LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

mobile and distributed systems group

Javakurs für Fortgeschrittene

Einheit 07: Nebenläufigkeit

Lorenz Schauer
Lehrstuhl für Mobile und Verteilte Systeme

Heutige Agenda

Einführung in die Nebenläufigkeit und Java Thread Konzept:

- Motivation
  - Prozesse und Threads
- Threads in Java: Die Klasse Thread
- Threads Eigenschaften und Lebenszyklus

Threads erzeugen und starten:

- Von Thread erben
- Implementieren von Runnable
- Anonyme Innere Klasse und Lambda
- Threads warten lassen

Praxis:

- Übungen zur Thread-Erzeugung

Lernziele

- Einführung in die parallele Programmierung mit Java
- Thread-Konzept verstehen
- Threads erzeugen und arbeiten lassen

Mögliche Abläufe:

Sequentielles Programm:
Anweisungen werden Schritt für Schritt hintereinander ausgeführt ("single thread of control")

Paralleles Programm (Nebenläufig):
Anweisungen oder Teile der Anweisungen eines Programms werden nebeneinander ausgeführt ("multi thread of control")

Echt gleichzeitig parallel

Prozesse/Threads werden auf mehreren Kernen echt parallel ausgeführt

Zeitlich verzahnt (quasi-parallel)

Prozesse/Threads teilen sich einen Kern und werden somit durch Scheduling unterbrochen und verzahnt ausgeführt

Vor- und Nachteile paralleler Programmierung

Vorteile:

- Komplexität in parallele Teilbereiche zerlegen
- Höherer Durchsatz
- Performanz
- Ausnutzung bei eingebetteten und verteilten Systemen

Nachteile:

- Erhöhte Komplexität
- Abläufe sind häufig schwer zu durchschauen
- Sehr fehleranfällig
- Schwer zu Debuggen bei Laufzeitfehlern
- Konzepte zur Synchronisation und Thread-Sicherheit erforderlich, um deterministisches Verhalten zu gewährleisten

Prozesse und Threads

Ein Prozess:

- Ein Programm in Ausführung
  - Adressraum, Daten, Code, Deskriptor
- Bei modernen BS gehört zu jedem Prozess mindestens ein Thread
  - Der Prozess JVM wird vom BS gestartet
  - JVM erzeugt beim starten des Programms (Aufruf von main()) einen Haupt-Thread (Main-Thread)

Threads:

- Innerhalb eines Prozesses kann es mehrerer Threads geben
- Sind „leichtgewichtige Prozesse“
  - Teilen sich gleichen Adressraum
  - Haben gemeinsamen Zugriff auf Speicher und Ressourcen d. Prozesses
  - Eigener Stack für lokale Variablen
  - Eigener Deskriptor

Threads in Java

Bei früheren BS: Nur Simulation der verzahnten Ausführung durch die JVM

- Keine echte Parallelisierung
  - Falls keine direkte Thread-Unterstützung durch das BS möglich

Heute i.d.R.: JVM bildet die Threadverwaltung auf BS ab

- native Threads (bzw. KLT)
- Echte parallele Ausführung auf mehreren Kernen möglich!

Bringt einige Probleme mit sich:

- Nicht deterministisches Verhalten
- Deadlocks
- Sicherheit
- Lebendigkeit (bsp.: Fairness)

Achten auf Thread-Sicherheit und Synchronisation!

Nebenläufigkeit in Java

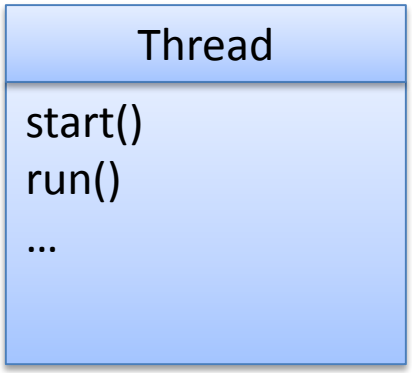
Die Java-Bibliothek besitzt eine Reihe von Klassen, Schnittstellen und Aufzählungen für Nebenläufigkeit:

- Thread
  - Jeder laufende Thread stellt ein Exemplar dieser Klasse dar
- Runnable
  - Programmcode, der parallel ausgeführt werden soll
- Lock
  - Mit Lock können kritische Bereiche markiert werden (nur 1 Thread innerhalb krit. Bereich)
- Condition
  - Threads können auf Benachrichtigungen anderer Threads warten

