Grundlagen zur nebenläufigen Programmierung in Java

Java Forum Stuttgart
Stuttgart, 4. Juli 2013

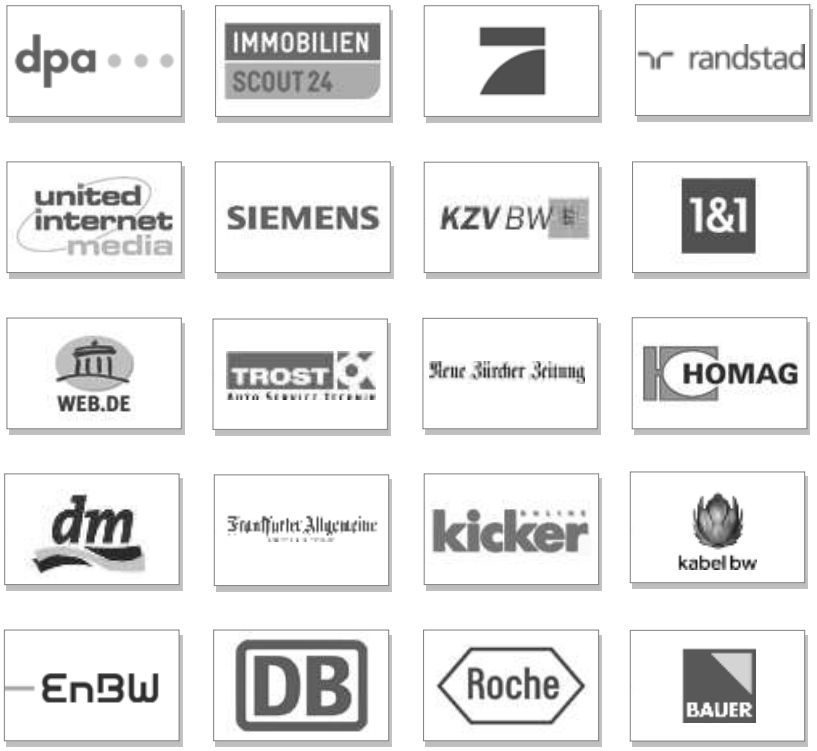
Referent: Christian Kumpe

Christian Kumpe
Senior Softwareentwickler

- Informatikstudium am KIT (Universität Karlsruhe)
- Freelancer im Bereich Web und Java
- Seit Mai 2011 bei Netpioneer
- Über 10 Jahre Java-Erfahrung

christian.kumpe@netpioneer.de

- Gründung 1996
- IT-Dienstleister für hochwertige Softwarelösungen im Onlinesektor
- Über 100 Mitarbeiter
  davon um die 80 in Karlsruhe
- 30 aktive Bestandskunden
- Hauptsitz in Karlsruhe
- Standort in Berlin



- **Was zeigt dieser Vortrag?**

  Ein „einfaches“ Beispiel mit allerlei Tücken.

- **Was erklärt dieser Vortrag?**

  Welche Komponenten mit welchen *grundlegenden* Regeln für das Laufzeitverhalten von nebenläufigen Programmen in Java verantwortlich sind.

- **Was erklärt dieser Vortrag *nicht*?**

  Der Vortrag ist nicht als Einführung oder Anleitung zur nebenläufigen Programmierung in Java gedacht.

```
public class SimpleExample {
        static class Looper extends Thread {
                boolean finish = false;

                @Override
                public void run() {
                        while (!finish) {
                                // do something
                        }
                }
        }

        public static void main(String... args) throws Exception {
                Looper looper = new Looper();
                looper.start();

                Thread.sleep(1000); // wait 1s
                looper.finish = true;

                System.out.println("Wait for Looper to terminate…");
                looper.join();
                System.out.println("Done.");
        }
}
```

DEMO

- **Das ursprüngliche Programm ist fehlerhaft!**

  Änderungen an `finish` kommen im Looper Thread nicht an.

- **`volatile` korrigiert den Fehler!**

  Das Programm terminiert wie gewünscht.

- **`System.out.println();` behebt das Problem auch!**

  War das hier nur Zufall?

- **Auch der Debugger hat Einfluss auf das Verhalten des Programms!**

  Wie kann das sein?

- **Der JIT-Compiler entfernt die Überprüfung von `finish`.**

  Dadurch wird die `while`-Schleife zur Endlosschleife.

- **Ein `volatile` verbietet das.**

  Weil der JIT Compiler jetzt damit rechnen muss, dass die Variable von einem anderen Thread verändert wird.

- **`System.out.println()` synchronisiert zwischen Threads.**

  Da beide Threads `System.out` als Lock verwenden, wird die Änderung der Variable im Looper-Thread sichtbar.

- **Das Setzen des Breakpoints sorgt für eine Deoptimierung.**

  Damit findet wieder eine Überprüfung der Variable statt.

Darf der das?

