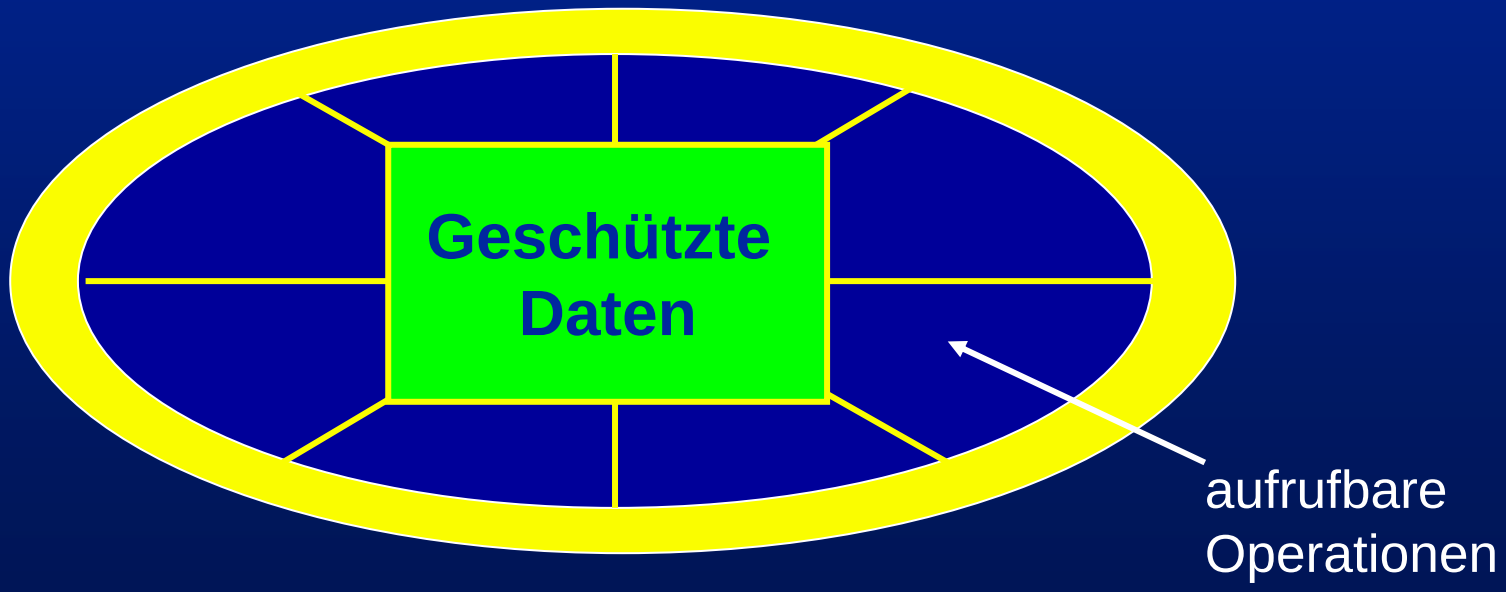
Das Monitorkonzept

(nach Hoare/Brinch-Hansen 1974)

Nur ein Prozess bzw. Thread kann zu einem bestimmten Zeitpunkt im Monitor aktiv sein

=> gegenseitiger Ausschluss, mutual exclusion.



Beispiel: Zählermonitor (Pseudosyntax)

```
monitor counter {
    int count = 0
    procedure reset ()      { count = 0 }
    procedure increment ()  { count += 1 }
    procedure decrement ()  { count -= 1 }
    }
```

Implementierung mittels mutex-Semaphor:
Jeder Prozedurrumpf wird in

```
P(mutex) _ V(mutex)
```

eingeschlossen.

Einseitige Synchronisation in Monitoren

- Für einseitige (bedingte) Synchronisationen innerhalb von Monitoren ist eine Erweiterung des Basiskonzeptes nötig.
- Bedingungsvariablen (condition variables) sind Monitor-interne Synchronisationsvariablen mit den Operationen
  - wait (cond) „Warte auf Erfülltsein von Bedingung cond“
    Der ausführende Prozess wird suspendiert und in eine Warteschlange für cond eingereiht.
    Der Monitor wird freigegeben.
  - signal(cond) „Signalisiere, dass cond gilt.“
    Der ausführende Prozess reakiviert den „ältesten“ Prozess in der Warteschlange zu cond.
    Es gibt verschiedene Signalisierungsmethoden, die festlegen, welcher Prozess nach einem signal im Monitor aktiv ist.