Threads in Java: Realisierung

Threads in Java stellen Objekte der Klasse `java.lang.Thread` dar

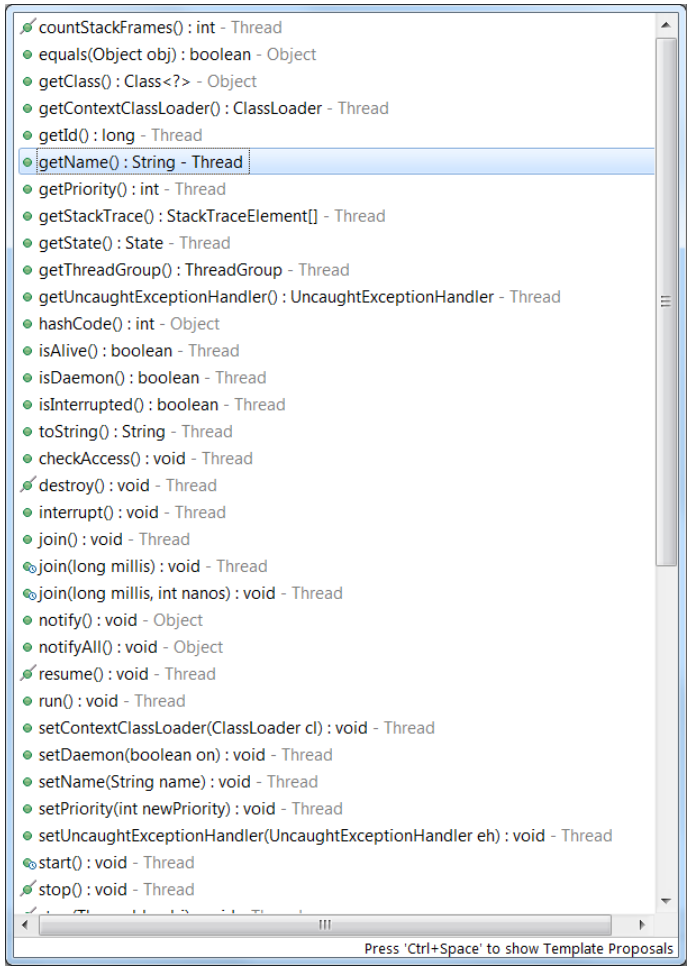
- Die Klasse beinhaltet eine `run()` Methode, die den Code beinhaltet, der parallel ausgeführt werden soll
- Die `run`-Methode muss mittels `threadinstanz.start()` ausgeführt werden, damit der Code parallel zum aufrufenden Thread ausgeführt wird!
- **Achtung**: Ruft man `threadinstanz.run()` auf, wird der Code in der `run-Methode` „ganz normal“ also sequentiell ausgeführt



Thread-Eigenschaften

Ein Thread (Exemplar der Klasse `java.lang.Thread`)

- Besitzt neben der `run()` Methode eine Menge an Eigenschaften
  - Zustand
  - Priorität
  - Name …



