

Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung

Verteilte Ausführung

Versionsverwaltung mit Git



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



The Java Tutorials, Trail: Collections

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



- Allgemeine Schnittstelle für Datenstrukturen zur Verwaltung von Schlüssel-Wert-Paaren
- Eigenschaften
 - Maximal ein Wert pro Schlüssel (→ 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);
```



- 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]
```



Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung

Verteilte Ausführung

Versionsverwaltung mit Git



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 MWThreadTest extends Thread {  
    @Override  
    public void run() {  
        System.out.println("Test");  
    }  
}  
  
Thread test = new MWThreadTest();  
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 MWRunnableTest implements Runnable {  
    @Override  
    public void run() {  
        System.out.println("Test");  
    }  
}
```

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



- 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 den 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

- Ausführung auf unbestimmte Zeit aussetzen

- Mittels yield()-Methode

```
static void yield();
```

- Aussetzen der eigenen Ausführung zugunsten anderer Threads
 - Keine Informationen über die Dauer der Pause



- 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.
- Auf die Terminierung eines Threads warten mittels join()-Methode

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



Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung

Verteilte Ausführung

Versionsverwaltung mit Git



```
public class MWCounter 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 {  
        MWCounter value = new MWCounter();  
        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: 1732744, 1378075, 1506836
- 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. $T_1\text{-LOAD: } a = 0, \text{ Reg}_1 = 0$

2. $T_2\text{-LOAD: } a = 0, \text{ Reg}_2 = 0$

3. $T_1\text{-ADD: } a = 0, \text{ Reg}_1 = 1$

4. $T_1\text{-STORE: } a = 1, \text{ Reg}_1 = 1$

5. $T_2\text{-ADD: } a = 1, \text{ Reg}_2 = 1$

6. $T_2\text{-STORE: } a = 1, \text{ Reg}_2 = 1$

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



Identifizierung kritischer Abschnitte

- Code, der zu jedem Zeitpunkt nur von einem einzigen Thread ausgeführt wird, muss nicht synchronisiert werden
- Synchronisieren nötig, 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);
```



■ Standardansatz in Java

- Kennzeichnung eines kritischen Abschnitts mittels synchronized-Block
- Verknüpfung eines kritischen Abschnitts mit einem Sperrobject
- Ein Sperrobject kann nur von jeweils einem Thread gehalten werden

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

■ Hinweise

- Jedes java.lang.Object kann als Sperrobject dienen
- Ein Thread kann dasselbe Sperrobject 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
- Sperrobject
 - Statische Methoden: Class-Objekt der entsprechenden Klasse
 - Sonst: this

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

- Beachte
 - Alle synchronized-Methoden einer Klasse nutzen dasselbe Sperrobject
 - 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
 - Löst Fall 1, jedoch nicht Fall 2 von Folie 2–13



■ 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

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung

Verteilte Ausführung

Versionsverwaltung mit Git



- 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();  
}
```



Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung

Verteilte Ausführung

Versionsverwaltung mit Git



■ Kompilieren von Java-Programmen

```
> javac -cp lib1.jar:lib2.jar -d bin File1.java ...
```

- Klassenpfad (-cp) muss verwendete Bibliotheken beinhalten
 - Besteht aus jar-Dateien und Ordnern mit class-Dateien
 - Pfade durch „:“ getrennt
- Ausgabeverzeichnis -d bin für kompilierte class-Dateien
- Quellcodedateien übergeben

■ Ausführen von Java-Programmen

```
> java -cp lib1.jar:lib2.jar:bin [-Dparam=value] 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 Entrypoint
- Restliche Parameter werden an das Java-Programm übergeben



- „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
- Debugger
 - Einzelne(n) Java-Prozess(e) im Debugger starten
 - Restliche Prozesse normal starten
 - **Achtung:** 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 aktuellem Benutzernamen

```
> ssh <host>
```

- Zugriff auf Rechner host unter Benutzernamen user

```
> ssh <user>@<host>
```

- Befehl cmd auf Rechner host ausführen

```
> ssh <host> <cmd>
```

- Authentifizierung mit SSH-Schlüssel gegenüber dem entfernten Rechner

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

→ Standard: Verwendung von SSH-Schlüssel unter `~/.ssh/id_rsa`

→ Öffentlicher Teil des Schlüssels (`~/.ssh/id_rsa.pub`) muss auf
entferntem Rechner in `~/.ssh/authorized_keys` eingetragen sein



- Kopieren von Dateien zwischen Rechnern

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

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

```
> scp faui0ad:/tmp/srcfile .
> scp /tmp/srcfile user@faui0ad:      # Ziel: Home von user
> scp -r faui0ad:srcdir faui0ad:/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
```

- **Hinweis:** Innerhalb des CIP-Pool-Netzes sind einfache Hostnamen wie 'faui00a' ausreichend. Ansonsten muss der **Domänenname** mit angegeben werden, z. B. 'faui00a.cs.fau.de'.



- Automatisieren häufiger Vorgänge

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

