Programmierung 2
Studiengang MI / WI

Dipl.-Inf., Dipl.-Ing. (FH) Michael Wilhelm

Hochschule Harz

FB Automatisierung und Informatik

mwilhelm@hs-harz.de

Raum 2.202

Tel. 03943 / 659 338

Inhalt der Vorlesung

Überblick:

- Objekte und Methoden
- Swing
- Exception
- I/O-Klassen / Methoden
- **Threads**
- Algorithmen (Das Collections-Framework)
- Design Pattern
- Graphentheorie
- JUnit

Threads in Java

Klassen abgeleiteten von der Klasse Thread:

- Ableiten von der Klasse Thread
- Implementiere die run() Methode (einzige Methode des Interface Runnable)
- Deklariere ein Thread Objekt als Attribut der Klasse
- Erzeuge ein Thread Objekt und rufe die Methode start() auf
- Die Instanz wird automatisch durch das Verlassen der Methode „run“ gestoppt

Thread-Beispiel: Deklaration

```
class TestThread extends Thread {

  public TestThread () {
    setPriority(Thread.MIN_PRIORITY);
  }

  public void run() {
    // Aktion
  }
}
```

1. Thread-Beispiel:

```
private void bnBsp1_click() {
  Thread1  th = new Thread1();
  th.start();
}

class Thread1 extends Thread {

 public void run() {
  System.out.println("in Thread1: run");
 }

}  // Thread1
```

2. Thread-Beispiel: Klasse

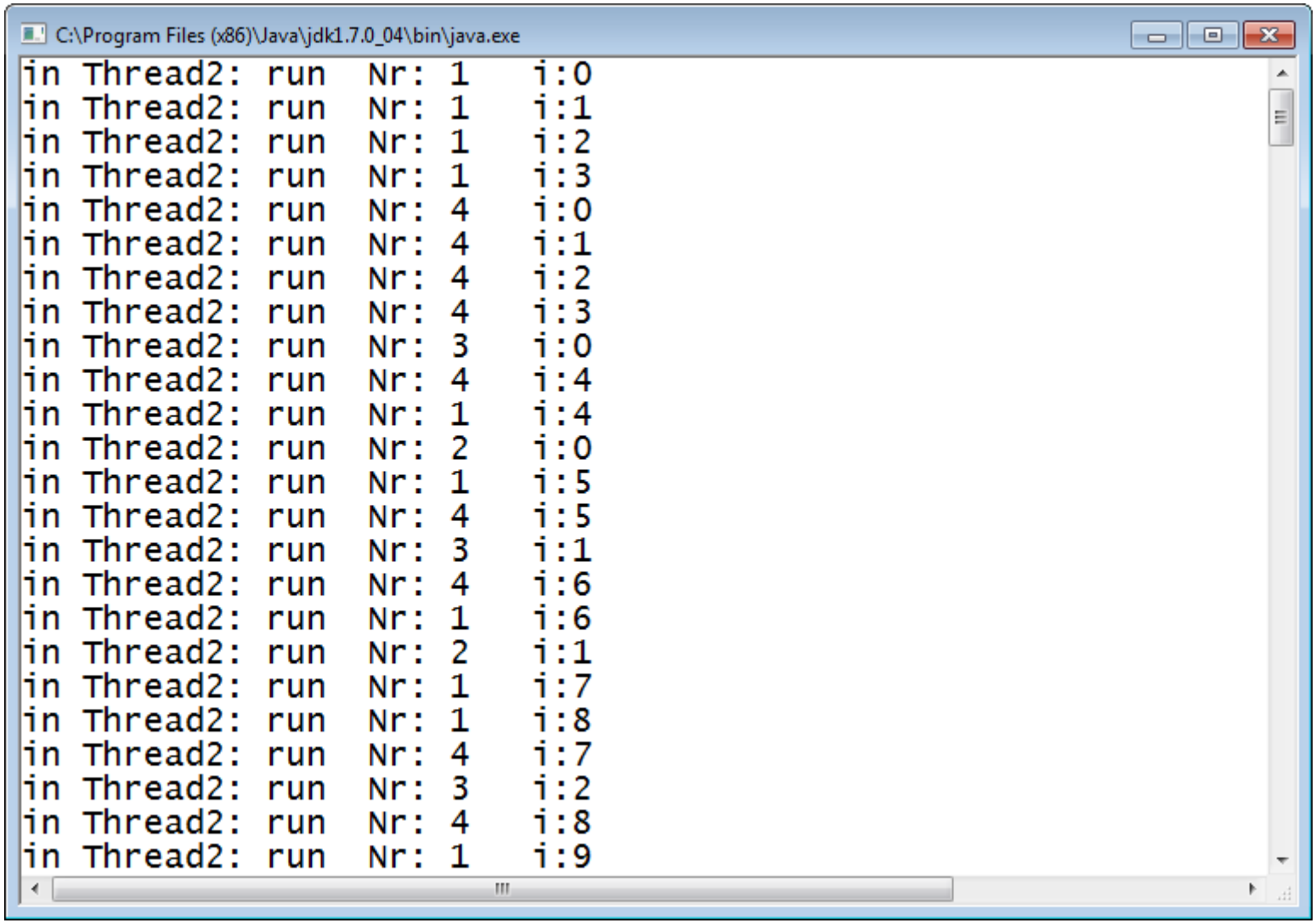
```
class Thread2 extends Thread {
  private int nr;
  private int n;
  public Thread2(int nr, int n) {
    this.nr = nr;
    this.n = n;
  }
  public void run() {
    for (int i=0; i<n; i++)  {
      System.out.println("in Thread2: run  Nr: "+nr+"   i:"+i);
    }
  }
} // Thread2
```

2. Thread-Beispiel: Aufruf

```
private void bnBsp2_click() {
    int n=50; // 5000000
   Thread2  th1 = new Thread2(1,n);
   th1.start();
   Thread2  th2 = new Thread2(2,n);
   th2.start();

   Thread2  th3 = new Thread2(3,n);
   th3.start();
   Thread2  th3 = new Thread2(4,n);
   th4.start();
  }
```

2. Thread-Beispiel: Ergebnis (alles durcheinander)



3. Thread-Beispiel: Klasse Thread3

```
class Thread3 extends Thread {
  private int nr;
  private int n;
  private int summe;
  public Thread3(int nr, int n) {
    this.nr = nr;
    this.n = n;
  }
  public void run() {
    summe =0;
    for (int i=1; i<=n; i++) {
      summe+=1; // oder i;
    }
  public int getSumme() {
     return summe;
   }

} // Thread3
```

