Kurs OMSI
im WiSe 2013/14

Objektorientierte Simulation mit ODEMx

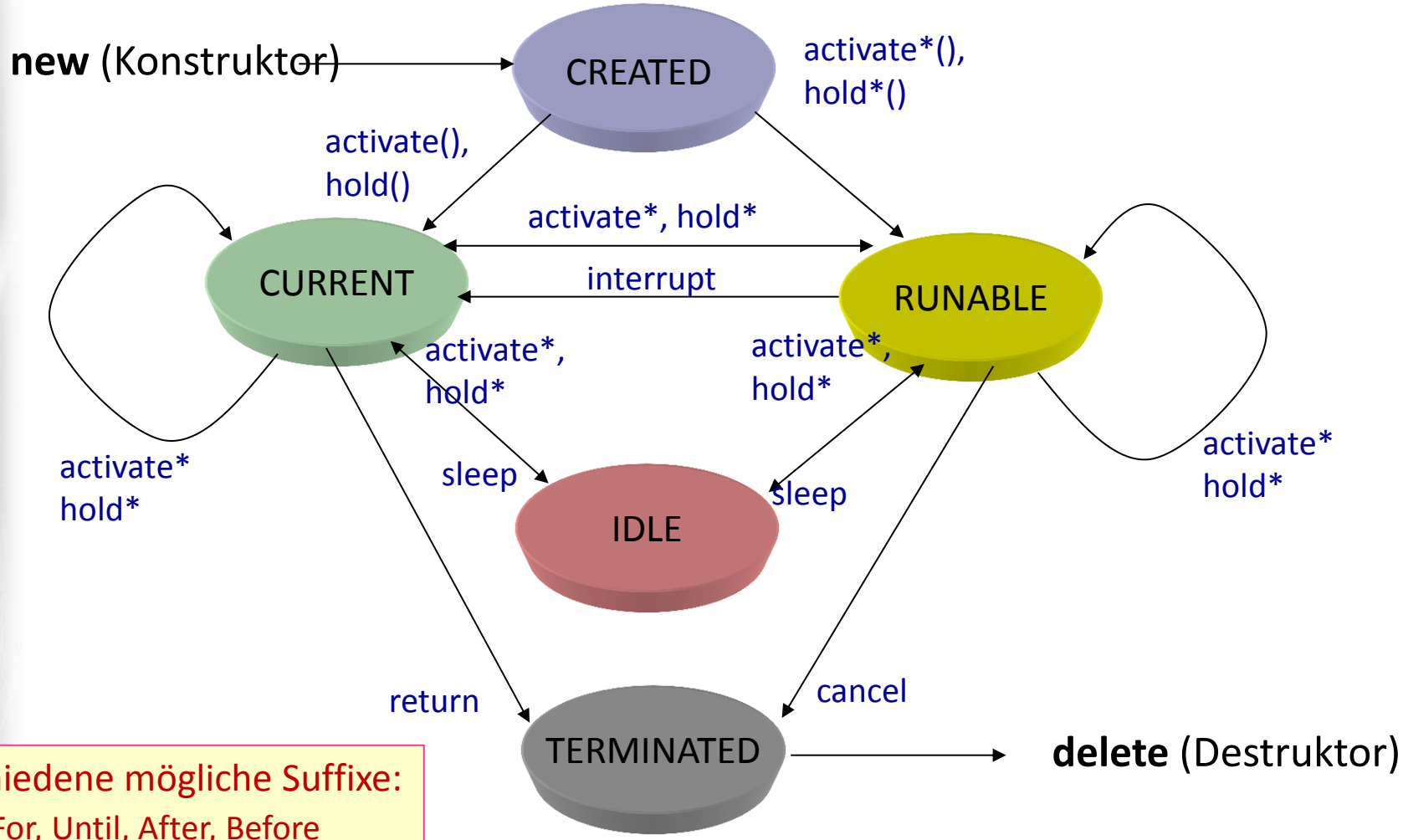
Prof. Dr. Joachim Fischer
Dr. Klaus Ahrens
Dipl.-Inf. Ingmar Eveslage

fischer|ahrens|eveslage@informatik.hu-berlin.de

3. Prozess-Scheduling

1. Aufgaben von Klasse Simulation (Wdh.)
2. Process-Listen eines Simulationskontextes
3. Allgemeines Process-Scheduling
4. Weitere Process-Funktionaliät
5. Prozesswarteschlangen: ProcessQueue, Queue
6. Spezielle Process-Synchronisation: Memory, Port
7. Universelle wait-Anweisung
8. Beispiel: Autofähre

Überblick: Zustände und Scheduling-Operationen



* verschiedene mögliche Suffixe:
In, At, For, Until, After, Before

Klasse Process: *Member-Funktionen (1)*

```
class Process
        :  public Sched
        ,  public coroutine::Coroutine
        ,  public data::Observable< ProcessObserver > {
public:
   enum ProcessState {
        CREATED, CURRENT, RUNNABLE, IDLE, TERMINATED };

        Process( Simulation& sim, const data::Label& label, ProcessObserver* obs = 0 );
        ~Process();
        ProcessState getProcessState() const;

        void activate ();
        void activateIn ( SimTime t );
        void activateAt ( SimTime t );

        void activateBefore ( Sched* s );
        void activateAfter ( Sched* s );

        void hold ();
        void holdFor ( SimTime t );
        void holdUntil ( SimTime t );
```