```
#!/bin/bash
echo "Starte Anwendung mit Parametern $@"
java -cp <classpath> vsue.bank.VSBankServer "$@"
```

- 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>



- Programm zum Verwalten mehrerer virtueller Terminals
- Erlaubt beliebiges Trennen und Fortsetzen von Sitzungen
- Wichtige Tastatur-/Screen-Befehle

Ctrl+a c	screen	Erstelle neues Fenster und wechsle zu diesem
Ctrl+a Ctrl+a	other	Zwischen letzten aktiven Fenstern wechseln
Ctrl+a <num>	select	Springe zu Fenster <num>
Ctrl+a "	windowlist	Liste mit offenen Fenstern anzeigen
Ctrl+a k	kill	Schließe aktuelles Fenster
Ctrl+a \	quit	Schließe alle Fenster und beende Screen-Instanz
Ctrl+a d	detach	Screen-Sitzung trennen
Ctrl+a [copy	Kopiermodus zum Scrollen, Verlassen: <ESC>
Ctrl+a ?	help	Tastaturbelegung mit Befehlen zeigen



- Programme laufen auch bei getrennter Sitzung weiter
- Screen-Sitzung im aktuellen Terminal fortsetzen

(wird gegebenenfalls von anderem Terminal getrennt)

```
$ screen -dr
```

- Bei mehreren Screen-Sitzungen
 - Auflisten laufender Sitzungen

```
$ screen -ls
There are screens on:
 16656.pts-145.fau148f (27.10.2017 15:10:06) (Attached)
 16457.pts-123.fau148f (27.10.2017 15:27:59) (Attached)
 2 Sockets in /var/run/screen/S-eischer.
```

- Bestimmte Sitzung fortsetzen

```
$ screen -dr 16457.pts-123.fau148f
```



- Screen-Konfiguration (`.screenrc`): Textdatei mit Befehlen

```
startup_message off  # Keine Hilfeseite beim Start
defscrollback 1500   # Max. 1500 Zeilen puffern
# Fenster starten
screen ssh faui04e java -cp <classpath> ReplicationServer 1
screen ssh faui04f java -cp <classpath> ReplicationServer 2
screen ssh faui04g java -cp <classpath> ReplicationServer 3
```

- Konfiguration beim Starten von Screen laden

```
$ screen -c screen-config.txt
```

- Fernsteuern aus anderem Terminal oder Shell-Script

```
# screen -X <Screen-Befehl> ...
$ screen -X screen ssh faui04g
```

- Dokumentation: `man 1 screen`



Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

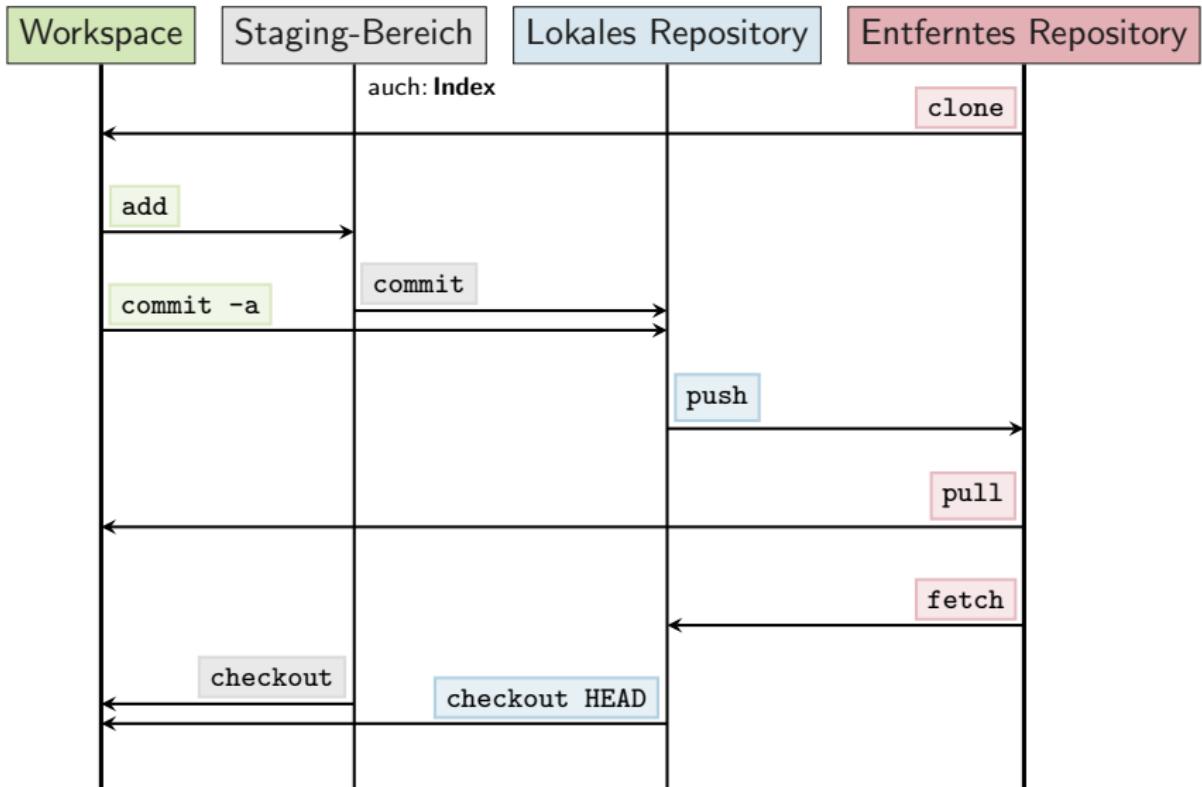
Koordinierung

Verteilte Ausführung

Versionsverwaltung mit Git



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, siehe Folie 0–6)
> git clone git@gitlab.cs.fau.de:mustermann/vsue.git
 - URL des GitLab-Repository steht auf der jeweiligen Projektübersichtsseite
- Konfiguration
 - Befehl: > git config
 - E-Mail-Adresse und Name für Benutzer (--global) festlegen
> git config --global user.name "Max Mustermann"
> git config --global user.email max@mustermann.de
 - Ohne --global erfolgt die Konfiguration Repository-spezifisch
 - Dokumentation: git config --help
- Weitere Informationen zu Git: <https://git-scm.com/book/en/v2>



- Betrachten von Commits im lokalen Repository

- Befehl (nur Commit-Nachrichten): > git log