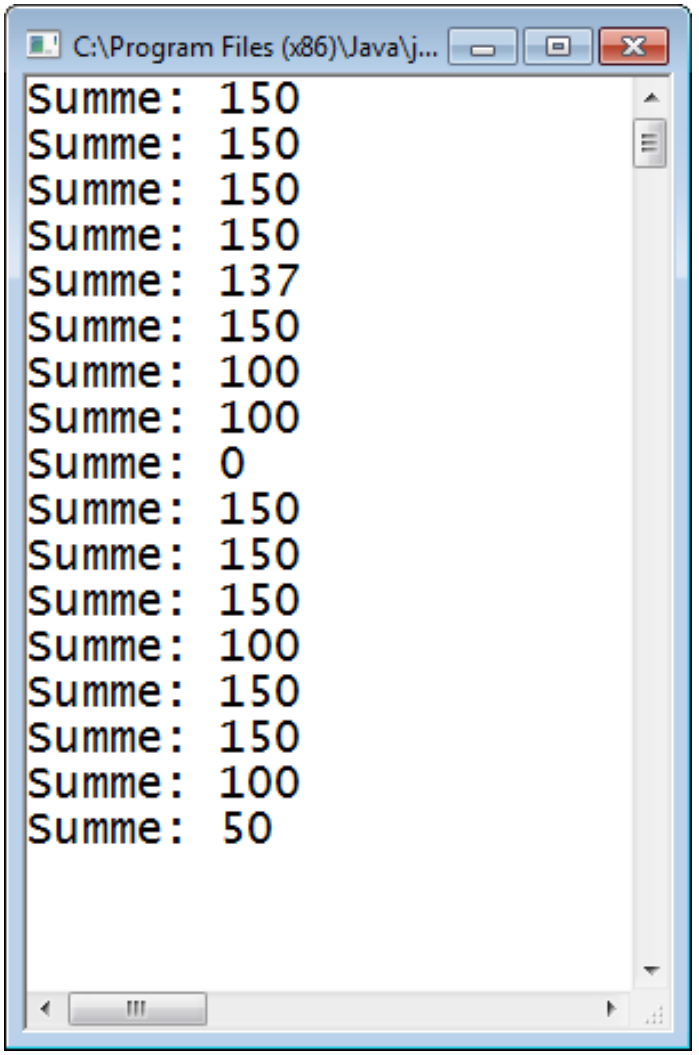
3. Thread-Beispiel: Aufruf mit einem Array

private void bnBsp3_click() {

```
Thread2[]  th = new Thread2[5];  // hier nur Platzhalter
 for (int i=0; i<th.length; i++) {
   th[i] = new Thread2(i+1,50);  // hier wird ein Thread erzeugt
 }
 for (int i=0; i<th.length; i++) {
   th[i].start();
 }
 System.out.println("Ende der Threads");
}
```

4. Thread-Beispiel: Aufruf mit einem Array Thread3

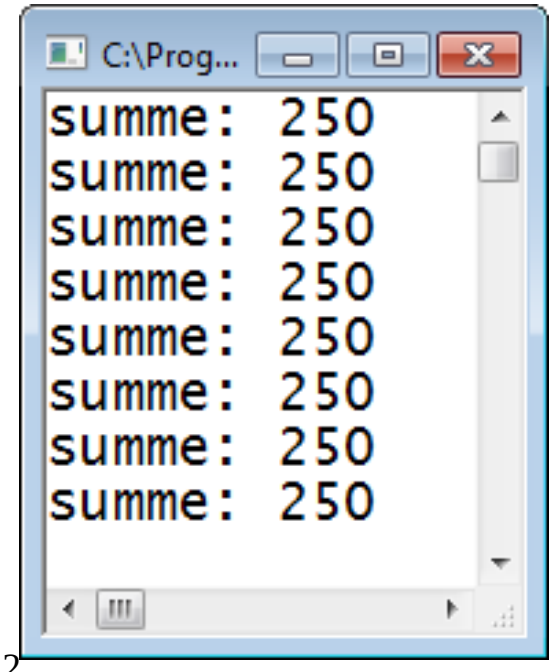
```
private void bnBsp3_click() {
   Thread3[]  th = new Thread3[5];
    for (int i=0; i<th.length; i++) {
      th[i] = new Thread3(i+1,50);
    }
    for (int i=0; i<th.length; i++) {
      th[i].start();
    }
    int summe=0;
    for (int i=0; i<th.length; i++) {
      summe += th[i].getSumme();
    }
    System.out.println("Summe: "+summe);
```



Warum?

5. Thread-Beispiel: Aufruf mit einem Array Thread3

```
private void bnBsp5_click() {
  Thread3[]  th = new Thread3[5];
  for (int i=0; i<th.length; i++) {
    th[i] = new Thread3(i+1,50);
  }
  for (int i=0; i<th.length; i++) {
   th[i].start();
  }
  try {
   for (int i=0; i<th.length; i++) {
     th[i].join();  // warten
    }
  } catch (InterruptedException ex) {
    System.out.println("Error in join");
  }
  int summe=0;
    for (int i=0; i<th.length; i++) {
      summe += th[i].getSumme();
    }
    System.out.println("summe:
"+summe);  // 6375
  }
```



1. Thread-Beispiel: Bestimmen der Summe

Aufgaben:

- Starten von drei Threads
- Jeder berechnet die Summe von 1 bis 100
- Methode getSumme() liefert die Summe
- Im Hauptdialogfenster wird die Summe angezeigt
- Summe von 1 bis 100 = 5050
- 5050 * 3 = 15150

$$s = \sum_{i=1}^{100} i$$

1. Thread-Beispiel: Bestimmen der Summe

```
public class Thread01 extends JFrame {

  ThreadSumme f1,f2, f3;
  show();
  f1 = new ThreadSumme(n);
  f2 = new ThreadSumme(n);
  f3 = new ThreadSumme(n);
  f1.start();
  f2.start();
  f3.start();
  int Summe = 0;
  Summe = f1.getSumme()+f2.getSumme()+f3.getSumme();
  label1.setText( Integer.toString(Summe) );
} // create
```

1. Thread-Beispiel: Bestimmen der Summe

```
class ThreadSumme extends Thread {
   private int _n;
   private int _Summe;

   public ThreadSumme (int n) {
       _n = n;
   }
   public void run() {
     _Summe = 0;
    for (int i=1; i<=_n; i++) {
      _Summe+=i;
      delay(5);
    }
  }
```

1. Thread-Beispiel: Bestimmen der Summe

Ergebnis:

- Die drei Threads werden gestartet
- Jeder berechnet die Summe von 1 bis 100 = 5050
- Die Summe mit der Methode getSumme() liefert nicht die korrekte Summe
- Problem:
- Die einzelnen Thread sind noch nicht fertig
- Korrekte Lösung in Thread02

2. Thread-Beispiel: Bestimmen der Summe

```
f1 = new ThreadSumme(n);
f2 = new ThreadSumme(n);
f3 = new ThreadSumme(n);
f1.start();
f2.start();
f3.start();
try {
  f1.join();
  f2.join();
  f3.join();
}
catch (InterruptedException e) {
}
int Summe = f1.getSumme()+f2.getSumme()+f3.getSumme();
label1.setText( "Summe: "+Integer.toString(Summe) );
} // create
```

2. Thread-Beispiel:

```
class ThreadSumme extends Thread {
  int nummer=0;
  JLabel myLabel;

  // Übergabe "globales JLabel"
  public ThreadSumme (JLabel label) {
     myLabel = label;
     myLabel.setText( "hallo" );
  } // create

   // Thread Methode
  public void run() {
    for (int i=1; i<=100; i++) {
      myLabel.setText( Integer.toString(i) );
      delay(50);
    }  // for
  } // run
}
```

3. Thread-Beispiel: Hochzählen in Threads

Aufgaben:

- Starten von zwei Threads
- Jeder zählt von 1 bis n
- Als Parameter im Konstruktor wird ein Verweis auf ein JLabel übergeben
- In der Run-Methode wird dieses Label aktualisiert