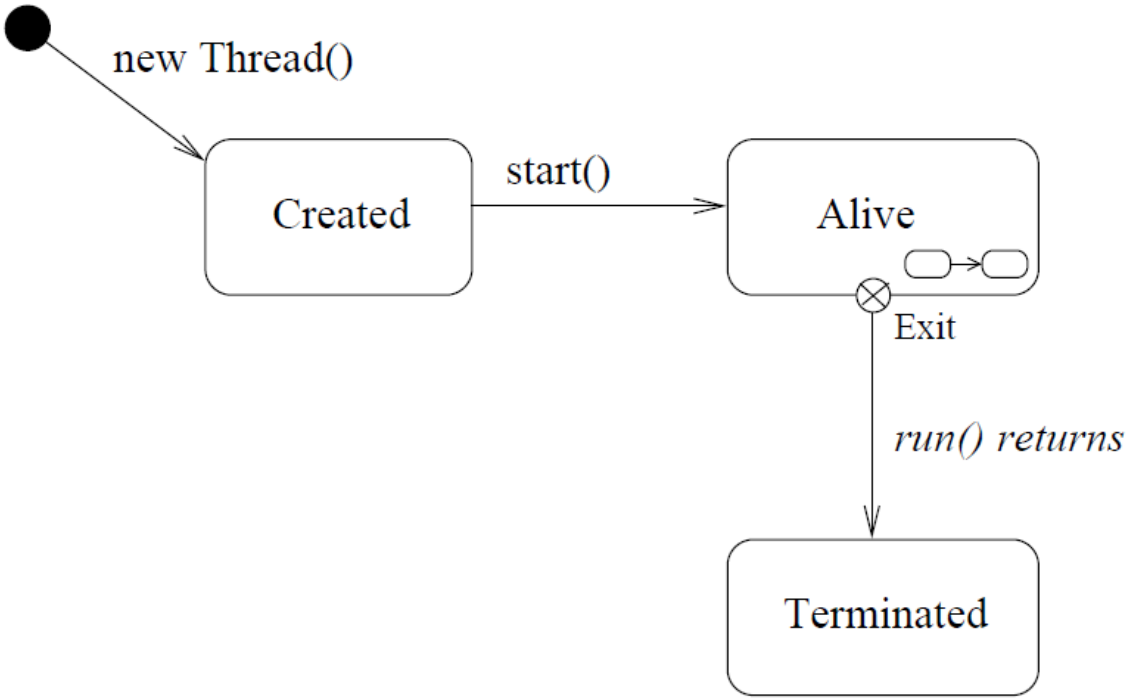
Thread-Eigenschaft: Name

Ein Thread besitzt einen Namen:

- Implizit „`Thread-<Nr>`“
- Setzen des Namens
  - Üben den Konstruktor
    - `new Thread(Runnable target, String name)`
  - Über den setter
    - `t.setName(String name);`
- Name holen über
  - `t.getName();`

```
@Override
public void run() {

   for(int i=0; i<100; i++)
     System.out.println("Thread: "+this.getName()+" schriebt Zeile: "+i);
}
```

Lebenszyklus eines Java-Threads



Quelle: Skript Parallele Programmierung. R. Hennicker 2011

Threads in Java: Erzeugung

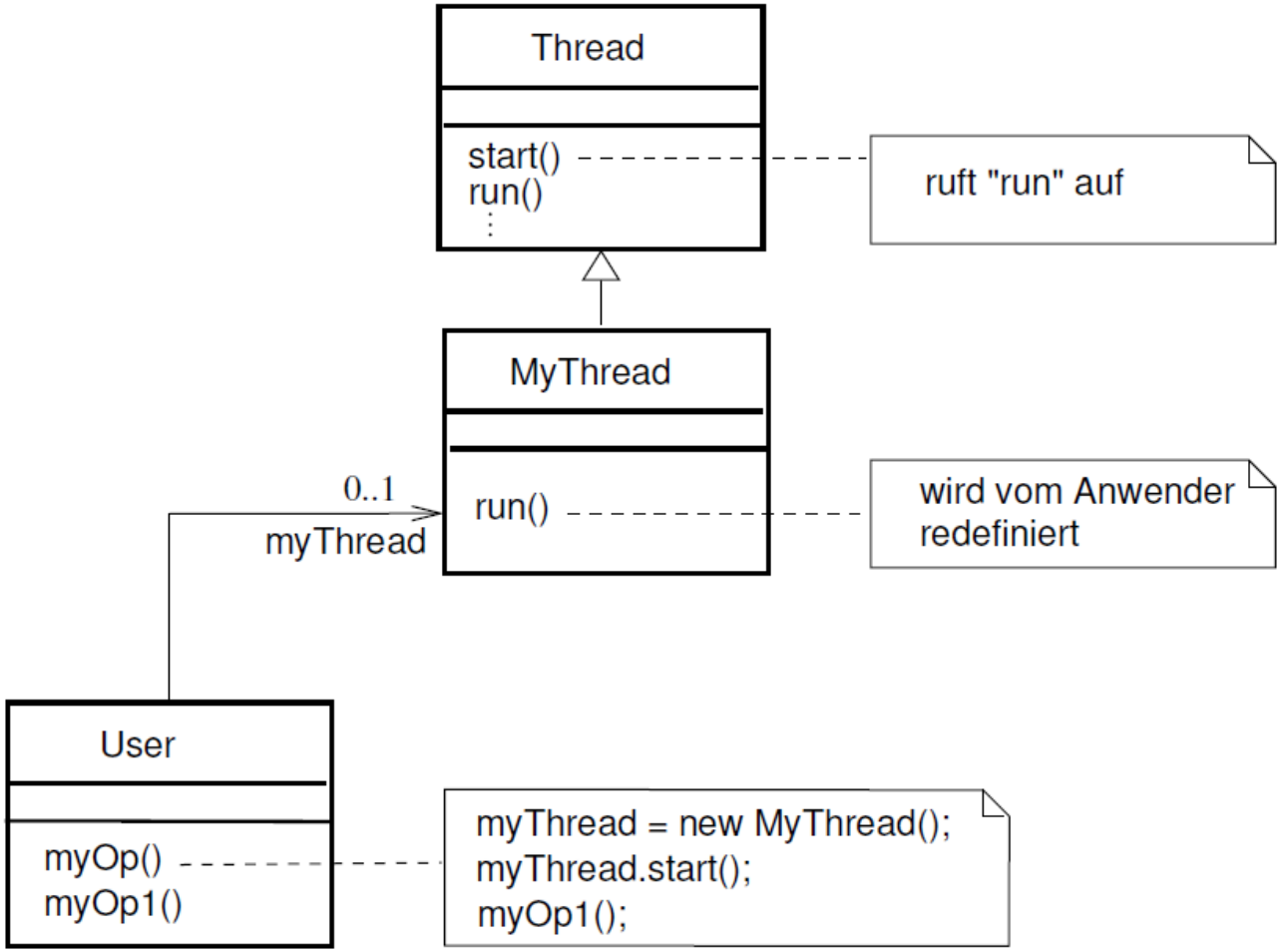
Prinzipiell stehen uns 4 Möglichkeiten zur Verfügung, um Threads in Java programmatisch zu erzeugen:

