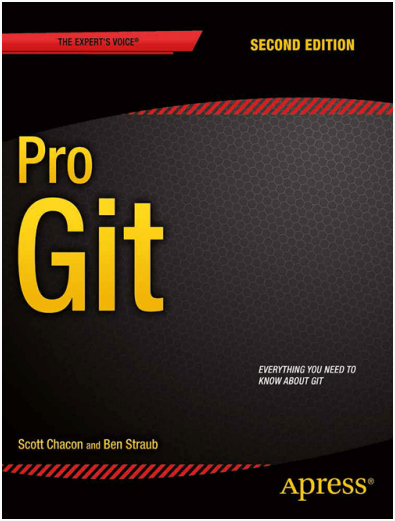
- Konflikt muss manuell gelöst werden und Ergebnis committed werden

```
> git add README.md
> git commit
```

Weitere Informationen zu Git



https://xkcd.com/1597/



https://git-scm.com/book/en/v2

Versionsverwaltung mit Git

Git in Eclipse

Git in Eclipse

- Eclipse enthält Unterstützung für Git
- Schritte zum Einrichten
  1. Lokale Kopie des Repositories erstellen (wenn nicht schon per `'git clone'`)
     - „File“ → „Import…“ → „Git“ → „Projects from Git“
     - Anschließend „Clone URI“ auswählen und URL aus Gitlab einfügen
     - Bei „Branch Selection“ auf weiter klicken
     - Bei „Local Destination“ ggf. **Pfad** anpassen
     - „Import using the New Project wizard“ auswählen
  2. Als Projekt in Eclipse einfügen
     - Neues „Java“ → „Java Project“ auswählen
     - **„Use default location“ deaktivieren**
     - **Pfad des lokalen Repositories eingeben**
       ⇒ Eclipse erkennt das Git-Repository automatisch
     - Rest wie ohne Git
- Git-Befehle sind nach Rechtsklick auf das Projekt über das „Team“-Untermenü verfügbar