```
commit f8ceebcd8d581cab736350c055b072db148987cd
Author: Michael Eischer <eischer+gitlab@cs.fau.de>
Date:   Wed Apr 24 11:11:11 2018 +0200

Add initial README file
```

[...]

- Ausgeben der Änderungen eines Commits > git log -p

- Git-GUIs mit graphischer Darstellung

- git-cola
- gitk
- gitg



Dateien hinzufügen und entfernen git add/reset/checkout/rm

- Dateien werden zunächst nur dem Index (→ Staging-Bereich) hinzugefügt oder davon entfernt
 - Es wird nur der **aktuelle** Zustand hinzugefügt
 - Änderungen werden erst beim nächsten Commit wirksam (d. h. in das lokale Repository übertragen) → siehe nächste Folie ff.
 - Einzelne Änderungen durch Option -p bzw. --patch auswählbar
- Änderung(en) hinzufügen

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

- Änderung(en) aus Index entfernen

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

- Änderung(en) verwerfen

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

- Datei(en) entfernen

```
> git rm <file(s)-to-remove>
```



- Auswirkungen des nächsten Commits überprüfen:

> git status

```
# On branch master
# Changes to be committed:
#   (use "git reset HEAD <file>..." to unstage)
#
# new file: README.md
#
# 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: application.java
#
# Untracked files:
#   (use "git add <file>..." to include in what will be committed)
#
# Makefile
```



- Unterschiedliche Ausprägungen

- Standardverhalten: Diff zwischen Workspace und Index

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

- Diff zwischen Index 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 u. remote_branch := origin/master

→ ! Vorheriges git fetch (siehe Folie 2-38) ratsam.



- Mit commit übernommene Änderungen sind zunächst nur im **lokalen** Repository sichtbar

- Kompletten Index oder nur bestimmte Datei(en) übernehmen

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

- Alle modifizierten Dateien übernehmen

```
> git commit -a
```

- Commit-Nachricht direkt per Kommandozeile übergeben

```
> git commit -m <commit_message>
```

- Vorherigen Commit modifizieren

```
> git commit --amend
```

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

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

→ Lokales Repository muss vorher aktualisiert werden, wenn entferntes Repository weitere, noch nicht lokal vorhandene Commits enthält



■ Lokal

- > `git checkout <branch>`

→ Aktuellen Stand aus dem Zweig `<branch>` übernehmen
→ Übernahme in den Workspace **und** in den Index
→ Operation ist „safe“, verwirft also keine Änderungen

■ Entfernt

- > `git fetch --all`

→ Aktualisierung der Remote-Tracking-Banches (`refs/remotes/`)

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

→ Zustand aus entferntem Repository holen und in aktuellen lokalen Branch integrieren (\simeq `git fetch`, gefolgt von `git merge`)
→ eventuell Konfliktauflösung notwendig, siehe nächste Folie



Konfliktbewältigung

■ Konflikt feststellen