- Thread als eigene Klasse (Datei):
  - Erben von der Klasse Thread
  - Implementieren des Interfaces `Runnable`
- Threads direkt im Quellcode:
  - Anonyme Innere Klasse
    - Entweder `Runnable` oder im Konstruktor von Thread
  - Lambda Ausdrücke (Seit Java 8)

Die 4 Möglichkeiten basieren auf den beiden Konzepten:

- Threads über Vererbung
  - Nachteil: Das Erben einer weiteren Klasse ist nicht möglich!
- Threads über Interface `Runnable`

Threads mittels Vererbung



Quelle: Skript Parallele Programmierung. R. Hennicker 2011

Threads mittels Vererbung

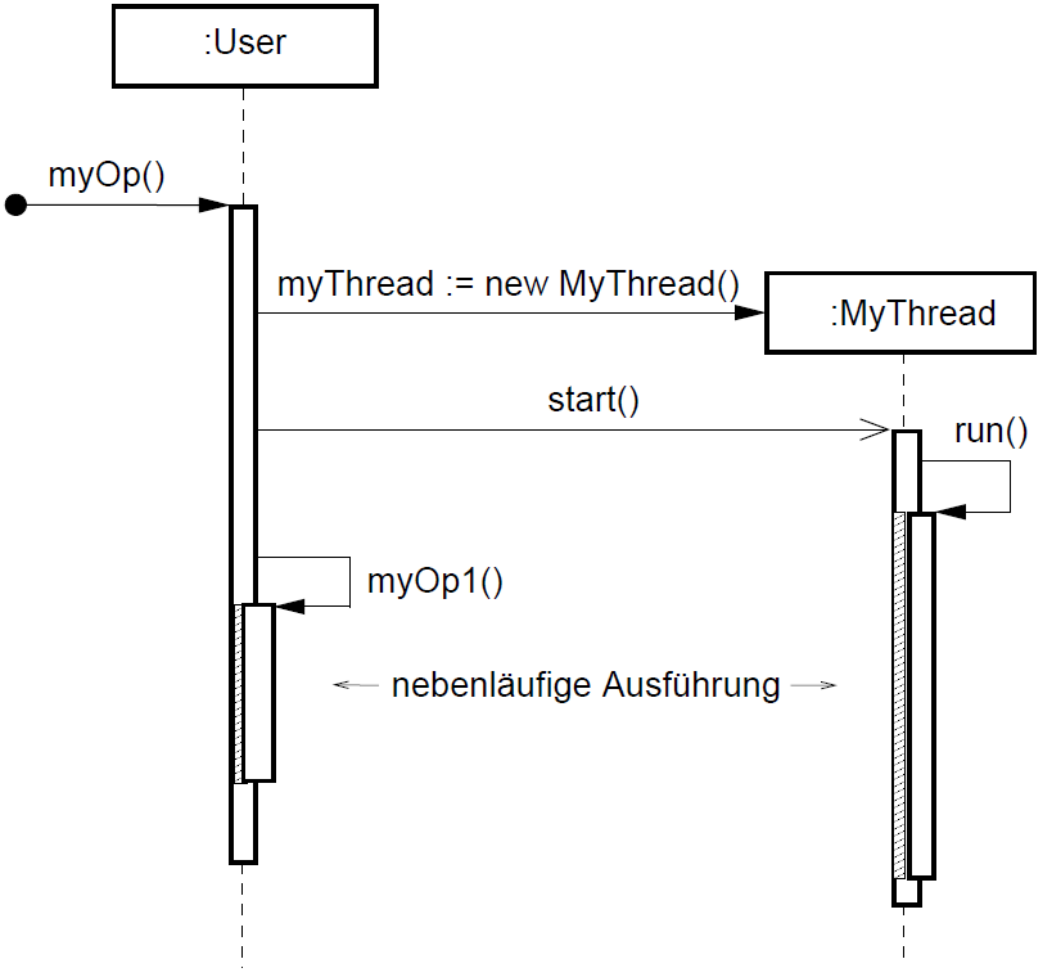
Beispiel-Implementierung mittels Vererbung:

```
//User
public class User {

   public void myOp(){
      MyThread t = new MyThread("Peter");
      t.start();
   }

   public void myOp1(){
      System.out.println("Operation 1.");

   }

   public static void main(String[] args) {
      User u  = new User();
      u.myOp();
      u.myOp1();
   }
}
```

```
// MyThread
public class MyThread extends Thread{


   private String name = "";


   public MyThread(String name){
      this.name = name;
   }

   @Override
   public void run() {
      System.out.println("Hallo ich bin
   "+this.name);
   }
}
```