Thread03

3. Thread-Beispiel:

```
class ThreadSumme extends Thread {
   JLabel _myLabel;
  // Übergabe "globales JLabel"
  public ThreadSumme (JLabel label) {
     _myLabel = label;
     _myLabel.setText( "hallo" );
  }
   public void run() {
    for (int i=1; i<=100; i++) {
      _myLabel.setText( Integer.toString(i) );
      try {
        Thread.sleep(50);
      }
      catch (InterruptedException e) {
      }
    }
  }
}
```

4. Thread-Beispiel: Bestimmen der Summe

Aufgaben:

- Starten von vier Threads
- Jeder Thread läuft von 1 bis 10
- Bei jedem Durchlauf wird die zugeordnete Nummer zu einem globales Label addiert
- Dazu wird dieser Inhalt gelesen und in eine Zahl umgewandelt
- Dann zu dieser Summe die Nummer addiert und zurückgeschrieben
- Es sollte also die Summe zehnmal {1,2,3,4} geben = 10*10=100
- Reihenfolge beliebig

4. Thread-Beispiel:

```
ThreadSumme f1,f2, f3,f4;
   f1 = new ThreadSumme(1, label);
   f2 = new ThreadSumme(2, label);
   f3 = new ThreadSumme(3, label);
   f4 = new ThreadSumme(4, label);
   summe = 0;
   f1.run();
   f2.run();
   f3.run();
   f4.run();
```

```
class ThreadSumme extends Thread {
  long _nr=0;
  JLabel _mylabel;

  public ThreadSumme (long nr, JLabel label) {
     _mylabel = label;
     _nr = nr;
  }
  public void run() {
    String s;
    long summe;
    for (int i=1; i<=10; i++) {
      s = _mylabel.getText();
      summe = Long.valueOf(s).longValue();
      summe = summe + _nr;
      _mylabel.setText( Long.toString(summe)  );
    }
  }

}
```

4. Thread-Beispiel:

Ergebnis:

- Die vier Threads werden nicht gestartet
- Jede run-Methode wird sequentiell aufgerufen
- Damit ist die Summe immer korrekt
- Statt f1.run() muss f1.start() aufgerufen werden
- Siehe TestListe5.java

5. Thread-Beispiel:

```
public void run() {
   String s;
   long summe;
   int time;
   for (int i=0; i<10; i++) {
     s = mylabel.getText();
     summe = Long.valueOf(s).longValue();
       // Text, Summe geholt, dann gewartet
     time = (int) (Math.random()*30);
                Thread.sleep(time);
     summe = summe + nummer;
     mylabel.setText( Long.toString(summe)  );
     try {
      Thread.sleep(10);
     }
     catch (InterruptedException e) {
     }
   }
}
```

5. Thread-Beispiel:

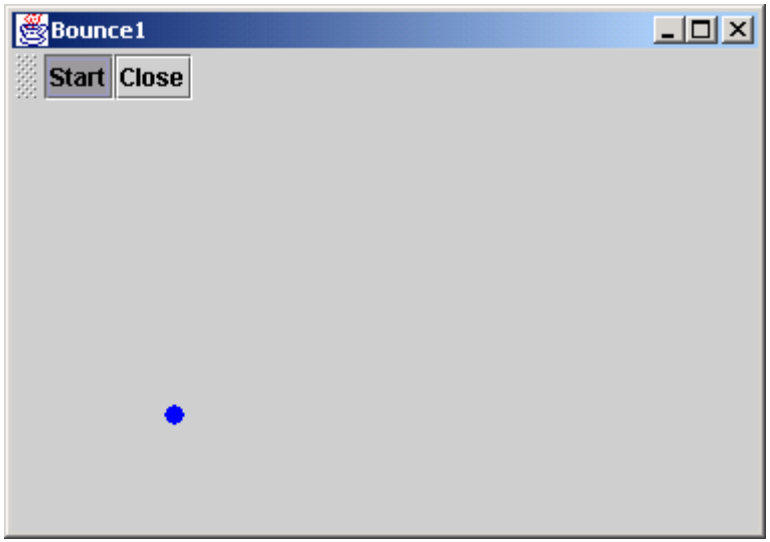
Ergebnis:

- Die vier Threads werden gestartet
- Jede run-Methode wird parallel aufgerufen
- Die Summe ist fast nie korrekt, da nach dem Holen immer eine Wartezeit stattfindet.
- Problem: fehlende Synchronisation

6. Thread-Beispiel: Prellender Ball

starten der Ballbewegung mit “Start” führt zu folgender Methode:

```
class Ball {
 . . .
 public void bounce() {
  draw();
  for (int i = 1; i <= 1000 ; i++) {
       move();
       try { Thread.sleep(5); }
       catch (InterruptedExecution e ) {}
  }
 }  // bounce
```



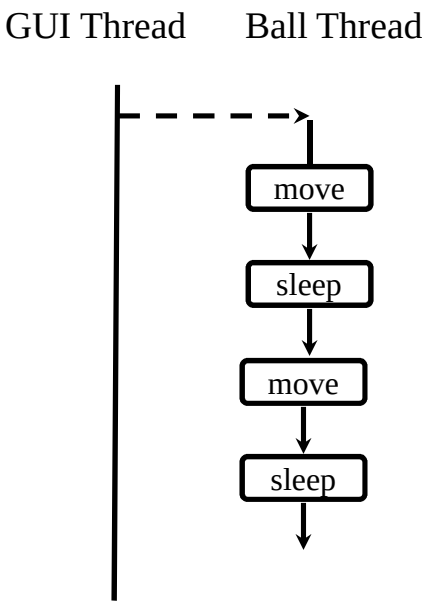
Probleme:

- ablaufen der for-Schleife
- keine Reaktion auf Benutzereingaben möglich
- Quelle siehe Bounce1.java

7. Thread-Beispiel: Prellender Ball

starten der Ballbewegung mit “Start” führt zu folgender Methode:

```
class Ball  extends Thread {
. . .
public void bounce() {
 draw();
 for (int i = 1; i <= 1000 ; i++) {
      move();
      try { Thread.sleep(5); }
      catch (InterruptedExecution e ) {}
 }
}  // bounce
```



Eigenschaften:

- Mehrere Bälle sind möglich
- Reaktion auf Benutzereingaben möglich
- Quelle siehe Bounce2.java

