Überblick

Java
- Collections & Maps
- Threads
- Kritische Abschnitte
- Koordinierung

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`, `ArrayBlockingQueue`, ...
- Tutorial

The Java Tutorials, Trail: Collections
http://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/index.html

Generische Datenstrukturen

- Beispiel
  - Deklaration mittels generischem Datentyp (hier: `E`)

```
public interface List<E> extends Collection<E> [...]
```

  - Instanziierung
    - `E` durch zu verwaltenden Datentyp ersetzen
    - Beispiel für `Strings`

```
Collection<String> list = new LinkedList<String>();
```

- Vorteile
  - Implementierung der Datenstruktur kann Datentyp-unabhängig erfolgen
  - Typsicherheit bei Verwendung der Datenstruktur

Traversieren von Datenstrukturen

Iterator (`java.util.Iterator`)

- Methoden
  - `hasNext()` Überprüfung auf letztes Element
  - `next()` Voranschreiten zum nächsten Element
  - `remove()` Entfernen des aktuellen Elements
- Beispiel

```
// Liste erzeugen und mit Elementen fuellen
List<String> list = [...];

// Liste durchlaufen
Iterator<String> iter = list.iterator();
while(iter.hasNext()) {
    String s = iter.next();
    System.out.println(s);
}
```

- Erweiterte Iteratoren verfügbar, z. B. `java.util.ListIterator`

Traversieren von Datenstrukturen

For-Each-Schleife

- Bemerkungen
  - Anwendbar auf alle Datenstrukturen, die die Schnittstelle `java.lang.Iterable<E>` implementieren, sowie Arrays
  - Rein lesender Zugriff auf die Datenstruktur
    [→ Nicht geeignet für das Einfügen von Elementen in ein Array.]
- Beispiele

```
// Liste erzeugen und mit Elementen fuellen
List<String> list = [...];

// Liste durchlaufen
for(String s: list) {
    System.out.println(s);
}
```

```
String[] array = { "A", "B", "C" };

// Array durchlaufen
for(String s: array) {
    System.out.println(s);
}
```

Maps

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

- 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);
```

Algorithmen-Bibliothek

`java.util.Collections`

- 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]
```

Überblick

Java
- Collections & Maps
- Threads
- Kritische Abschnitte
- Koordinierung

Erzeugung von Threads

Thread

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 {
    public void run() {
        System.out.println("Test");
    }
}
```

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

Erzeugung von Threads

Runnable

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 {
    public void run() {
        System.out.println("Test");
    }
}
```

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

Pausieren von Threads

`sleep()`, `yield()`

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

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

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

  - 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

Beenden von Threads

`return`, `interrupt()`, `join()`

- 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 IO-Operation befindet
    - dem Setzen einer Interrupt-Status-Variable, die mit `isInterrupted()` abgefragt werden kann, sonst.
- Auf die Terminierung eines Threads warten mittels `join()`-Methode

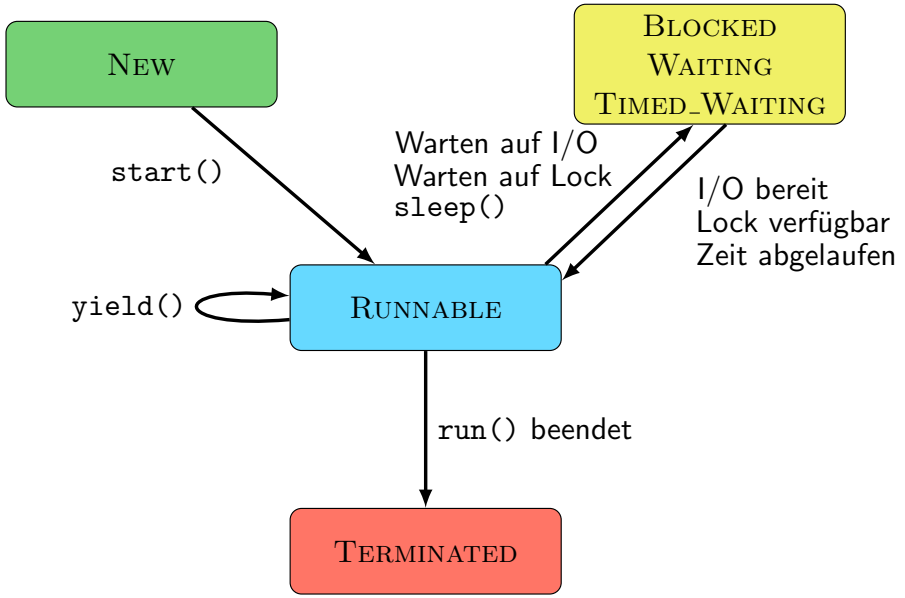
```
public void join() throws InterruptedException;
```