Aktivierung/Reaktivierung:
bei Prioritätsgleichheit als erstmöglicher Eintrag

Aktivierung/Reaktivierung:
mit evtl. Prioritätsanpassung

Aktivierung/Reaktivierung:
bei Prioritätsgleichheit als letztmöglicher Eintrag

Klasse Process: *Member-Funktionen (2)*

```
public:
        void sleep();
        virtual void interrupt();
        void cancel();

        Priority getPriority() const;
        Priority setPriority( Priority newPriority );
        Priority getQueuePriority() const;
        Priority setQueuePriority( Priority newPriority, bool reactivate );

        SimTime getExecutionTime() const;
        bool isInterrupted() const;
        Sched* getInterrupter();

protected:
        virtual int main() = 0;

public:
        bool hasReturned() const {return validReturn;};
        int getReturnValue() const;

...
```

Blockierung, Unterbrechung, Beendigung

Lesen/Setzen von Prioritäten

Infos zur Ereigniszeit und Unterbrechung

Lebenslauf

Infos zum Lebenslauf-Ende

3. Prozess-Scheduling

1. Aufgaben von Klasse Simulation (Wdh.)
2. Process-Listen eines Simulationskontextes
3. Allgemeines Process-Scheduling
4. Weitere Process-Funktionaliät
5. Prozesswarteschlangen: ProcessQueue, Queue
6. Spezielle Process-Synchronisation: Memory, Port
7. Universelle wait-Anweisung
8. Beispiel: Autofähre

Process: Lebenslauf und Rückgabewert

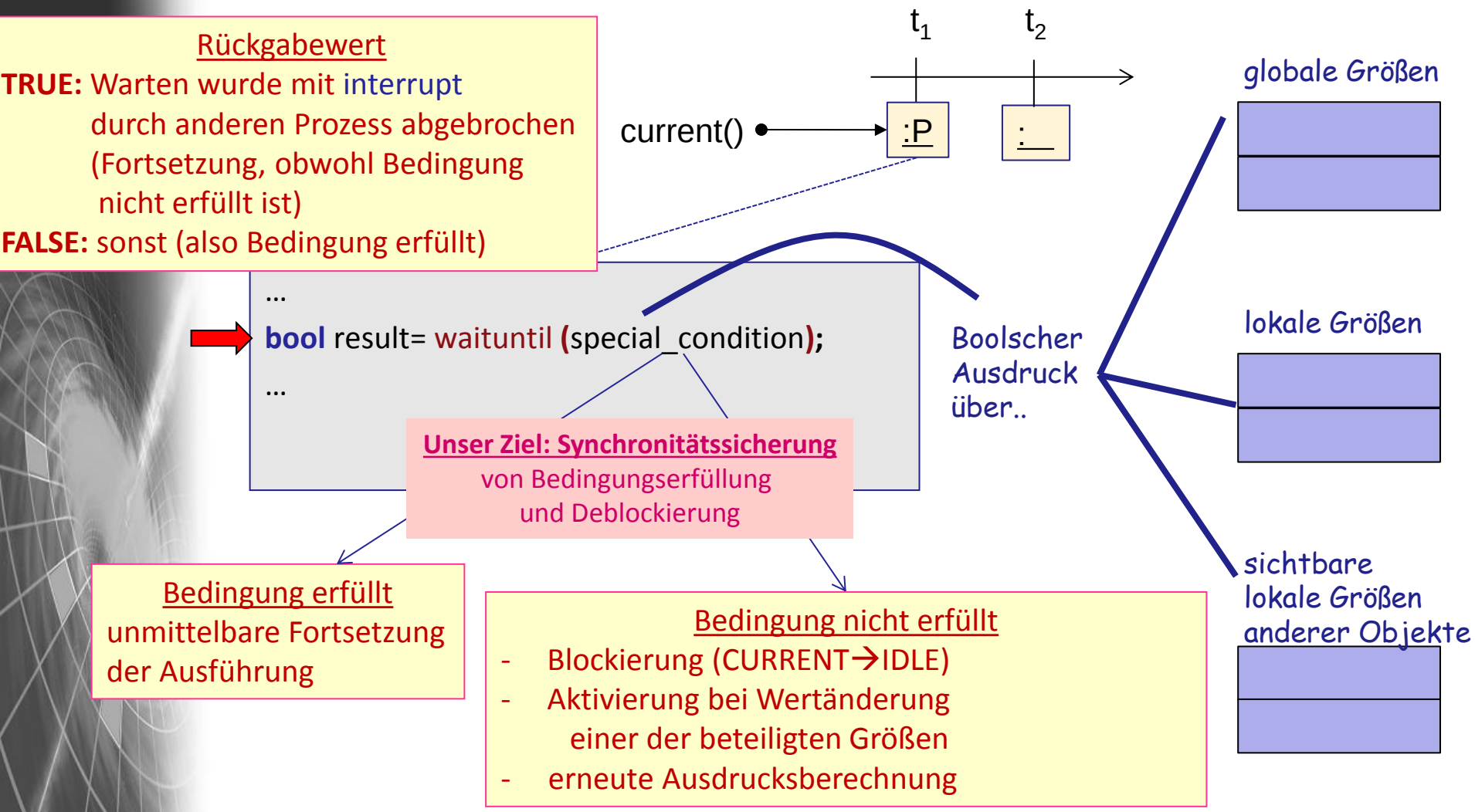
Process-Verhaltensfunktion

```
protected:
    virtual int main() = 0;
```