Signalisierungsmethoden

- signal and continue (SC) -> Java
  Der signalisierende Prozess bleibt aktiv.
  Der reaktivierte Prozess muss sich neu um den Monitorzugang bewerben.
  Die Gültigkeit der signalisierten Bedingung muss erneut geprüft werden.
- signal and exit (SX) -> Concurrent Pascal
  Ein signal ist nur am Ende von Monitorprozeduren erlaubt.
  Der reaktivierte Prozess erhält sofort Zugang zum Monitor.
  Die Gültigkeit der signalisierten Bedingung ist garantiert.
- signal and wait (SW) -> Modula
  Der signalisierende Prozess muss auf erneuten Monitorzugang warten. Der reaktivierte Prozess erhält den Monitorzugang.
  Die Gültigkeit der signalisierten Bedingung ist garantiert.

Monitor-Simulation eines Semaphors

```
monitor Semaphor {
        int s = 0
        condvar positiv
        procedure Psem () {
                while (s == 0) { wait(positiv) }
                s -= 1
        }
        procedure Vsem () {
                s += 1
                signal (positiv)
        }
```

Monitor für beschränkten Puffer

```
monitor Bounded_Buffer {
   typeT buf[n]
   int front = 0; rear = 0; count = 0
   ## Invariante: rear = (front + count) mod n
   condvar not_full, not_empty
   procedure enter (typeT data) {
        while (count == n) { wait(not_full) }
        buf[rear] = data; count += 1; rear = (rear+1) mod n
        signal (not_empty)
   }
   procedure get (typeT &result) {
        while (count == 0) { wait(not_empty) }
        result = buf [front]; count--; front = (front+1) mod n
        signal (not_full)
   }
```

Exkurs: Thread-Synchronisation in Java

Threads

Wechselseitiger Ausschluss

Bedingte Synchronisation

Deadlock

Die Klasse Thread

- Die Klasse Thread gehört zur Standardbibliothek von Java.
- Zur Generierung eines weiteren Kontrollflusses muss zunächst ein Objekt dieser Klasse erzeugt werden:

```
Thread worker = new Thread ();
```

- Dieses kann dann konfiguriert werden (Setzen von initialer Priorität, Namen etc.) und anschließend zum Ablauf gebracht werden.
- Durch Aufruf der Methode start wird ein auf den Daten im Thread-Objekt basierender Kontrollfluß initiiert und durch Aufruf der Methode run aktiviert.
- Die Methode run muss für erweiterte Thread-Klassen neu definiert werden. Die voreingestellte Implementierung ist wirkungslos.

Beispiel: Die Klasse PingPong

```
class PingPong extends Thread {
     String word;  int delay;
     PingPong (String whatToSay, int delayTime) {
          word = whatToSay;      delay = delayTime;
     }
     public void run() {
          try { for (;;) {
                    System.out.print(word+‘‘ ‘‘);
                    sleep(delay);
                }
          } catch(InterruptedException e) {   return;  }
     }
     public static void main (String[] args) {
          new PingPong (‘‘ping‘‘,33).start();
          new PingPong (‘‘PONG‘‘,100).start();
     }
}
```

Das Interface Runnable

- Alternativ können Threads durch Implementierung des Interfaces Runnable programmiert werden:

```
class Simple implements Runnable {
        public void run() { ... }
}
```

