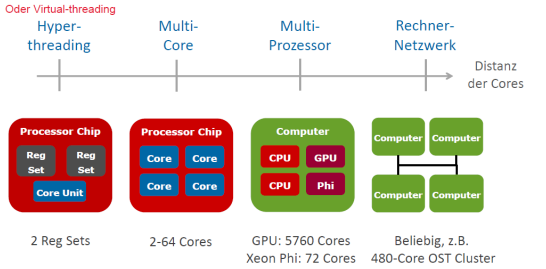
1 Multi-Threading Grundlagen



Parallelität (Parallelism): Mehrere Teilabläufe, welche gleichzeitig auf mehreren Prozessoren/Cores laufen. → Schnellere Programme
Nebenläufigkeit (Concurrency): Gleichzeitig oder verzahnt ausführbare Abläufe, welche auf gemeinsame Ressourcen zugreifen (Logisch unabhängig) → Einfachere Programme
User-Level Threads: Im Prozess implementiert (keine echte Parallelität)
Kernel-Level Threads: Im Kernel implementiert (Multi-Core Ausnutzung) → Kontextwechsel vom Prozess per SW-Interrupt

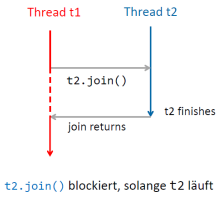
1.1 Thread Scheduling

Processor Sharing: Mehr Threads als Prozessoren und bei Wartebidingung Proz. an anderen bereiten Thread abgeben.
Verzahnte Ausführung: Prozessor führt Instruktionen von mehreren Threads in Teilsequenzen aus. → Quasiparallelität
Synchron: Warten auf Bedingung → Waiting Threads
Asynchron: Zeitablauf → Nach gewisser Zeit Proz. abgeben
Kooperativ: Threads müssen explizit beim Scheduler in Abständen Kontextwechsel synchron initiieren
Preemptiv: Scheduler kann per Timer-Interrupt den laufenden Thread asynchron unterbrechen

1.2 Multi Thread Programmierung

JVM ist ein Prozess im Betriebssystem. → Programmierer kann weitere Threads starten
Die JVM läuft, solange Threads laufen.
Ausnahme: Deamon Threads (z.B. Garbage Collector). Mit System.exit()/Runtime.exit() kann die JVM direkt terminiert werden (unsauber)

```
// A,B Ausgaben können durcheinander sein:
public class MultiThreadTest {
   public static void main (String[] args ) {
      var a = new Thread(Thread(() -> multiPrint("A"));
      var b = new Thread(Thread(() -> multiPrint("B"));
      a.start(); b.start();
      System.out.println("main finished");
   }
   static void multiPrint (String label) {
      for (int i = 0; i < 10; i++) {
         System.out.println(label + ": " + i);
      } } }
// Explizite Runnable-Implementation:
class SimpleLogic implements Runnable {
   @Override
   public void run () {
      // thread behavior
   } }
var myThread = new Thread(new SimpleLogic());
myThread.start();
// Sub-Klasse von Thread
class SimpleThread extends Thread {
   @Override
   public void run ()
      // thread behavior
   } }
var myThread = new SimpleThread(); myThread.start();
```



t1 wartet, bis t2 fertig ist.
Warten:
Thread.sleep(milliseconds)
Prozessor freigeben:
Thread.yield()
Von aussen Unterbrechen:
myThread.interrupt()
Aktuelle Thread-Instanz:
Thread currentThread()
Als Deamon markieren:
void setDeamon(boolean on)

2 Thread synchronisation

Threads teilen sich Adressraum und Heap.

2.1 Race Condition

Wenn mehrere Threads das Selbe Objekt lesen und anhand vom Resultat dieses überschreiben. (z.B. deposit: zuerst lesen dann += amount → Zwischen lesen und schreiben könnte ein anderer Thread die balance geändert haben)
Lösung: Gegenseitiger Ausschluss (Mutual Exclusion)
→ Geht nicht mit einfachem locked Boolean (Keine atomaren Instruktionen)

2.2 Synchronized (Monitor Lock)

Das Keyword synchronized belegt einen Lock für das Objekt.
→ Nur ein Thread kann eine synchronized Methode in derselben Instanz zur gleichen Zeit ausführen.

```
// deposit und withdraw sind im gegenseitigem Ausschluss
class BankAccount {
   private int balance = 0;
   public synchronized void deposit (int amount) {
      this.balance += amount }
   public synchronized boolean withdraw (int amount) {
      if (amount <= this.balance) {
         this.balance -= amount;
         return true; } {else {return false; } } }
// synchronized(object){ statements } ist eine explizite
      Angabe, auf welcher Instanz gelockt wird:
public void deposit(int amount) {
   synchronized(this) {this.balance += amount;} }
```

Problem: Wenn man auf Bedingung warten will. → sleep() und yield() geben den Monitor-Lock nicht frei.
Lösung: Wait & Signal Mechanismus. → Threads können im Monitor auf Bedingung warten oder können Wartende Threads aufwecken (Änderung signalisieren)
wait() gibt lock frei und wartet auf Signal. notify() signalisiert nur einen beliebigen (zufälligen), wartenden Thread. → Wartet vlt auf andere Bedingung und kann zu ewigem Warten führen
notifyAll() signalisiert alle wartenden Threads.
Wichtig:

- Signalisierender Thread behält Monitor
- Thread ist im inneren Warteraum, bis Signal kommt
- Bei notify() kommt Thread wieder in äusseren Warteraum

```
class BoundedBuffer <T> {
  private Queue<T> queue = new LinkedList<>();
  private int limit = 1; // or initialize in constructor
  public synchronized void put(T item) throws
        InterruptedException {
    while (queue.size () == limit) {
      wait(); // await non full
    } queue.add(item); notifyAll(); // signal non empty
  }
  public synchronized T get() throws
        InterruptedException {
    while (queue.size () == 0) {
      wait();// await non empty
    } var item = queue.remove(); notifyAll(); // non full
    return item; } }
```

3 Week03

4 Week04

5 Week05

6 Week06

7 Week07

8 Week08

9 Week09

10 Week10

11 Week11

12 Week12

13 Week13