… bei Terminierung mittels return

```
bool hasReturned() const {return validReturn;};
            // Test auf Beendigung

int getReturnValue() const;
            // liefert Rückgabewert (ohne evtl. Blockierung des Rufers)
            // Warnung für Nutzung eines ungültigen Wertes
            // vorheriger Test mit hasReturned()
```

Zustandsbedingte Blockierung/De-blockierung



Lösung

(1) historisch: Namensparameterübergabe in Algol 60, Simula 67

```
function waituntil (name boolean cond) return boolean {
        while (not cond) do {
                sleep();
                if interrupted() return true;
        }
        return false;
}
```

- Aktueller Parameter wird bei Übergabe nicht berechnet,
- vielmehr bleibt Ausdrucksdefinition erhalten und
- wird an alle Aufrufstellen innerhalb des Funktionskörpers kopiert

(2) C++:

- Zustandsbedingung kein Boolscher Ausdruck, sondern eine Boolsche **Funktion**
- cond-Parameter von waituntil wird ein **Funktionszeiger** mit **Signatur-Constraint** (diese wird per **Funktionstyp** festgelegt)
- die gewünschte Boolsche Funktion (aktueller Parameter) muss dann selbstverständlich von diesem Typ sein

Vordefinierte Signaturen für Bedingungsfunktionen in ODEMx

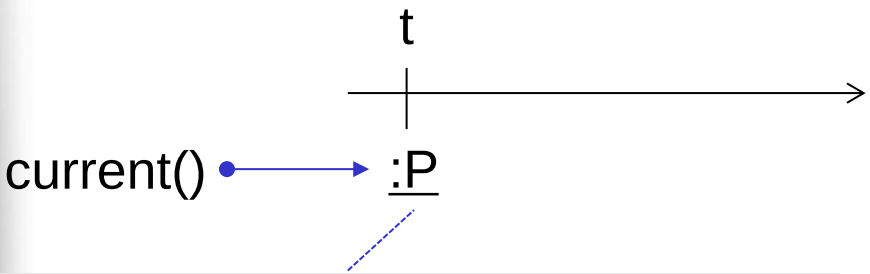
```
// Definierte Funktionstypen in ODEMx

typedef  bool (Process::*Selection)(Process* partner);

typedef  bool (Process::*Condition)();

typedef double (Process::*Weight)(Process* partner);
```

Rückgabewert: bool

1. (impliziter) Parametertyp, der this-Zeiger-Typ: Process
2. weitere Parameter: keine

Mit der Typdefinition ist in C++ nur die Signatur festgelegt, das Verhalten ist völlig beliebig

Prinzipielle Anwendung




```
...
bool result= waituntil (&special_condition);
... //Fortsetzung g.d.w. condition erfüllt
```

```
class P:  public Process {
public:
...
    bool special_condition() {
        return ((x || y) && z)
    }
    int main ()
}
```

konform zu

```
typedef  bool (Process::*Condition)();
```

Zeiger zu einer Funktion

Implementation in ODEMx

```
bool waituntil( base::Condition cond ) {
        while (not (this->*cond) () ) do {
                sleep();
                if interrupted() return true;
        }
        return false;
}
```

Klassendefinition (Auszug)

Private Member-Variablen

```
private:
        ProcessState processState;      //process state
        int priority;                   // execution priority
        int queue_priority;             // waiting priority
        SimTime t;                      // process execution time
        Simulation* env;                // process simulation
        int returnValue;                // return value of main()
        ProcessQueue* q;                // pointer to queue if process is waiting
        SimTime q_int;                  // enqueue-time
        SimTime q_out;                  // dequeue-time
        bool validReturn;               // return value is valid
        bool interrupted;               // Process was interrupted
        Process* interrupter;           // Process was interrupted by
                                        //      interrupter
                                        //      (0 -> by Simulationkontext)
```

3. Prozessverwaltung

1. Aufgaben von Klasse Simulation (Wdh.)
2. Process-Listen eines Simulationskontextes
3. Allgemeines Process-Scheduling
4. Weitere Process-Funktionaliät
5. Prozesswarteschlangen: ProcessQueue, Queue
6. Spezielle Process-Synchronisation: Memory, Port
7. Universelle wait-Anweisung
8. Beispiel: Autofähre

Lokalisierung eines Prozesses (Überblick)

ein Prozess kann zu einem Zeitpunkt
gleichzeitig in verschiedenen Listen erfasst sein:

- in höchstem einem Terminkalender
  (seines Simulationskontextes, falls aktiviert)

- in höchstens einem Warteschlangen-Objekt (ProcessQueue)
  (oder Ableitung davon)

- Modul Synchronistation definiert Queue als ProcessQueue-Ableitung,
- Queue-Objekte
  werden insbesondere zur Erfassung (inkl. Statistik) von blockierten Prozessen
  in vordefinierten Synchronisationsklassen (Bin, Res, Waitq, Condq, …) benutzt

- in beliebig vielen Memory-Listen der Typen (oder Ableitungen)
  - PortTail,
  - PortHead,
  - Timer,
  - WaitCondition

Motivation von ProcessQueue bzw. Queue

- **sortierte Liste** von Prozessen (Zeigern)
  - DefaultOrder: sortiert nach Ausführungszeiten
    (u. bei Gleichzeitigkeit nach Priorität)
  - PriorityOrder: sortiert nur nach Priorität
  - zusätzlicher LIFO/FIFO- Auswahlparameter