- **Kompilierung**
  Java Source Code wird vom Java Compiler in Bytecode gewandelt:

```
$ javac SimpleExample.java
```

- **Ausführung**
  Bytecode wird von der *Java Virtual Machine (JVM)* ausgeführt:

```
$ java SimpleExample
Wait for Looper to terminate…
Done.
```

  Dabei wird der *Bytecode* interpretiert oder vom *Just in Time (JIT) Compiler* in *Maschinencode* umgewandelt und ausgeführt.

- **Laufzeitverhalten**
  Das plattformunabhängige Laufzeitverhalten wird dabei in der *Java Language Specification (JLS)* bzw. der *Java Virtual Machine Specification (JVMS)* festgelegt.

- **Ist Teil der Java Language Specification.**
  Liefert die Grundlagen für das beobachtete Verhalten und wird im Folgenden genauer betrachtet.

- **Wofür braucht man ein Memory Model?**
  Wenn einer Variable v in Thread A ein Wert zu gewiesen wird…

```
public int v;
…
v = 1;
```

…unter welchen Umständen sieht Thread B diesen Wert?

```
if (v == 1) {
        System.out.println("Der Wert ist 1");
}
```

Was legt das Java Memory Model fest?

- **Reihenfolge der Aktionen innerhalb eines Threads.**

  Innerhalb eines Threads gilt die *as-if-serial* Semantik.

- **Reihenfolge der Aktionen verschiedener Threads.**

  Für die Aktionen zwischen verschiedenen Threads gelten die *happens-before* Regeln.

- **Was wird damit gesteuert?**

  Der Java *Compiler* und die *JVM* mit ihrem *JIT Compiler* müssen sich so verhalten und die CPU, die Caches und den Speicher so steuern, dass das geforderte Laufzeitverhalten auf der jeweiligen Plattform resultiert.

- **Programm order rule**

  Each action in a thread happens-before every action in that thread that comes later in the program order.

- **Monitor lock rule**

  An unlock on a monitor lock happens-before every subsequent lock on that same monitor lock.

- **Volatile variable rule**

  A write to a `volatile` field happens-before every subsequent read of that field.

- **Thread start rule**

  A call to `Thread.start` on a thread happens-before every action in the started thread.

(Übernommen aus „Java Concurrency In Practice" von Brain Goetz u.a.)

- **Thread termination rule**
  Any action in a thread *happens-before* any other thread detects that thread has terminated, either by successfully return from `Thread.join` or by `Thread.isAlive` returning **`false`**.

- **Interruption rule**
  A thread calling `Thread.interrupt` on another thread *happens-before* the interrupted thread detects the interrupt (either by having `InterruptedException` thrown or invoking `Thread.isInterrupted` or `Thread.interrupted`).

- **Finalizer rule**
  The end of a constructor for an object *happens-before* the start of the finalizer for that object.

- **Transitivity**
  If A *happens-before* B, and B *happens-before* C, then A *happens-before* C.

(Übernommen aus „Java Concurrency In Practice" von Brain Goetz u.a.)

- **Können wir die Annahmen überprüfen?**
  Wie können wir überprüfen welche Optimierungen der JIT-Compiler zur Laufzeit vornimmt?

- **HotSpot bietet Schalter für weitere Debugging-Informationen.**
  Mit -XX:+PrintCompilation können wir sehen, dass der JIT-Compiler die fragliche Methode optimiert hat:

```
$ java -XX:+PrintCompilation SimpleExample
      79    1 %           SimpleExample$Looper::run @ 0 (8 bytes)
Wait for Looper to terminate…
```

- **Und wenn wir's genau sehen wollen…**
  Können wir uns mit -XX:+PrintAssembly den generierten Assembler Code ansehen!

  Dazu wird das HotSpot Disassembler Plugin benötigt:
  https://kenai.com/projects/base-hsdis/

DEMO

- **Die Optimierungen der JVM können manchmal überraschend sein.**

  Sollten aber immer konform zur Java Language Specification sein!

- **Ein grundlegendes Wissen darüber kann bei der Fehlersuche hilfreich sein.**

  Zumindest sollte man sich bewusst sein, was alles passieren kann.

- **Die HotSpot JVM mit ihrem JIT Compiler ist eine spannende Software!**

  Und es lohnt sich, ihr ab und an unter die Haube zu schauen!

Literatur

„Java Concurrency In Practice“ von Brain Goetz, Tim Peierls, Joshua Bloch und weiteren, erschienen im Addison Wesley Verlag. ISBN 0-321-34960-1.

„Java Performance“ von Charlie Hunt und Binu John, erschienen im Addison Wesley Verlag. ISBN 0-137-14252-8.

Links

HotSpot Internals: https://wikis.oracle.com/display/HotSpotInternals/Home

OpenJDK JVM Internals: http://www.progdoc.de/papers/Jax2012/jax2012.html

Lust auf Veränderung?

Dann haben wir den passenden Job mit vielen Extras für Dich…

Mehr Inforationen gibt’s bei uns am Stand Nr. 19 in einem persönlichen Gespräch oder unter www.netpioneer.de

Wir freuen uns auf Dich!

ENDE

Herzlichen Dank!

Ich hoffe Ihr seid um eine Erfahrung reicher geworden ☺

Habt Ihr noch Fragen?