Eigenschaften und Probleme von Threads

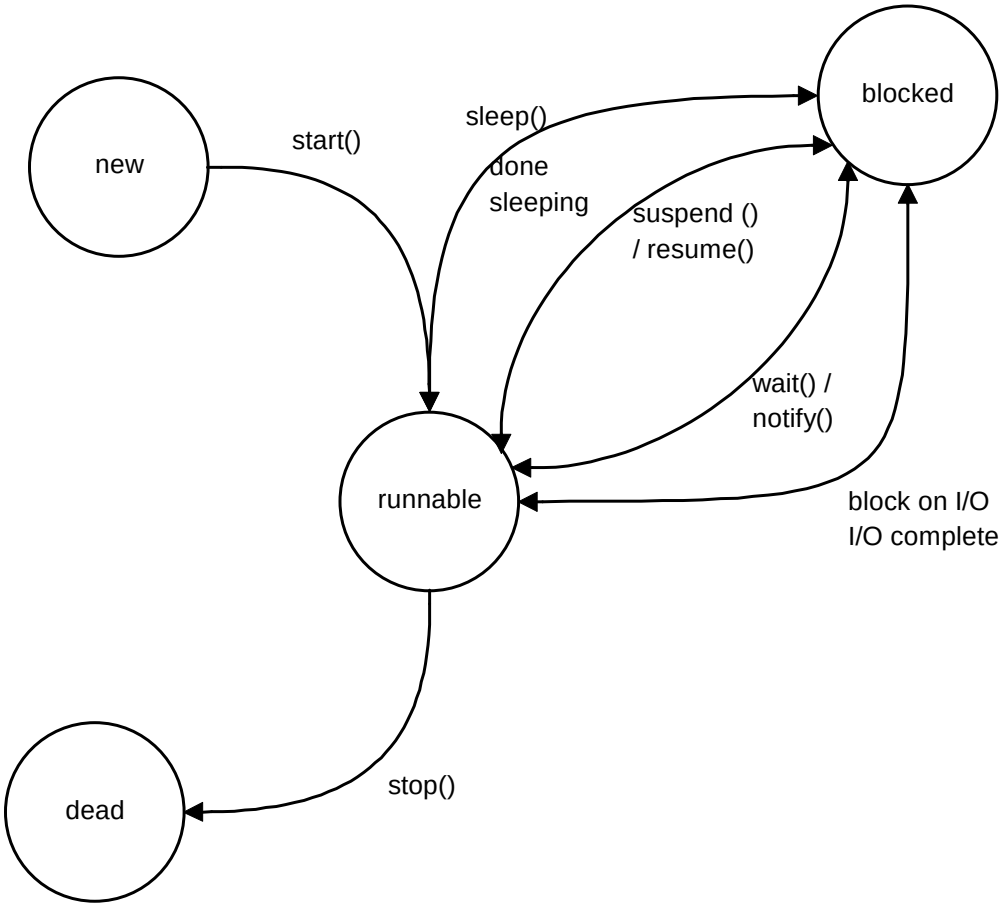
- Sicherheit (safety)
  - Threads nicht völlig unabhängig
  - Synchronisation
  - struktureller Ausschluss
- Lebendigkeit (lifeliness)
  - Mögliche Verklemmung, wenn man Semaphore benutzt
  - einzelne Aktivitäten sind nicht lebendig oder haben bereits aufgehört
- Nichtdeterminismus
  - die wiederholte Ausführung eines Programms braucht nicht den identischen Verlauf zu haben
  - Mangel and Vorhersagbarkeit, Transparenz
  - erschwert Fehlerbehebung
- Threads und Methodenaufruf?
  - nicht für request/reply Aufrufe geeignet (jeweils innerhalb eines Threads)
  - Callback-Funktionen erfordern, das der Thread immer aktiv ist
- Höherer Aufwand für
  - Thread-Erzeugung
  - Kontextwechsel
  - Synchronisationsaufwand

Eigenschaften von Threads

- Steuerung
  - *start* lässt einen Thread sein run-Methode als unabhängige Aktivität aufrufen
  - *isAlive* gibt den Wert true zurück falls eine Thread gestartet aber noch nicht beendet wurde
  - *stop* beendet einen Thread unwiderruflich
  - *suspend* hält einen Thread vorübergehend an, so dass er normal weiterläuft, wenn ein anderer Thread „resume“ dieses Threads aufruft
  - *sleep* hält einen Thread für die angegebene Zeit (in Millisekunden) an
  - *join* hält den Aufrufer bis zur Beendigung des Zielthreads an.
  - *interrupt* bricht eine sleep-, wait- oder join-Methode durch eine InterruptedException ab
- Prioritäten
  - Per Voreinstellung erhält jeder Thread dieselbe Priorität
  - Mittels *Thread.setPriority* kann die Priorität zwischen Thread.MIN_PRIORITY und Thread.MAX_PRIORITY eingestellt werden
  - Ein Prozess mit höherer Priorität unterbricht evt. einen Prozess mit niedrigerer Priorität
- Warten und Benachrichtigen
  - *wait* bewirkt das Anhalten des aktuellen Threads, eintragen in die interne Warteschleife und die Synchronisationssperre wird aufgehoben
  - *notify* erreicht, dass - falls vorhanden - ein willkürlich ausgewählter Thread T aus der internen Warteschleife entfernt wird
  - *notifyAll* informiert alle Threads in der internen Warteschlange

Zustände der Threads

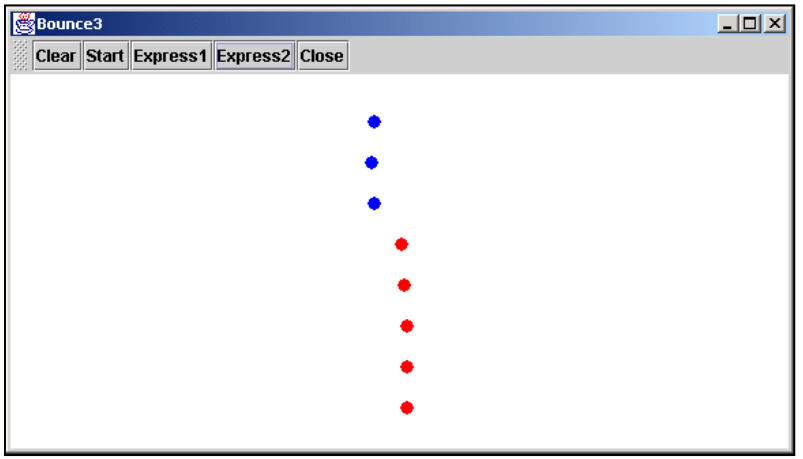
- new
- runnable
- blocked
- dead
  - run wurde beendet
  - stop wurde aufgerufen
- Sonderfall: runnable/Demon



8. Thread-Beispiel: Prellender Ball mit Expressmodus

- setzen einer höheren Priorität

```
. . .
void BnExpress_Click(ActionEvent e) {
    System.out.println("BnExpress");
    for (int i= 0; i < 5; i++) {
        Ball b = new Ball(canvas, Color.red);
        b.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY + 2);
        b.start();
    }
} // BnExpress_Click
```

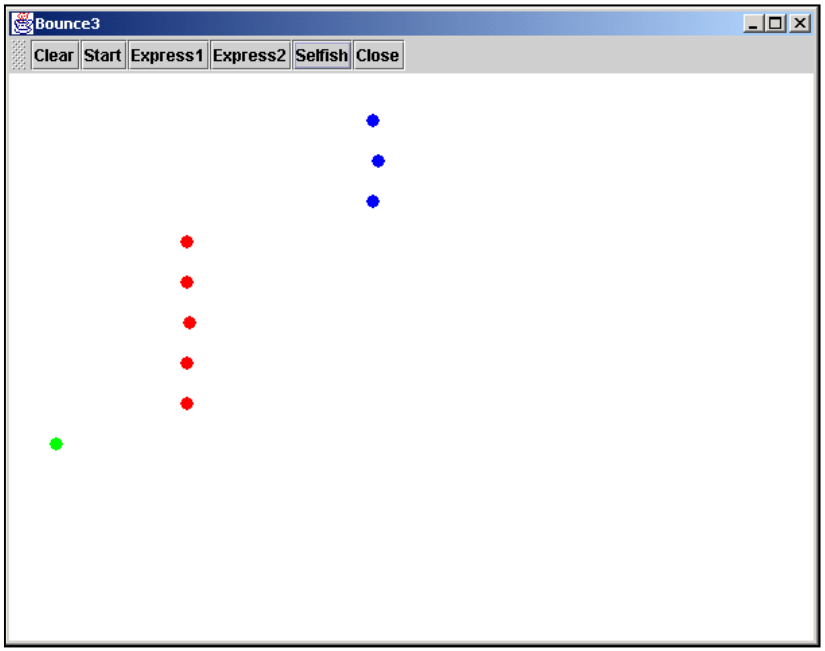


- 5 “Expressbälle” (rot)
- Der Scheduler zieht jedesmal den Thread mit höherer Priority vor, nachdem sleep(5) abgelaufen ist!