- **Anwendung**
  - Spezialisierung zur Klasse Queue
    im Modul Synchronisation
    zur Verwaltung schlafender/blockierter Prozesse (IDLE-Zustand)
    Führung einer Statistik über die Queue-Benutzung
  - nutzereigene Listen

- **Funktion** zur Reaktivierung blockierter Prozesse
  - awake
    (in verschiedenen Suffix-Varianten)

ProcessQueue

```
class ProcessQueue {
// Interface
    public:
      ProcessQueue ();
      Process* getTop () const;
      const std::list<Process*>& getList () const;

      bool isEmpty() const;
      unsigned int getLength() const {return (unsigned int) l.size();}

      virtual void popQueue (); // entfernt getTop()
      virtual void remove (Process* p);
      virtual void inSort (Process* p,  bool fifo = true); // QueuePriority

// Implementation
    private:
      std::list<Process*> l;
      ProcessOrder* order;
};
```

Eintrag in ExL
nach Warteprioritätt

```
void awakeAll( ProcessQueue* q);
void awakeFirst (ProcessQueue* q);
void awakeNext (ProcessQueue* q, Process* p);
```

Eintrag in ExL
nach Gleichzeitigkeitspriorität

ProcessQueue

- Ein Prozess kann zu einem Zeitpunkt
  immer nur in einer ProcessQueue / Queue enthalten sein

  – Fehlbenutzung

    bei Eintrag in zweite Warteschlange
    (ohne aus der ersten entfernt worden zu sein)
    Abbruch mit Fehlermeldung

- Prioritätsänderung
  – verursacht automatische Positionsänderung
    in der jeweiligen ProcessQueue /Queue

Weitere Process-Memberfunktionen

(mit Benutzung im Modul Synchronisation)

```
ProcessQueue* getQueue() const {return q;}
                // liefert Zeiger zur Warteschlange, in der sich der Prozess
                // befindet

SimTime getEnqueueTime() const {return q_in;}
                // liefert Eintrittszeit in die Warteschlange, in der sich der Prozess
                // befindet

SimTime getDequeueTime() const {return q_out;}
                // liefert Zeit des Verlassens der Warteschlange, in der sich der
                // Prozess befand
```

3. Prozess-Scheduling

1. Aufgaben von Klasse Simulation (Wdh.)
2. Process-Listen eines Simulationskontextes
3. Allgemeines Process-Scheduling
4. Weitere Process-Funktionaliät
5. Prozesswarteschlangen: ProcessQueue, Queue
6. Spezielle Process-Synchronisation: Memory, Port
7. Universelle wait-Anweisung
8. Beispiel: Autofähre

Klasse Memory

~ dient als abstrakte Basisklasse zur Erfassung von
Sched-Objekten
für verschiedene Synchronisationskonzepte in ODEMx

- PortHead,
- PortTail
- Timer,
- WaitCondition

```
class Memory {
public:
        Memory( base::Simulation& sim, const data::Label& label, Type type, MemoryObserver* obs = 0 );
        virtual ~Memory();

        virtual bool remember( base::Sched* newObject );
        virtual bool forget( base::Sched* rememberedObject );

        bool processIsWaiting (base::Process& process) const;
        virtual void eraseMemory();

        virtual bool isAvailable();
        bool waiting() const;

        SizeType countWaiting() const;

        virtual Type getMemoryType() const;

        virtual void alert();


privat:
        std::list< Sched * > memoryList //Liste vermerkter Sched-Objekte (Zeiger)
```

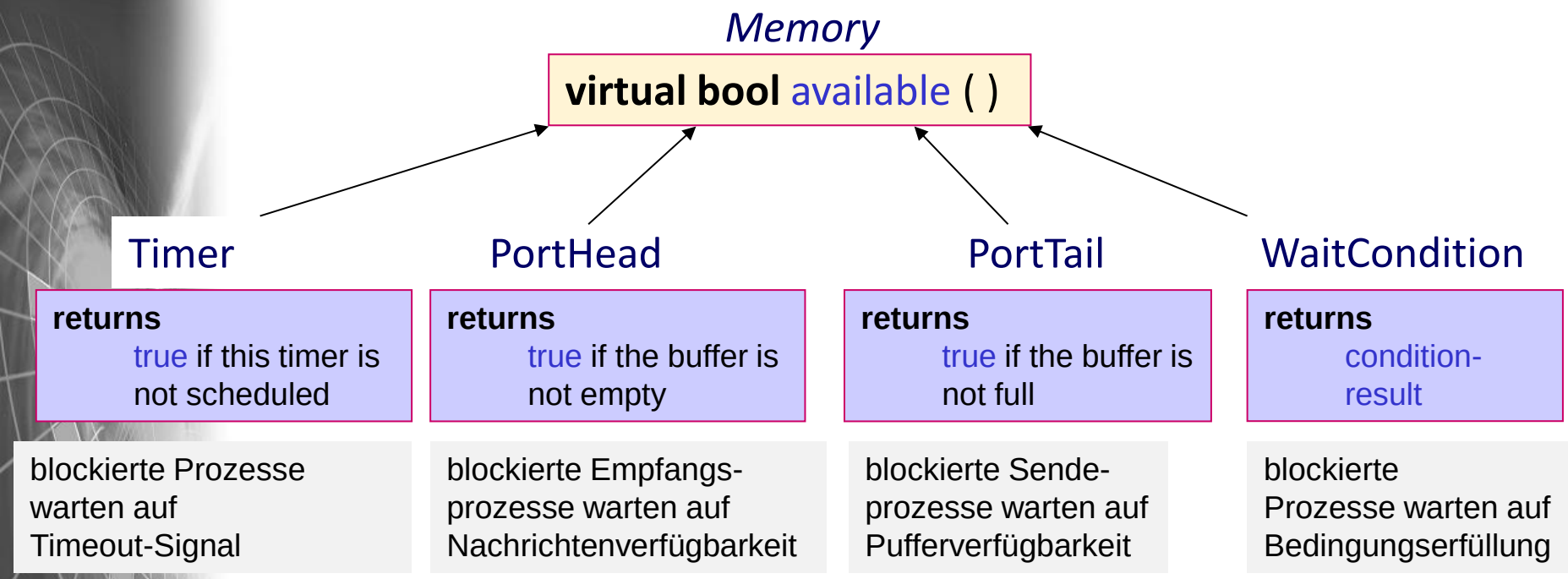
```
enum Type {
    TIMER,
    PORTHEAD,
    PORTTAIL,
    CONDITION,
    USERDEFINED
};
```