Veraltete Methoden

- Als *deprecated* markierte `Thread`-Methoden
  - `stop()`: Thread-Ausführung stoppen
  - `destroy()`: Thread löschen (ohne Aufräumen)
  - `suspend()`: Thread-Ausführung anhalten
  - `resume()`: Thread-Ausführung fortsetzen
  - ...
- Gründe
  - `stop()` gibt alle Locks frei, die der Thread gerade hält
    → Gefahr von Inkonsistenzen
  - `destroy()` und `suspend()` geben keine Locks frei
    → Gefahr von Deadlocks
- Weitere Informationen

Java Thread Primitive Deprecation
http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/concurrency/threadPrimitiveDeprecation.html

Thread-Zustände in Java



Überblick

Java
- Collections & Maps
- Threads
- Kritische Abschnitte
- Koordinierung

Identifizierung kritischer Abschnitte — Beispiel

```
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);
    }
}
```

Identifizierung kritischer Abschnitte — Beispiel

- 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-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

- 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);
```

Definition kritischer Abschnitte — `synchronized`

- 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; }
```

Definition kritischer Abschnitte — Alternativen

- Explizites Lock
  - Standardimplementierung: `java.util.concurrent.locks.ReentrantLock`
  - Verwendung analog zu anderen Programmiersprachen

```
Lock lock = new ReentrantLock();
```

```
lock.lock();
[...] //  kritischer Abschnitt
lock.unlock();
```

- Semaphor
  - Standardimplementierung: `java.util.concurrent.Semaphore`
  - Initialisierung des Zählers im Konstruktor

```
Semaphore sem = new Semaphore(1);
```

```
sem.acquire();
[...] //  kritischer Abschnitt
sem.release();
```

Definition kritischer Abschnitte — Vergleich

- Standardansatz per `synchronized`-Block
  - Betreten und Verlassen des kritischen Abschnitts in derselben Methode
  - Nachteile
    - Keine Timeouts beim Warten auf ein Sperrobjekt möglich
    - Keine alternativen Semantiken für das Anfordern und Freigeben von Sperrobjekten (z. B. zur Implementierung von Fairness) definierbar
- Explizites Lock
  - Eigene Implementierung der `Lock`-Schnittstelle möglich
  - Methoden für bedingtes Belegen des Locks

```
boolean tryLock();
boolean tryLock(long time, TimeUnit unit);
```

- Semaphor
  - Fairness-Bedingung konfigurierbar
  - Methoden für bedingtes Dekrementieren des Zählers

```
boolean tryAcquire([int permits, ] [long timeout]);
```

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
    }

    synchronized public void bar() {
        [...] // 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
  - Löst Fall 1, jedoch nicht Fall 2 von Folie 2–18

Atomare Operationen — `java.util.concurrent.atomic`

- 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);
```

Überblick

Java
- Collections & Maps
- Threads
- Kritische Abschnitte
- Koordinierung

Koordinierung in Java — Überblick

- 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

Koordinierung in Java — Beispiel

- Variablen

```
Object syncObject = new Object(); // Synchronisations-Variable
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();
}
```

Koordinierung in Java — Alternativen

Bedingungsvariable | Semaphor

- Variablen

```
Lock lock = new ReentrantLock();
Condition cnd = lock.newCondition();
boolean flag = false;
```

```
Semaphore sem = new Semaphore(0);
```

- Auf Erfüllung der Bedingung wartender Thread

```
lock.lock();
while(!flag) {
    condition.await();
}
lock.unlock();
```

```
sem.acquire();
```

- Bedingung erfüllender Thread

```
lock.lock();
flag = true;
condition.signal();
lock.unlock();
```

```
sem.release();
```