9. Thread-Beispiel: Prellender Ball (Selfishmodus)

- Thread ohne sleep-Aufruf

```
        . . .
public void run()
  {  draw();
     for (int i = 1; i <= 1000; i++)
     {  move();
        long t = System.currentTimeMillis();
        while (System.currentTimeMillis() < t + 5)
          ;
     }
  }
```



- Je nach System deutlich verschlechtertes Verhalten
- In eigenen Fenster kein Schließen möglich

Thread-Gruppen

- Gruppen von Threads lassen sich gemeinsam
  beenden (stop),
  unterbechen (suspend) und
  wieder starten (resume).
- Beenden aller Threads einer Gruppe
  g.stop()
- Erzeugen einer ThreadGroup mit einem eigenen Namen durch
  ThreadGroup g = new ThreadGroup(string);
- Deklaration einer entsprechenden Klasse: Die Klasse spaltet jeweils einen Thread ab, um ein neues Bild zu laden und umd danach sofort wieder neue Aufträge annehmen zu können

```
class ImageLoader extends ThreadGroup {
 public ImageLoader(String name, ThreadGroup g) {
     super(g, “Loading”+ name);
```

- Anzahl der Threads in einer Gruppe bestimmen:

```
if (g.activCount() == 0) {
  // alle schon beendet ...
}
```

Thread-Gruppe mit Beispiel

```
class Ball extends Thread
{
      public Ball(Canvas c, Color co) {
        number++;
        y = number*30;
        box = c;
        color = co;
       } // Konstruktor

       public Ball(ThreadGroup g, Canvas c, Color co) {
        super(g,"Gruppe1");  // Eintragen in die Gruppe
        number++;
        y = number*30;
        box = c;
        color = co;
       } // Konstruktor
}
```

Thread-Gruppe mit Beispiel

```
void BnCreateGroup_Click(ActionEvent e) {
    for (int i= 0; i < 5; i++) {
        Ball b = new Ball(g1, canvas, Color.red);
        b.setPriority(Thread.NORM_PRIORITY);
        b.start();
    }
}

void BnResumeGroup_Click(ActionEvent e) {
  g1.resume();  // Wieder starten
}

void BnSuspend_Click(ActionEvent e) {
  g1.suspend();    // Gruppe schlafen legen
} // BnSuspend

void BnStopGroup_Click(ActionEvent e) {
  g1.stop();  // Gruppe beendet alle Threads
} // BnStop_Click
```

Threads in Java

Thread mit einer abgeleiteten Klasse:

- Deklariere in der Klasse: implements Runnable
- Implementiere die run() Methode (einzige Methode des Interface)
- Deklariere ein Thread-Objekt als Attribut der Klasse
- Erzeuge ein Thread-Objekt und rufe die Methode start() auf
- Beende das Thread-Objekt durch Aufruf der Methode stop()

10. Thread-Beispiel: Zwei getrennte Summationen

Hauptfenster

1. Summe

2. Summe

10. Thread-Beispiel:

Main-Dialogfenster

```
    // Thread Variablen definieren
    EinzelListen f1,f2;
    // Threads erzeugen
    f1 = new EinzelListen(1);
    f2 = new EinzelListen(2);
    // Frames anzeigen
    f1.setVisible(true);
    f2.setVisible(true);
    // Threads starten
    f1.run();
    f2.run();
  } // create
```

10. Thread-Beispiel:

```
class EinzelListen extends JFrame implements Runnable {

  // Thread-Methode
  public void run() {
    for (int i=0; i<100; i++) {
      _label.setText( Integer.toString(i) );
        try {
          Thread.sleep(50);
        } catch (InterruptedException e) {
        }
    }
  }


} // EinzelListen
```

10. Thread-Beispiel:

Ergebnis:

- Die zwei Threads werden nicht gestartet (run)
- Jede run-Methode werden sequentiell aufgerufen
- Abhilfe: Methode start(), TestListe11.java

11. Thread-Beispiel: Externe Thread-Objekte

```
      // Thread Variablen definieren
EinzelListen f1,f2;
  // Threads erzeugen
f1 = new EinzelListen(1);
f2 = new EinzelListen(2);
   // Frames anzeigen
f1.show();
f2.show();
// Threads starten
Thread t1, t2;
t1 = new Thread(f1);    // Thread wird erzeugt
t2 = new Thread(f2);    // Thread wird erzeugt
t1.start();             // Thread wird gestartet
t2.start();             // Thread wird gestartet
```

12. Thread-Beispiel: Interne Thread-Objekte

```
public EinzelListen (int nr) {
   Thread t;

   t = new Thread(this);  // Thread wird erzeugt
   t.start();             // Thread wird gestartet
  } // create


  // Thread-Methode
  public void run() {
      // Aktion
}
```

Swing und Threads

- **Die GUI-Elemente des Pakets AWT sind Threadssicher**

- **Die GUI-Elemente des Pakets Swing sind nicht Threadssicher**

Warum Swing nicht Threadsicher ist

- Die Tatsache, dass das Swing-Toolkit nicht Thread-sicher ist, erstaunt vielleicht auf den ersten Blick. Das AWT ist Thread-sicher, da AWT auf Plattform-Peer-Elemente vertraut. In einer List-Box unter dem AWT ist es problemlos möglich, ein Element einzufügen und parallel zu löschen. Doch auf die Synchronisation bei Swing wurde aus zwei Gründen verzichtet:

- Untersuchungen mit anderen grafischen Bibliotheken haben ergeben, dass Operationen in Threads zu ärgerlichen Deadlock-Situationen führen können. Es ist eine zusätzliche Last, die auf dem Programmieren grafischer Oberflächen lastet, Monitore (Semaphare) korrekt einzusetzen.
- Der zweite Punkt ist der Gewinn von Ausführungsgeschwindigkeit zu nennen. Das Swing-Toolkit kostet ohnehin viel Zeit, so dass auf die zusätzliche Synchronisation gut verzichtet werden kann.

Lösung für Swing

Einige der Methoden, die dennoch synchronisiert sind, tragen Listener ein, so etwa bei JComponent addPropertyChangeListener(), removePropertyChangeListener() und addVetoableChangeListener(), removeVetoableChangeListener(). Bei JCheckBoxMenuItem ist es dann die einsame Methode setState(boolean), die synchronisiert ist. Es findet sich intern mal hier mal da ein synchronisierter Block. Ansonsten ist jedoch nicht viel dabei, und wir müssen unsere Teile synchronisiert ausführen.

Um Programmstücke konform ausführen zu lassen, definiert Swing einige Methoden und Klassen. **Dazu gehören:**

- invokeLater(Runnable)
- invokeAndWait(Runnable)
- JProgressBar
- ProgressMonitor
- ProgressMonitorInputStream
- SwingWorker

Lösung für Swing

Da Swing nicht Thread-sicher ist, ist die einzige Möglichkeit zur Manipulation von Oberflächenelementen der AWT-Thread.