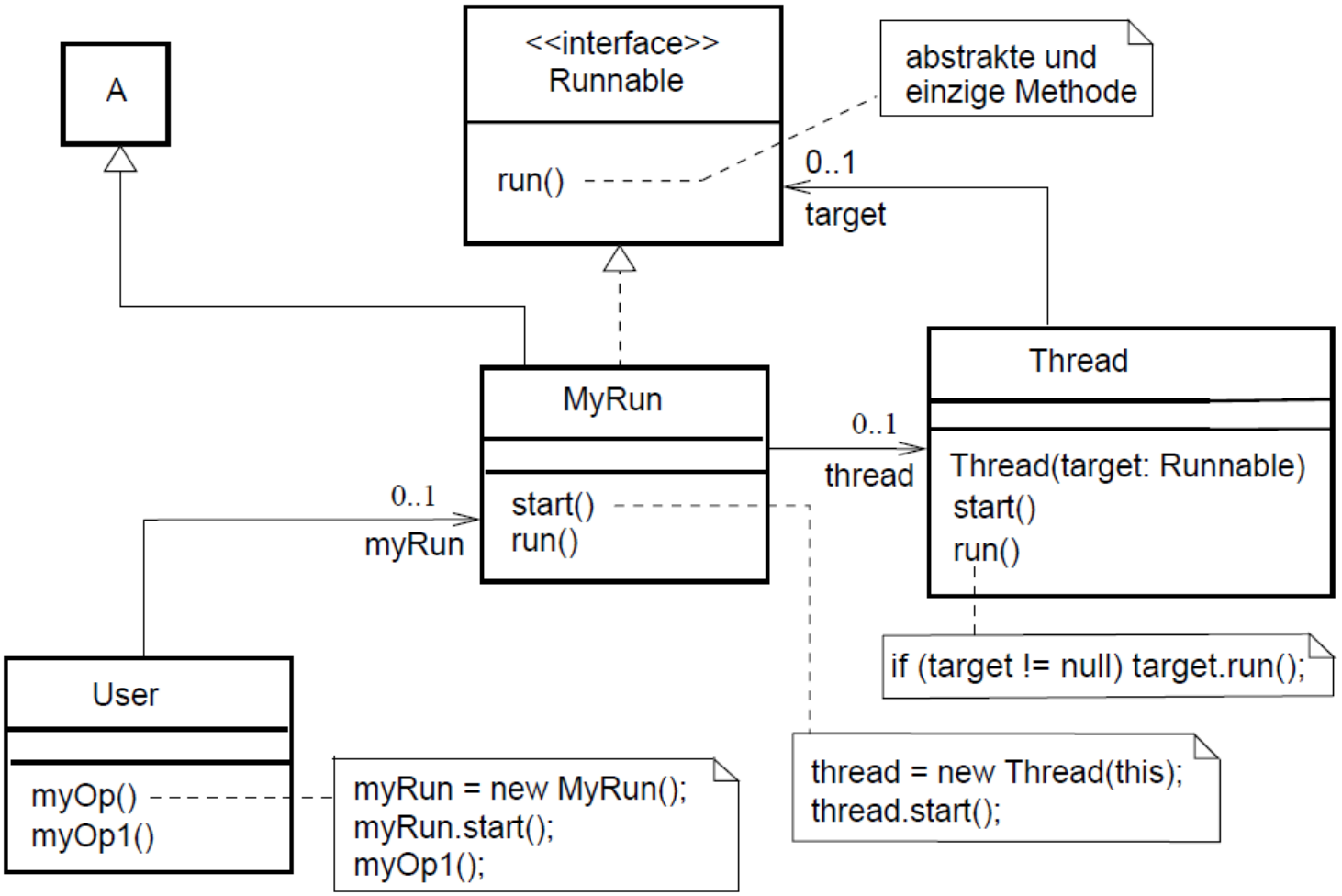
Threads mittels Vererbung

Was passiert: Sequenzdiagramm:



Quelle: Skript Parallele Programmierung. R. Hennicker 2011

Threads über Interface Runnable



Quelle: Skript Parallele Programmierung. R. Hennicker 2011

Threads über Interface Runnable

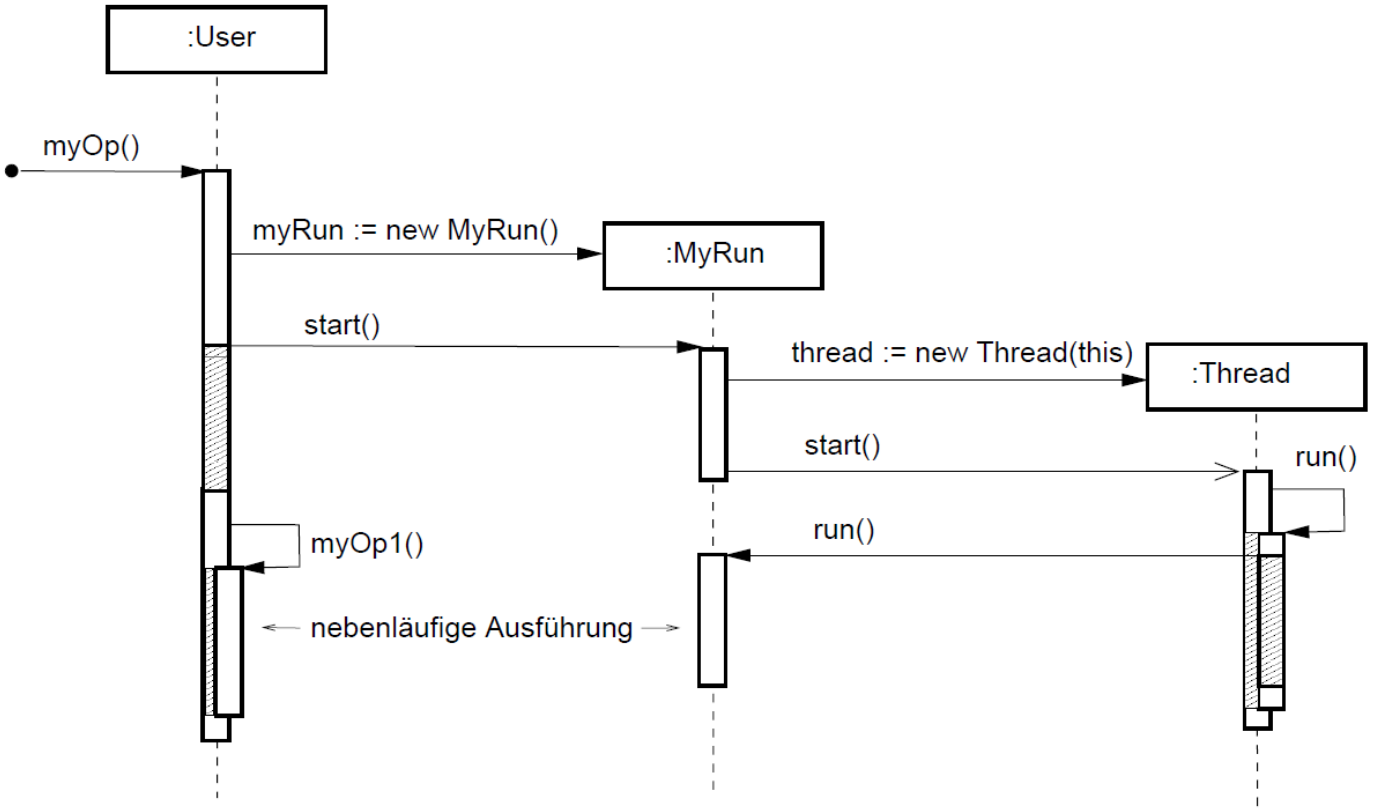
Beispiel-Implementierung mittels Interface Runnable:

```
//User
public class User {

   public void myOp(){
      MyRun myRun = new MyRun("Peter");
      myRun.start();
   }

   public void myOp1(){
      System.out.println("Operation 1.");

   }

   public static void main(String[] args) {
      User u  = new User();
      u.myOp();
      u.myOp1();
   }
}
```

```
// MyRun
public class MyRun implements Runnable{

   private String name = "";

   public MyRun(String name) {
      this.name = name;
   }

   public void start(){
      Thread thread = new Thread(this);
      thread.start();
   }

   @Override
   public void run() {
      System.out.println("Hallo ich bin
      "+this.name);
   }
}
```