Spezialisierungen legen
Semantik von isAvailable fest

Memory-Funktionalität

bei Alarmierung: alert()-Aufruf

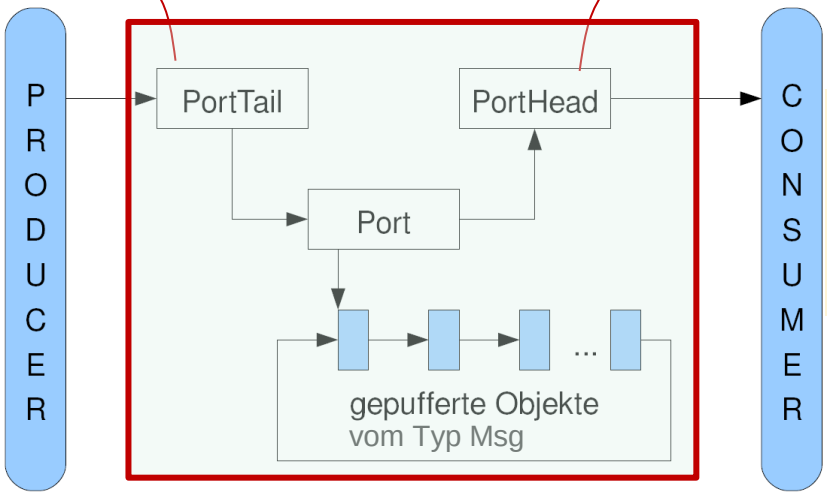
- Aktivierung der blockierten Sched-Objekte zum aktuellen Zeitpunkt
- abermalige Ausführung der spezifischen available-Funktion
- erneute Blockierung oder Ausführungsfortsetzung mit Verlassen der Memory-Liste



Nachrichtenpuffer *zur Prozesskommunikation*

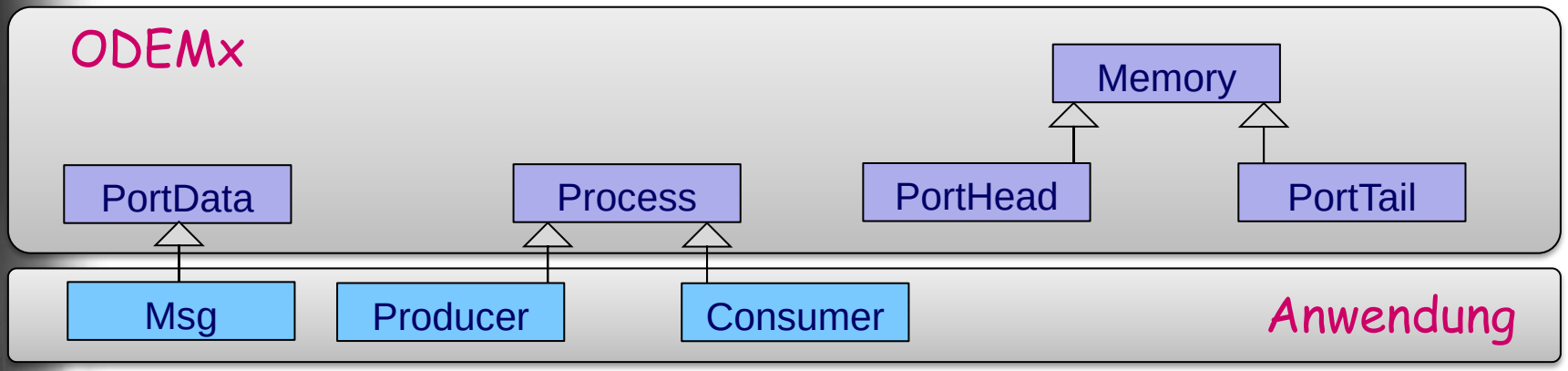
- Pufferverwaltung als Ensemble von Objekten der ODEMx-Klassen
  - Port Aufnahme der Nachrichten
  - PortTail Eingabeschnittstelle inkl. Memory für blockierte Producer-Prozesse im Fall eines voll belegten Ports
  - PortHead Entnahmeschnittstelle inkl. Memory für blockierte Consumer-Prozesse im Fall eines leeren Ports
  - PortData Basisklasse für Msg

```
PortTail* outbuffer;
…
Msg* m= new Msg(…)
outbuffer->put (m);
…
```