Das Event muss in die AWT-Event-Queue eingetragen werden. Genau für diese Aufgabe existieren in der Klasse EventQueue zwei Methoden: invokeLater() und invokeAndWait(). Damit lassen sich beliebige Programmstücke in die Warteschlange einführen. In der Warteschlange für das AWT liegen Aufträge und Ereignisse, die an die Oberflächenelemente verteilt werden. Alles spielt sich dabei neben dem Haupt-Thread ab, so dass Parallelität herrscht. Hat die Warteschlange alle Ereignisbehandler aufgerufen, kann der Programmcode von invokeLater() und invokeAndWait() durchlaufen werden. Den Methoden wird ein Runnable-Objekt übergeben. Die zwei Methoden erfüllen unterschiedliche Bedürfnisse:

- invokeLater() legt einen Thread in die Warteschlage und kehrt sofort zurück. Die Methode arbeitet somit asynchron. Der Aufrufer weiß nicht, wann der Programmcode abgearbeitet wird.
- invokeAndWait() legt ebenfalls den Thread in die Warteschlange, verharrt aber so lange in der Methode, bis der Programmcode in run() aufgerufen wurde. Die Methode ist also synchron.

Beispiel

Ein Fortschrittsbalken JProgressBar mit dem Namen bar soll in einer Schleife einer Berechnung angepasst werden.

```
For (int i=0; i<MAX;i++) {
    EventQueue.invokeLater( new Runnable() {
            public void run() {
          bar.setValue  ( i );
          }
          }
   aktion();
);
```

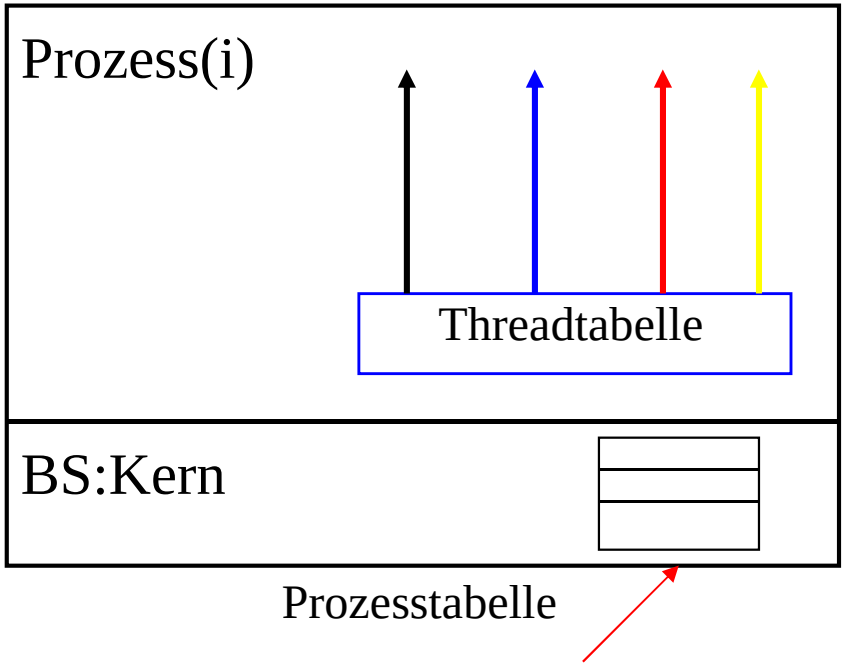
Aus JExplorer

```
// Prozentrechnung
double d =  100.0*( (_summe2*1.0)/_summe1);
int k = (int)  (d);
if (k>0) {
   // Single Thread Rule
  final int Runnable_k=k;
  final String  Runnable_filename=myfile.Name;
  SwingUtilities.invokeLater(
   new Runnable(){
      public void run() {
         progress.setValue(Runnable_k);
         label3b.setText( Runnable_filename );
      }
   }
 );  // invokeLater
}
```

Siehe auch Pipe_02

Implementation von Threads

- Threads können als User-Thread oder als Kernel-Thread implementiert werden.



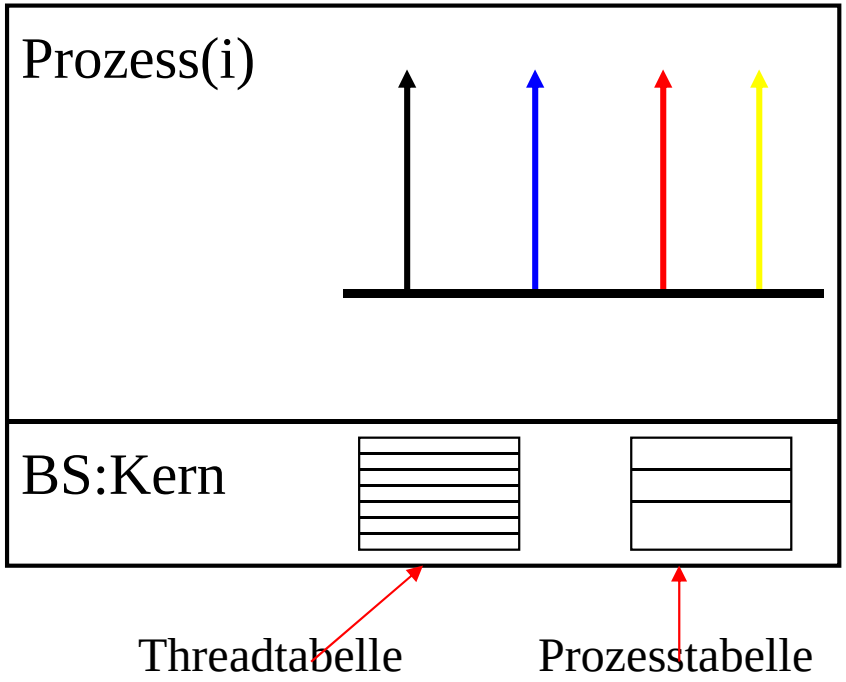


Abbildung der Threads

- Many to One Modell
  - n User-Thread abgebildet auf einen Kernel-Thread
  - Eigene Threadverwaltung in Userraum, Effizient, System-Call blockiert alle
- One to One Modell
  - n User-Thread abgebildet auf einen n-Kernel-Thread
  - Threadverwaltung im BS, mehr Parallelität, Aufwändiger, n CPU, Windows
- Many to Many Modell
  - n User-Thread abgebildet auf einen m-Kernel-Thread
  - zum Beispiel in Solaris, HP-UX, Tru64 Unix

Beenden eines Threads

- **Methode stop ist deprecated**
- **Alternative: globale Variable**
- **Alternative: Methode interrupted()**

Threads: globale Variable

```
Class myThread extends Thread {
        private static boolean _bWeiter=true;
        public run() {
            while ( _bWeiter ) {
                    // Aktion
            }
            // Aufräumen
        }
}
```

Threads: globale Variable

```
void starteThread() {
    myThread t1 = new myThread();
    myThread t2 = new myThread();
}
```

Variante 1:

```
    myThread.setWeiter(false);      // Alle Threads werden gestoppt
```

Variante2:

```
    t1.setWeiter(false);            // t1 wird gestoppt
```

Threads: Methode interrupted()

```
Class myThread extends Thread {

 public void run() {
       while (  ! isInterrupted()    )
           try {
             Thread.sleep(300);
            }
            catch (InterruptedException e) {
               this.interrupt();  //
               System.out.println("Ende in der catch-Anweisung");
           }
           // eigene Aktion
      }  // while
      System.out.println("NACH DER SCHLEIFE");
} // run

} // myThread
```