```
> 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  
=<<<<< HEAD  
TODO: Structure and fill this README.  
=====  
## Synopsis  
  
## Installation  
>>>>> 39efa77d814d4aebfec37da8d252cf80091907
```

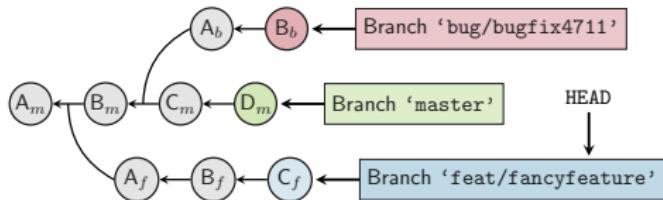
■ Konflikt in Datei manuell auflösen und Ergebnis einprüfen

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



- Für jedes neue Feature wird üblicherweise ein neuer Branch erstellt
- Anzeigen aller (auch entfernter) Branches

```
> git branch -a  
master  
* feat/fancyfeature  
bug/bugfix4711  
remotes/origin/master
```



- Neuen lokalen Branch erstellen (ausgehend vom gegenwärtigen HEAD)

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

- Branch wechseln

- Wechsel in bereits existierenden Branch

```
> git checkout <local_branch>
```

- Lokalen Branch basierend auf Remote-Branch erstellen und ausprüfen

```
> git checkout -b <local_branch> <remote_branch>
```



- Bedeutung von HEAD



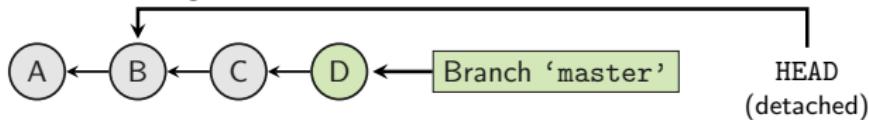
- Eine Art Zeiger auf den aktuell ausgewählten Branch

```
> cat .git/HEAD  
ref: refs/heads/master
```

- Branch ist wiederum Zeiger auf aktuellsten Commit einer Verzweigung

- Losgelöster HEAD

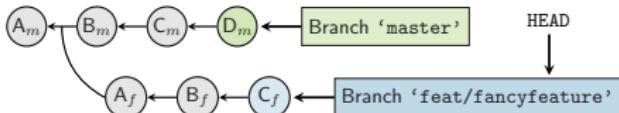
- Git sorgt normalerweise dafür, dass der HEAD-Zeiger automatisch weitergerückt wird (d. h., immer auf den aktuellen Branch zeigt)
 - Ausnahme: HEAD zeigt auf bestimmten Commit → detached HEAD



- ! „detached“ bedeutet, dass folgende Commits keinem (benannten) Branch zugeordnet sind und bei Wechsel zu anderem Commit/Branch verlorengehen



- Irgendwann müssen verschiedene Zweige (wieder) vereint werden

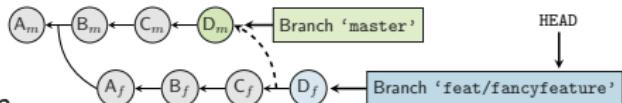


- Prinzipiell zwei unterschiedliche Wege

- Das klassische Mergen → Mergen von <branch_src> in <branch_dst>:

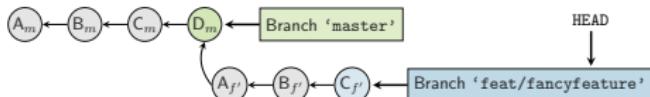
```
> git checkout <branch_dst>
> git merge <branch_src>
```

- Einfacher Fall: *fast-forward merge*
- Fall mit eventuell notwendiger Konfliktauflösung: 3-Wege-Merge



- Rebase

```
> git checkout <branch_dst>
> git rebase [-i] <branch_src>
```



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



- Eclipse enthält Unterstützung für Git
- Schritte zum Einrichten
 1. Lokale Kopie des Repository erstellen
 - Entweder mit `git clone`, siehe Folie 2–32
 - oder direkt in Eclipse
 - * „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 und diesen **merken**
 - * „Import using the New Project wizard“ auswählen
 2. Als Projekt in Eclipse hinzufügen
 - * Neues „Java“ → „Java Project“ auswählen
 - * **„Use default location“ deaktivieren**
 - * **Pfad des lokalen Repository eingeben**
 - Eclipse erkennt das Git-Repository anschließend automatisch
 - * Rest wie ohne Git
- Git-Befehle sind nach Rechtsklick auf das Projekt über das „Team“-Untermenü verfügbar



- „Push to Upstream“ ist nicht verfügbar
 - Tritt bei bislang leerem Repository auf
 - Dateien hinzufügen und einprüfen (`commit`)
 - Einmalig „Push Branch 'master'...“ mit Standardeinstellungen verwenden