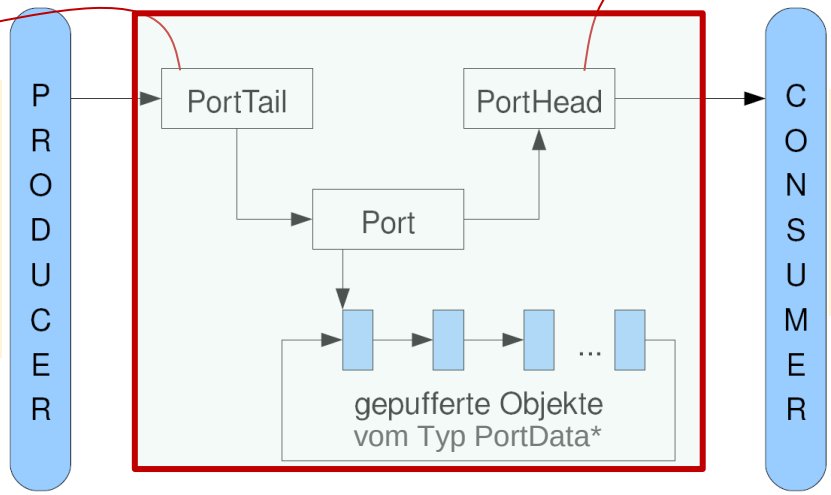



```
PortHead* inbuffer;
…
Msg* m= inBuffer->get();
…
```

PortTail, PortHead als Memory-Spezialisierungen




```
PortTail* outbuffer;
…
Msg* m= new Msg(…)
outbuffer->put (m);
…
```




```
PortHead* inbuffer;
…
Msg* m= inBuffer->get();
…
```

*Memory-Eigenschaft sichert die spezifische **Blockierung der Aufrufer** und ihre synchrone Aktivierung bei Aufhebung der Unterbrechungsbedingung.*

PortTail-, PortHead- Konstruktoren

```
PortHead ( Simulation* sim,
           Label portName,
           PortMode m = WAITING_MODE,
           unsigned int max = 10000 )

PortTail (Simulation * sim,
          Label portName,
          PortMode m = WAITING_MODE,
          unsigned int max = 10000 )
```

PortMode als Aufzählungstyp definiert

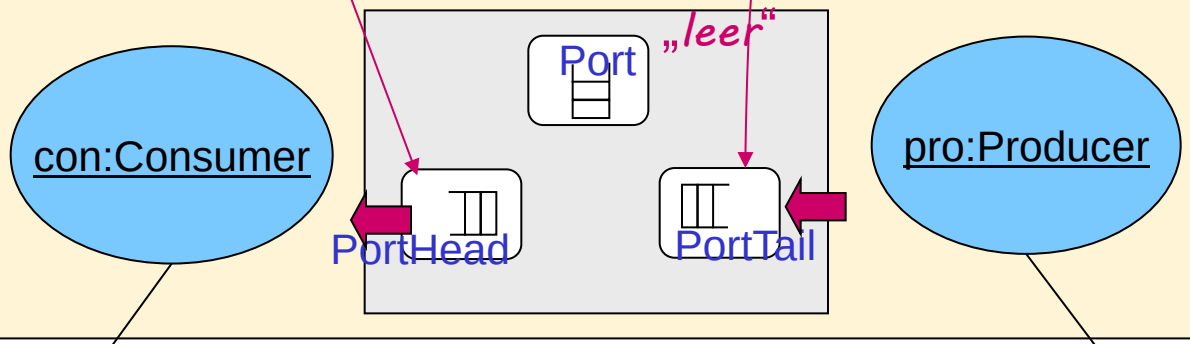
ERROR_MODE	Fehler, falls voll/leer
WAITING_MODE	Prozesswechsel, falls voll/leer
ZERO_MODE	Leeranweisung, falls voll/leer (0 als Return-Wert)

Anwendung

C++ Hauptprogramm

```
PortHead *ph= new PortHead(…); // Entnahme
Consumer *con= new Consumer(…, ph);
```

```
PortTail *pt= ph.tail() // Einlagerung
Producer *pro= new Producer(…, pt)
```




```
con->activate();
```

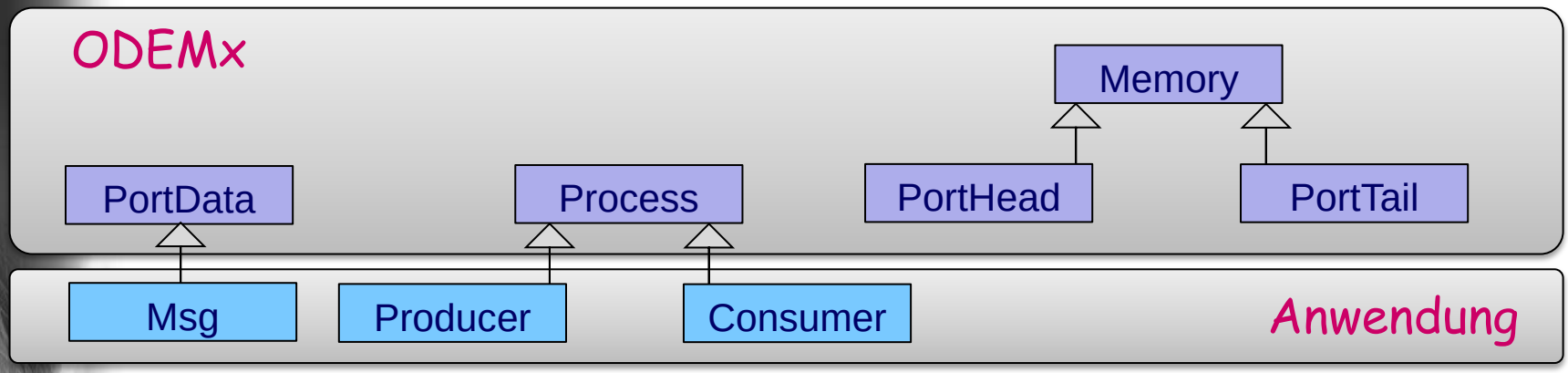
```
main() {
   …
   Msg* m= ph->get();
   …
}
```