- Threaderzeugung

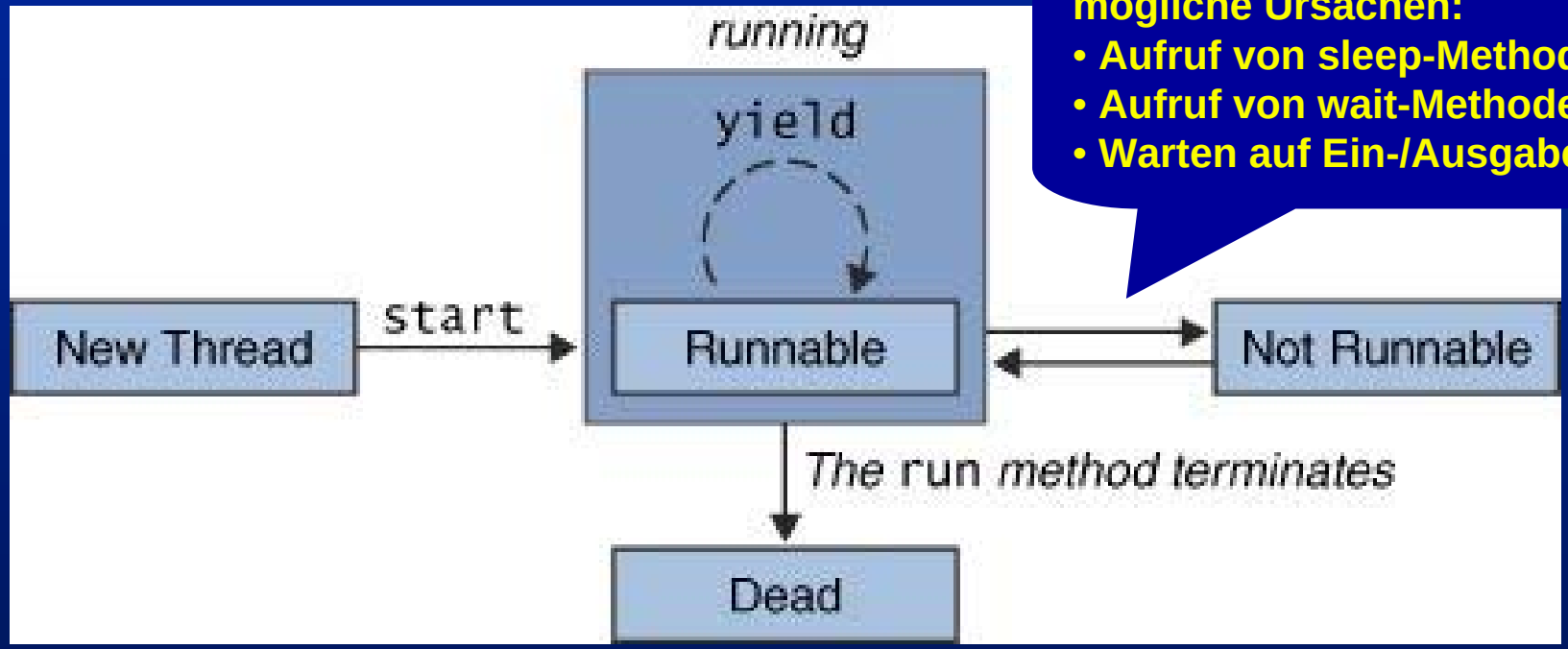
```
Runnable s = new Simple();
new Thread(s).start();
```

- Vorteil: Die Klasse Simple kann auch andere Klassen erweitern, was als Erweiterung der Thread-Klasse nicht möglich wäre.

Threaderzeugung in 4 Schritten

1. Definition einer neuen Klasse
   - als Erweiterung der Thread-Klasse oder
   - als Implementierung des Runnable-Interfaces
2. Definition einer Methode run in der neuen Klasse
   - Festlegung des Thread-Anweisungsteils
3. Erzeugung einer Klasseninstanz mit der new-Anweisung
4. Starten des Threads mit der Methode start.

Thread-Life Cycle



mögliche Ursachen:
- **Aufruf von sleep-Methode**
- **Aufruf von wait-Methode**
- **Warten auf Ein-/Ausgabe**

Wechselseitiger Ausschluss

mit synchronized deklarierten Methoden:

Wird eine solche Methode aufgerufen, wird eine Sperre gesetzt und es kann keine andere als „synchronized“ deklarierte Methode ausgeführt werden, solange die Sperre gesetzt ist.

Bsp:
```
class Account { private double balance;
        public Account (double initialDeposit)
            {   balance = initialDeposit;      }
        public synchronized double getBalance ()
            {   return balance;          }
        public synchronized void deposit (double amount)
            {   balance += amount;      }
        }
```

Eine Klasse, deren extern aufrufbare Klassenmethoden alle mit synchronized versehen sind, entspricht somit weitgehend dem Monitorkonzept.

Wechselseitiger Ausschluss

mit dem synchronized Konstrukt:

```
synchronized (<expr>)
        <statement>
```

`expr` wird zu einem Objekt (oder Array) ausgewertet, das für einen weiteren Zugriff geschlossen werden soll. Falls das Schloss offen und damit der Eintritt erlaubt ist, wird `statement` ausgewertet.