Threads: Methode interrupted()

```
void starteThread() {
    myThread [] t = new myThread[10];
    t[0] = new myThread();
    t[1] = new myThread();
}

void stopThread(int nr) {
    t[nr].interrupted();       // Nur ein Thread wird gestoppt
}
```

Zeitkritische Abläufe

Beispiel 2: Kontobewegungen, gleiches Konto

Zeit-punkt	**Thread A (Einzahlung 100 €)**	**Kontostand**	**Thread B (Einzahlung 50 €)**
1		200 €	i = Kontostand
2	Prozesswechsel		
3	i = Kontostand		
4	Kontostand = i+100 €	300 €	
5	Prozesswechsel		
6		250 €	Kontostand = i+50 €

- **Problem: Verlust einer Buchung**

Lösung für Buchungsproblem

Zeit-punkt	**Thread A (Einzahlung 100 €)**	**Kontostand**	**Thread B (Einzahlung 50 €)**	**Sync. Objekt**
1	Warte auf Sync Ob-jekt	200 €	Warte auf Sync Objekt	
3			Sync start	mit thread B
4			i = Kontostand	mit thread B
5			Kontostand = i + 50 €	mit thread B
6		250 €	sync stop	verfügbar
7	Sync start			
8	i = Kontostand			mit thread A
9	Kontostand =i+100 €	350 €		mit thread A
10	Sync. stop			verfügbar

Kritische Bereiche

- **Wechselseitiger Ausschluss** muss zu manchen Zeitpunkten garantiert werden.
- Falls es erreicht werden kann, dass zu keiner Zeit zwei Prozesse in einem **kritischen Bereich** sind, können sie nebeneinander laufen.
- Betriebsmittelverwaltung ist Aufgabe des Betriebssystems!
- Eine gute Lösung, auch für parallele Programme ist:
  - Nur ein Prozess darf sich zu jedem Zeitpunkt in seinem kritischen Bereich befinden.
  - Es dürfen keine Annahmen über die Ausführungsgeschwindigkeit oder die Anzahl der Prozessoren gemacht werden.
  - Kein Prozess, der sich nicht in seinem kritischen Bereich befindet, darf andere Prozesse blockieren.
  - Kein Prozess soll unendlich lange warten müssen, bis er in seinen kritischen Bereich eintreten kann.

Realisierung der Synchronisation

- Semaphore (Up / Down)
- Ereigniszähler (Advance, Await)
- Nachrichtenaustausch (Send, Receive)
- Monitore (Datenschutz)
  - ⌫ in Java verfügbar durch „synchronized“

Kritische Bereich in Java

- Eine Methode kann als synchronized gekennzeichnet werden, wodurch das zugehörige Objekt gegen weitere Zugriffe anderer Threads gesperrt ist, falls diese dieselbe Methode oder eine andere Methode des Objekts aufrufen (welche ebenfalls als synchronized gekennzeichnet ist).

```
class Konto {
    // der Kontostand ist zugriffsgeschützt
    private double _Kontostand;

    //Konstruktor legt den Saldo des Kontos fest (nicht synchronized)
    public Konto(double initSaldo) {
     _Kontostand =initSaldo;
    }
```

Synchronisation in Java

```
//Bestimmung des Saldo (muß synchronized sein)
public synchronized double saldo() {
   return _Kontostand;
}
//Einzahlung vornehmen (muss synchronized sein)
public synchronized double Einzahlung(double Betrag) {
 _Kontostand += Betrag;
 return _Kontostand;
}
//Auszahlung vornehmen (muss synchronized sein)
public synchronized double Auszahlung (double Betrag) {
 _Kontostand -= Betrag;
  return _Kontostand;
}  }
```

Realisierung der Synchronisation

- Semaphore (Up / Down)
- Ereigniszähler (Advance, Await)
- Nachrichtenaustausch (Send, Receive)
- Monitore (Datenschutz)
  - ⌫ in Java verfügbar durch „synchronized“

Semaphore

Entwickelt 1965 von E. W. Dijkstra.

Der Schwerpunkt liegt hier im Schlafen und Wecken von Prozessen,

um so unnötige Prozessorvergeudung zu verhindern.

Prinzip:

- Einführung einer Integervariablen - Semaphor.
- Operation DOWN
  - Fall Semaphor > 0,
    - Semaphor wird um eins erniedrigt
    - Prozess startet
  - Fall Semaphor <= 0, Prozess wird schlafen gelegt
- Operation UP (Semaphor wird um eins erhöht),
  - Falls Semaphor=1, dann wird ein Prozess aufgeweckt (Sind Prozesse vorhanden?)
  - Falls Semaphor>1, dann passiert nichts

Semaphore

Prinzipieller Ablauf:

- DOWN(P1)
- kritischer Bereich
- UP(P1)

sem1 = 0	
P1	P2

While (true) do
  DOWN(sem1);
 	
  criticalSection()
  UP(sem1);
  noncriticalSection();
end
	While (true) do
	  DOWN(sem1);
	
	  CriticalSection()
	  UP(sem1);
	  noncriticalSection();
	end

Semaphore

Ablauf:

- Das Semaphor p muss mit 1 initialisiert werden

sem1 = 1	
P1	P2

While (true) do
DOWN(sem1);
 	
CriticalSection()
UP(sem1);
noncriticalSection();
end
	While (true) do
	DOWN(sem1);
	
	CriticalSection()
	UP(sem1);
	noncriticalSection();
	end

Erzeuger - Verbraucher - Problem

Zwei Prozesse tauschen über einen gemeinsamen Puffer Daten aus:

- Prozess E (Erzeuger) erzeugt Daten und speichert sie im Puffer ab
- Prozess V (Verbraucher) verbraucht die Daten, in dem er sie aus dem Puffer abholt.
- Geschwindigkeiten der Prozesse
  - Verbraucher ist zu schnell
  - Erzeuger ist zu schnell
- Verwendung von zwei Semaphoren
  - Erzeuger-Semaphor
  - Verbraucher-Semaphor

Erzeuger - Verbraucher - Problem

Zwei Prozesse tauschen über einen gemeinsamen Puffer Daten aus:

Erzeuger - Verbraucher - Problem

Semaphor leer = 0 Semaphor voll = 0;	
P Erzeuger	P Verbraucher
While (true) do <Erzeuge Daten> <fülle Puffer> end	While (true) do <leere Puffer> <verarbeite Daten> end

Erzeuger - Verbraucher - Problem

Semaphor leer = 1; Semaphor voll = 0;	
P Erzeuger	P Verbraucher

While (true) do
  <Erzeuge Daten>
  DOWN(leer);
  <fülle Puffer>
  UP(voll);
end
	While (true) do
	  DOWN(voll);
	  <leere Puffer>
	  UP(leer);
	  <verarbeite Daten>
	end