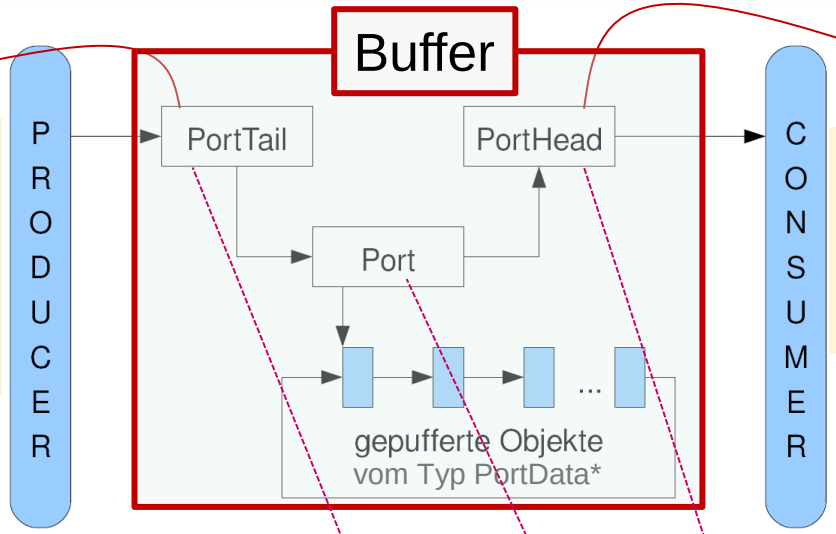
```
main() {
   …
   Msg* m= new Msg(…)
   pt->put (m);
   …
}
```

put/get-Semantik abhängig vom eingerichteten Modus

FRAGE: Warum 3 Klassen statt 1 Klasse Buffer ?

Unterstützung einer dynamischen Gestaltung von Verarbeitungsketten






```
Buffer* outbuffer;
…
Msg* m= new Msg(…)
outbuffer->put (m);
…
```

```
Buffer* inbuffer;
…
Msg* m= inBuffer->get();
…
```

Ensemble von drei Listen

blockierte Producer

blockierte Consumer

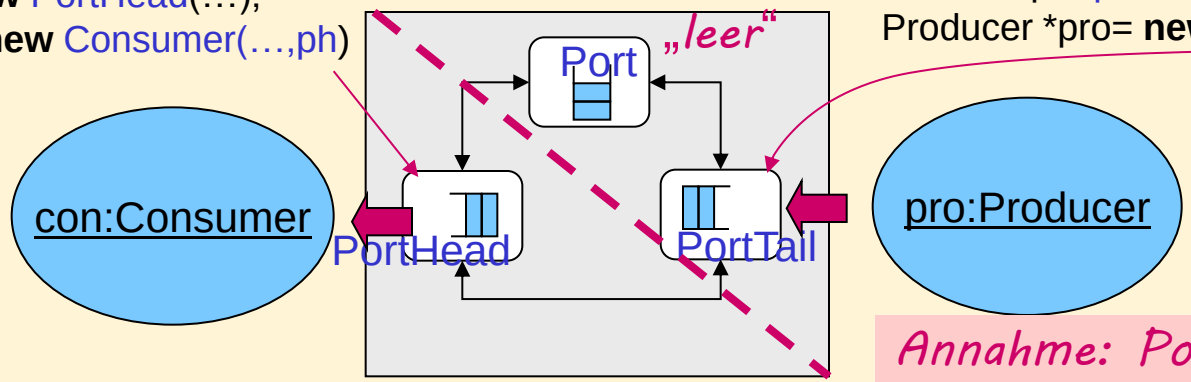
gepufferte Nachrichten

Weitere Port-Funktionalität: cut(), splice()

„vor cut()-Anwendung“

```
PortHead *ph= new PortHead(…);
Consumer *con= new Consumer(…,ph)
```