Threads über Interface Runnable

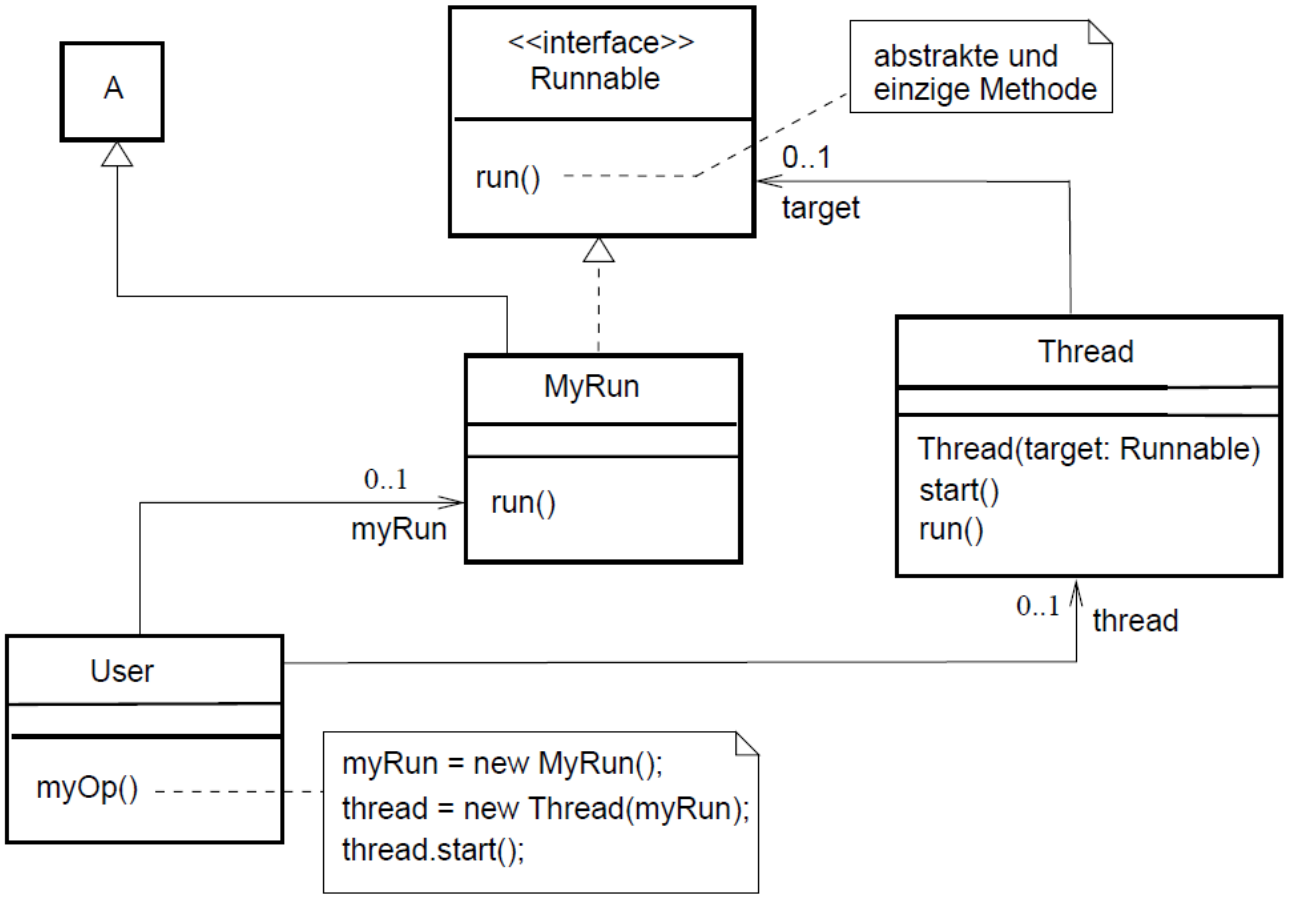
Was passiert: Sequenzdiagramm:



Quelle: Skript Parallele Programmierung. R. Hennicker 2011

Threads über Interface Runnable Variante

Kleine Variante:



Threads über Interface Runnable

Beispiel-Implementierung mittels Interface Runnable (Variante):

```
//User
public class User {

   public void myOp(){
      MyRun myRun = new MyRun("Peter");
      Thread t = new Thread(myRun);
      t.start();
   }

   public void myOp1(){
      System.out.println("Operation 1.");

   }

   public static void main(String[] args) {
      User u  = new User();
      u.myOp();
      u.myOp1();
   }
}
```

```
// MyRun
public class MyRun implements Runnable{

   private String name = "";

   public MyRun(String name) {
      this.name = name;
   }

   @Override
   public void run() {
      System.out.println("Hallo ich bin
   "+this.name);
   }
}
```

Threads direkt im Quellcode: Anonyme Innere Klasse


```
// User
public class User {

   private String name = "";

   public User(String name){
      this.name = name;
   }

   public void myOp(){

      Thread t1 = new Thread(new Runnable() {
         @Override
         public void run() {
            System.out.println("Hallo ich bin "+name);
         }
      });

      t1.start();
   }

   public void myOp1(){
      System.out.println("Operation 1.");
   }

   public static void main(String[] args) {
      User u  = new User("Peter");
      u.myOp();
      u.myOp1();
   }
}
```

Threads direkt im Quellcode: Anonyme Klasse (Alternative)


```
// User
public class User {

   private String name = "";

   public User(String name){
      this.name = name;
   }

   public void myOp(){

      Runnable myRun = new Runnable() {
         @Override
         public void run() {
            System.out.println("Hallo ich bin "+name);
         }
      };
      Thread t = new Thread(myRun);
      t.start();
   }

   public void myOp1(){
      System.out.println("Operation 1.");
   }

   public static void main(String[] args) {
      User u  = new User("Peter");
      u.myOp();
      u.myOp1();
   }
}
```

Threads direkt im Quellcode: Lambda Ausdrücke (seit Java 8)


```
public class User {

   private String name = "";

   public User(String name){
      this.name = name;
   }

   public void myOp(){

      Runnable myRun = ()->{
         System.out.println("Hallo ich bin "+this.name);
      };
      Thread t = new Thread(myRun);
      t.start();
   }

   public void myOp1(){
      System.out.println("Operation 1.");

   }

   public static void main(String[] args) {
      User u  = new User("Peter");
      u.myOp();
      u.myOp1();
   }
}
```

Hier kann auf die Instanzvariable des Objekts zugegriffen werden, da keine anonyme Klasse

; nicht vergessen!

Threads vs. Runnable

Erweiterung der Klasse Thread hat den Vorteil, dass geerbte Methoden direkt genutzt werden können.

Wenn `Runnable` implementiert wird, müssen wir Umweg über statische Methode `currentThread()` gehen.

- Liefert Objektreferent auf den aktuell ausführenden Thread

```
public static void main(String[] args) {

     Runnable r = () ->{

        for(int i=0; i<100; i++)
          System.out.println("Thread: "+Thread.currentThread().getName()+"
            schriebt Zeile: "+i);

     };


     new Thread(r).start();
   }
}
```

Threads warten lassen

Synchronisation von Threads mittels Monitore

- Nächste Stunde

Threads warten lassen mittels statischer Methode `sleep(long millis);`

- Blockiert den aktuell laufenden Thread für die gegebene Zeitspanne von `long millisekunden`
- Behält aber das Lock des Monitors!
  - Unterschied zu `wait()`
- Wirft `InterruptedException`

```
// Beispiel für Thread.sleep(long millis)

@Override
public void run() {

   for(int i=0;i<100;i++){
      System.out.println("Thread "+this.name+" prints "+i);

      try {
         Thread.sleep(1000);
      } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
      }

   }

}
```

Übungen mit Threads

Erstellen Sie ein neues Eclipse-Projekt „ThreadsExcercises“ und schreiben Sie nun ein einfaches Programm, um sich mit der Funktionsweise von Java-Threads auseinanderzusetzen:

- Implementieren Sie auf die 4 Arten, die Sie in der Stunde kennengelernt haben eine Run Methode, welche den Namen des ausführenden Threads und eine Zahl von 0 bis 200 hochzählt und ebenfalls ausgibt.
  - Bsp.: „Thread 1 schreibt 35“

- Lassen Sie mindestens 3 Threads für sich arbeiten
- Wie ist der Programmablauf ?
- Wie verhält sich der Programmablauf, wenn Sie statt `thread.start()`, `thread.run()` aufrufen?
- Wie verhält sich der Programmablauf, wenn sie den jeweiligen Thread 100 millisekunden zwischen den Ausgaben warten lassen?