

Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung



- 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>



■ Beispiel

- Deklaration mittels generischem Datentyp (hier: E)

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

- Instanziierung: E durch zu verwaltenden Datentyp ersetzen, z. B. String
 - 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



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 füllen
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`



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 füllen
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);
}
```



- 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



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 {  
    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 {  
    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);  
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



- 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;
```



- 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

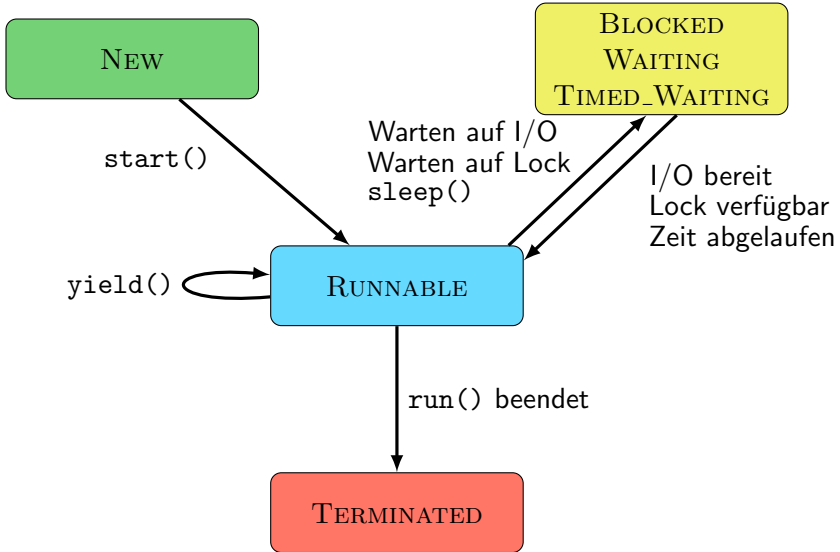


Java Thread Primitive Deprecation

<http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/concurrency/threadPrimitiveDeprecation.html>



Thread-Zustände in Java



Java

Collections & Maps

Threads

Kritische Abschnitte

Koordinierung



```
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 -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);
```



- 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; }
```



■ Explizites Lock

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

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

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

■ Semaphore

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

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

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



- 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);
```

- Semaphore
 - 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 MWExample {  
    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



- 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 2–3



■ 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



- 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(); // Synchronisations-Variablen
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();
}
```



Bedingungsvariable

Semaphore

■ 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();
```