Bsp: Alle Elemente eines Feldes sollen nicht negativ werden.

```
public static void abs (int[] values) {
        synchronized(values) {
        for (int i=0; i<values.length; i++) {
                if (values[i] < 0)
                        values[i] = -values[i];
                }
        }
}
```

Beispiel: Producer-Consumer

```
public class Producer/Consumer extends Thread {
    private CubbyHole cubbyhole;
    private int number;
    public Producer/Consumer (CubbyHole c, int number) {
      cubbyhole = c;
      this.number = number;
    }
    public void run() {
      for (int i = 0; i < 10; i++) {
            cubbyhole.put(number, i);
            try {
              sleep((int)(Math.random() * 100));
            } catch (InterruptedException e) { }
      }
    }
}
```

```
public void run() {
    int value = 0;
    for (int i = 0; i < 10; i++) {
        value = cubbyhole.get(number);
    }
}
```

Ein-Platz-Puffer - 1. Ansatz -

```
public class CubbyHole {
    private int contents;
    private boolean available = false;
    public synchronized int get (int who) {
        if (available == true) {
            available = false;
            System.out.println("Consumer " + who  + " got: " + contents);
            return contents;
        }
    }
    public synchronized void put (int who, int value) {
        if (available == false) {
            contents = value;
            available = true;
            System.out.println("Producer " + who + " put: " + contents);
        }
    }
}
```

Bedingte Synchronisation

- Monitorkonzept nach Lampson/Redell (1980)
- Die Klasse Object enthält Methoden
  - `wait` zum Blockieren von Threads
  - `notify` zum Reaktivieren des am längsten wartenden Threads
  - `notifyall` zum Reaktivieren aller wartenden Threads

  die von allen Klassen ererbt werden.
- Es gibt keine Bindung an eine Bedingungsvariable, jedoch dürfen `wait` und `notify` nur in synchronized-Klassenmethoden vorkommen.
- Im Unterschied zu dem im Monitorkonzept von Hoare verwendeten signal führt notify nicht zur unmittelbaren Ausführung des reaktivierten Threads, sondern lediglich zu seiner Einreihung in die Warteschlange der auf die Ausführung einer synchronisierten Methode wartenden Prozesse.
- notify ist gegenüber signal weniger fehleranfällig und erlaubt eine einfachere Warteschlangenverwaltung.

Standardschemata

- **Bedingung abwarten:**

```
synchronized doWhenCondition () {
        while  (!condition)
                    wait();
        ... „Aktion bei erfüllter Bedingung“ ...
}
```

- **Bedingung signalisieren:**

```
synchronized changeCondition () {
        ... „Änderung von Werten, Bedingung erfüllen“ ...
        notify();
}
```

Ein-Platz-Puffer

```
public class CubbyHole {
    private int contents;
    private boolean available = false;
    public synchronized int get (int who) {
        while (available == false) { try { wait(); } catch (InterruptedException e) { }
                                                    }
        available = false;
        System.out.println("Consumer " + who  + " got: " + contents);
        notifyAll();
        return contents;
    }
    public synchronized void put (int who, int value) {
        while (available == true) { try { wait(); } catch (InterruptedException e) { }
                                                    }
        contents = value;  available = true;
        System.out.println("Producer " + who + " put: " + contents);
        notifyAll();
    }
}
```

Deadlocks

- Synchronisierte Methoden eines Objektes können beliebige andere Methoden aufrufen (synchronisierte und nicht synchronisierte, desselben oder anderer Objekte)

- mögliche Ursachen für Deadlocks
  - synchronisierte Methoden rufen sich gegenseitig auf
  - Threads benötigen Locks auf mehrere Objekte
  - irregulär terminierende Threads

- Java hat keine Mechanismen, um Deadlocks zu verhindern oder aufzulösen.

Deadlocks – ein konstruiertes Beispiel

```
class Dead { // erzeugt zwei Threads
  public static void main (String[] args) {
    final Object resource1 = new Object();
    final Object resource2 = new Object();
    Thread t1 = new Thread(
      new Runnable() {
      public void run() {
        synchronized(resource1) {
          compute(1);
          synchronized(resource2) {
            compute(1);
            }
          }
        }
      );
```

```
    Thread t2 = new Thread(
      new Runnable() {
      public void run() {
        synchronized(resource2) {
          System.out.println();
          synchronized(resource1) {
            compute(2);
            } } } }
    );
    t1.setPriority(6);      t1.start();
    t2.setPriority(10);     t2.start();
  };
static void compute(int i){
 System.out.println("Thread"+ i);
 for (int k=0; k<= 2000; k++)
  System.out.print(k);  }
} // end Dead
```