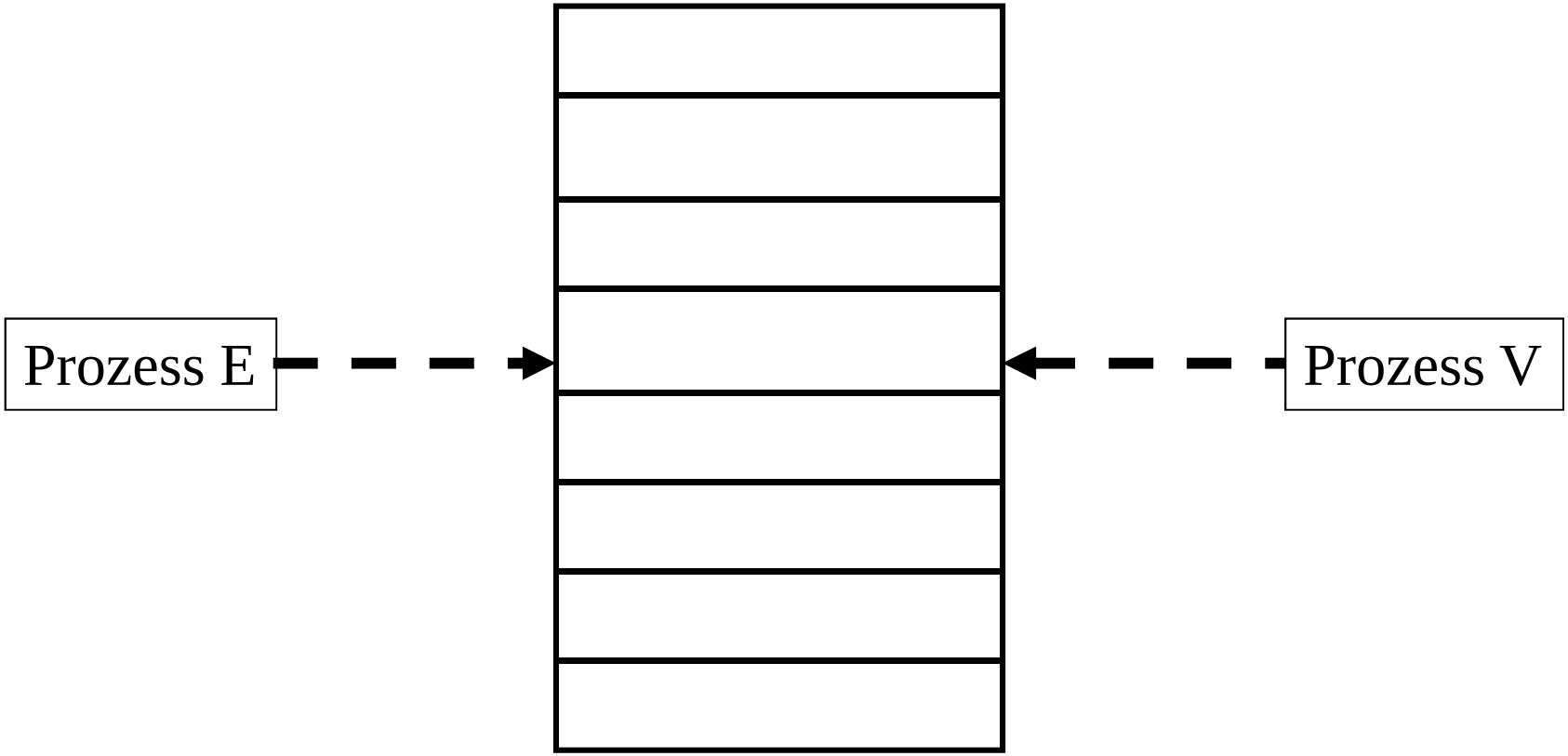
Bounded-Buffer - Problem

Zwei Prozesse tauschen über einen gemeinsamen Puffer (n-Datensätze) Daten aus:

- Prozess E (Erzeuger) erzeugt Daten und speichert sie im Puffer ab
- Prozess V (Verbraucher) verbraucht die Daten, in dem er sie aus dem Puffer abholt.
- Geschwindigkeiten der Prozesse
  - Verbraucher ist zu schnell
  - Erzeuger ist zu schnell
- Verwendung von zwei Semaphoren
  - Erzeuger-Semaphor
  - Verbraucher-Semaphor

Bounded Buffers - Problem

Zwei Prozesse tauschen über einen gemeinsamen Puffer Daten aus:



Bounded-Buffer - Problem

Semaphor frei = ?; Semaphor belegt = ?;	
P Erzeuger	P Verbraucher
While (true) do <Erzeuge Daten> <in den Puffer schreiben> End	While (true) do <aus dem Puffer lesen> <verarbeite Daten> end

Bounded-Buffer - Problem

Semaphor kritisch = 1; // steuert den Zugriff auf den Puffer
Semaphor frei = n; // n Pufferplätze
Semaphor belegt = 0;	

P Erzeuger	P Verbraucher
While (true) do <Erzeuge Daten> DOWN(frei); <in den Puffer schreiben> UP(belegt); End	While (true) do DOWN(belegt); <aus dem Puffer lesen> UP(frei); <verarbeite Daten> end

Bounded-Buffer - Problem

Semaphor kritisch = 1; // steuert den Zugriff auf den Puffer
Semaphor frei = n; // n Pufferplätze
Semaphor belegt = 0;	

P Erzeuger	P Verbraucher
While (true) do <Erzeuge Daten> DOWN(kritisch); DOWN(frei); <in den Puffer schreiben> UP(kritisch); UP(belegt); End	While (true) do DOWN(kritisch); DOWN(belegt); <aus dem Puffer lesen> UP(kritisch); UP(frei); <verarbeite Daten> end

Bounded-Buffer - Problem

Semaphor kritisch = 1; // steuert den Zugriff auf den Puffer
Semaphor frei = n; // n Pufferplätze
Semaphor belegt = 0;	

P Erzeuger	P Verbraucher

While (true) do
  <Erzeuge Daten>
  DOWN(frei);
  DOWN(kritisch);
  <in den Puffer schreiben>
  UP(kritisch);
  UP(belegt);
End
	While (true) do
	  DOWN(belegt);
	  DOWN(kritisch);
	  <aus dem Puffer lesen>
	  UP(kritisch);
	  UP(frei);
	  <verarbeite Daten>
	end

Semaphore in Java: Beispielimplementierung

```
class Counter extends Threads {
        private int count;
        public int getQueueLength;
        public Counter(int initialCount) {
          count = initialCount;
        }
        public void synchronized  acquire() throws InterruptedException {
              getQueueLength++;    // Interne Warteschlange
             if (count = = 0 )          wait();
             count --;
              getQueueLength--;
        }
         public void synchronized  release() throws InterruptedException {
              count ++;
             notify();
        }
```

Semaphore in Java

- Semaphore sind ab dem JDK 1, 5 in Java implementiert.
- Package: import java.util.concurrent.Semaphore;
- Konstruktor: Semaphore(int permits, boolean fair);

Wichtige Methoden:

- Methoden Down:
- public void acquire() throws InterruptedException;
- public void acquire(int permits) throws InterruptedException;
  public boolean tryAcquire(int permits);
- public getQueueLength(); public int availablePermits();
- Methoden Up:
- public void release() throws InterruptedException;
- public void release(int permits) throws InterruptedException;

Semaphore in Java

Beispiel:

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

```
void P1(Semaphore sem){
  While (true) {
      Erzeuge Daten();
      sem.acquire();  // Down();
      criticalSection()
      sem.release();  // Up();
      noncriticalSection();
  }
}
```

```
void P2(Semaphore sem){
  While (true) {
      sem.acquire();  // Down();
      criticalSection()
      Hole_daten();
      sem.release();  // Up();
      noncriticalSection();
  }
}
```