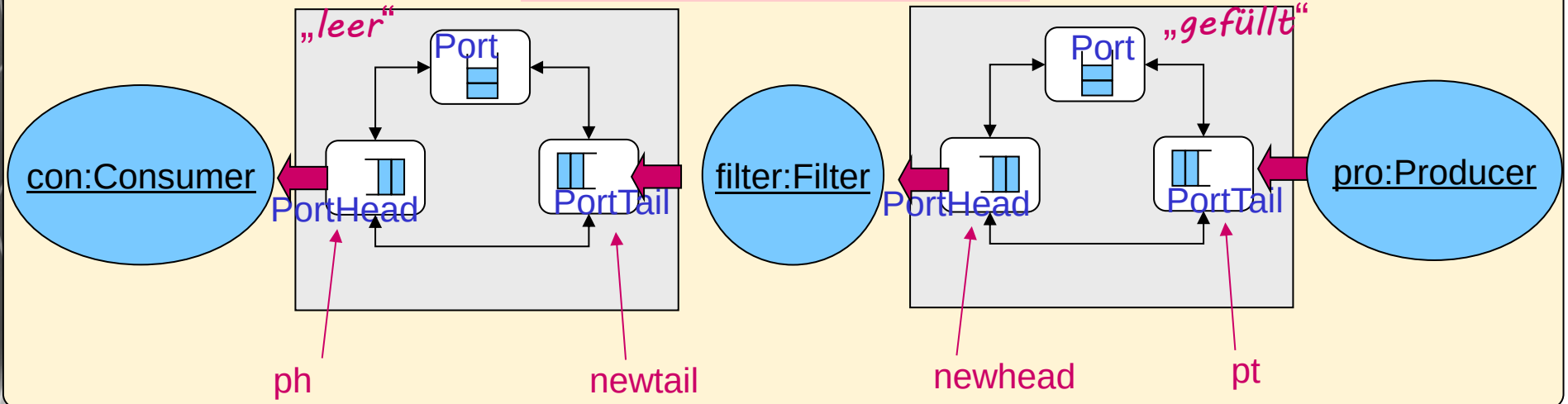
```
PortTail *pt= ph.tail()
Producer *pro= new Producer(…, pt)
```



Annahme: Port sei gefüllt

```
PortHead *newHead= ph->cut();  //bei Ergänzung eines neuen PortHead-Zugangs
PortTail *newTail= ph->tail(); // Ergänzung eines neuen PortTail-Zugangs mit leerem Port

Filter *filter= new Filter(…, newHead, newTail)
```

„nach cut()-Anwendung“



3. Prozess-Scheduling

1. Aufgaben von Klasse Simulation (Wdh.)
2. Process-Listen eines Simulationskontextes
3. Allgemeines Process-Scheduling
4. Weitere Process-Funktionaliät
5. Prozesswarteschlangen: ProcessQueue, Queue
6. Spezielle Process-Synchronisation: Memory, Port
7. Universelle wait-Anweisung
8. Beispiel: Autofähre

Motivation für eine universelle wait-Funktion

typisches Synchronisationsproblem

- Prozesse (z.B. Zustandsmaschinen) setzen ihren Lebenslauf (Zustandsübergänge) nur unter bestimmten Bedingungen fort:
  - in einem von mehreren Eingangspuffern wurde eine Nachricht/Ereignis/Anforderung hinterlegt
  - eins von mehreren möglichen Zustandsereignissen ist eingetreten
  - eins von mehreren Zeitereignissen (ausgelöst durch Wecksignale von Uhren) ist eingetreten

- dabei kann genau ein Prozess betroffen sein oder mehrere

Lebenslauf eines Prozesses (Ausschnitt)

```
...
result= wait (buffer1, buffer2, timer1, cond1);
switch (result->getType() ) {
   case TIMER: ...
   case PORTHEAD: ...
   case CONDITION
   default: ...
}
...
```

- *wait-Aufrufer registriert sich jeweils bei* `buffer1, buffer2, timer1, cond1` *und blockiert gegebenenfalls*

- *bei diesen Objekten sollten sich weitere Prozesse/Ereignisse registrieren können*

- *Objekte sorgen für synchrone De-Blockierung*

Rückgabewert von wait

polymorphe Memory-Zeiger

```
...
*Memory  m= wait (m1, m2, m3);
...
```

- Aufrufer-Prozess vermerkt sich in lokale Process*-Liste von m_1, m_2 und m_3, falls deren „Verfügbarkeit“ nicht gegeben ist und blockiert

- wird auf den blockierten Prozess durch einen parallelen Prozess ein **interrupt**() angewendet, verlässt dieser die m_1-, m_2- und m_3-Liste

  und beendet die **wait()**-Anweisung mit der Rückgabe des NULL-Zeigers (externe Unterbrechung der Blockierung)

- Sobald die „Verfügbarkeit“ von mindestens einem m_i gegeben ist, wird **wait** mit Rückgabe von m_i verlassen (der Prozess hat zuvor die lokalen Listen von m_1, m_2 und m_3 verlassen)

- Sollten mehr als zwei m_i‘s „Verfügbarkeit“ anzeigen, liefert **wait** den ersten von ihnen (nach Position in der Parameterliste)

Zusammenfassung

- Process-Member-Funktion wait

```
Memo* wait (Memo* m0,
            Memo* m1= 0, Memo* m2= 0, Memo* m3= 0, Memo* m4= 0, Memo* m5= 0 )
```

liefert eines der Memo-Objekte zurück, sobald dieses „Verfügbarkeit“ liefert;
bis dahin bleibt der Aufrufer blockiert

- Beispiel

```
PortHead *p1, *p2, *p3. *p;
```

```
...
p= wait (p1, p2, p3);
...
```

Aufrufer-Prozess wartet(blockiert) bis in einem der Buffer p1, p2, p3
eine Nachricht hinterlegt worden ist

```
Memory *m;
PortHead *ph;
PortTail *pt;
Timer t;
```

```
...
m= wait (ph,pt, t);
switch (m->getMemoryType()) {
   case TIMER: ...
   case PORTHEAD: ...
   default: ...
}
```

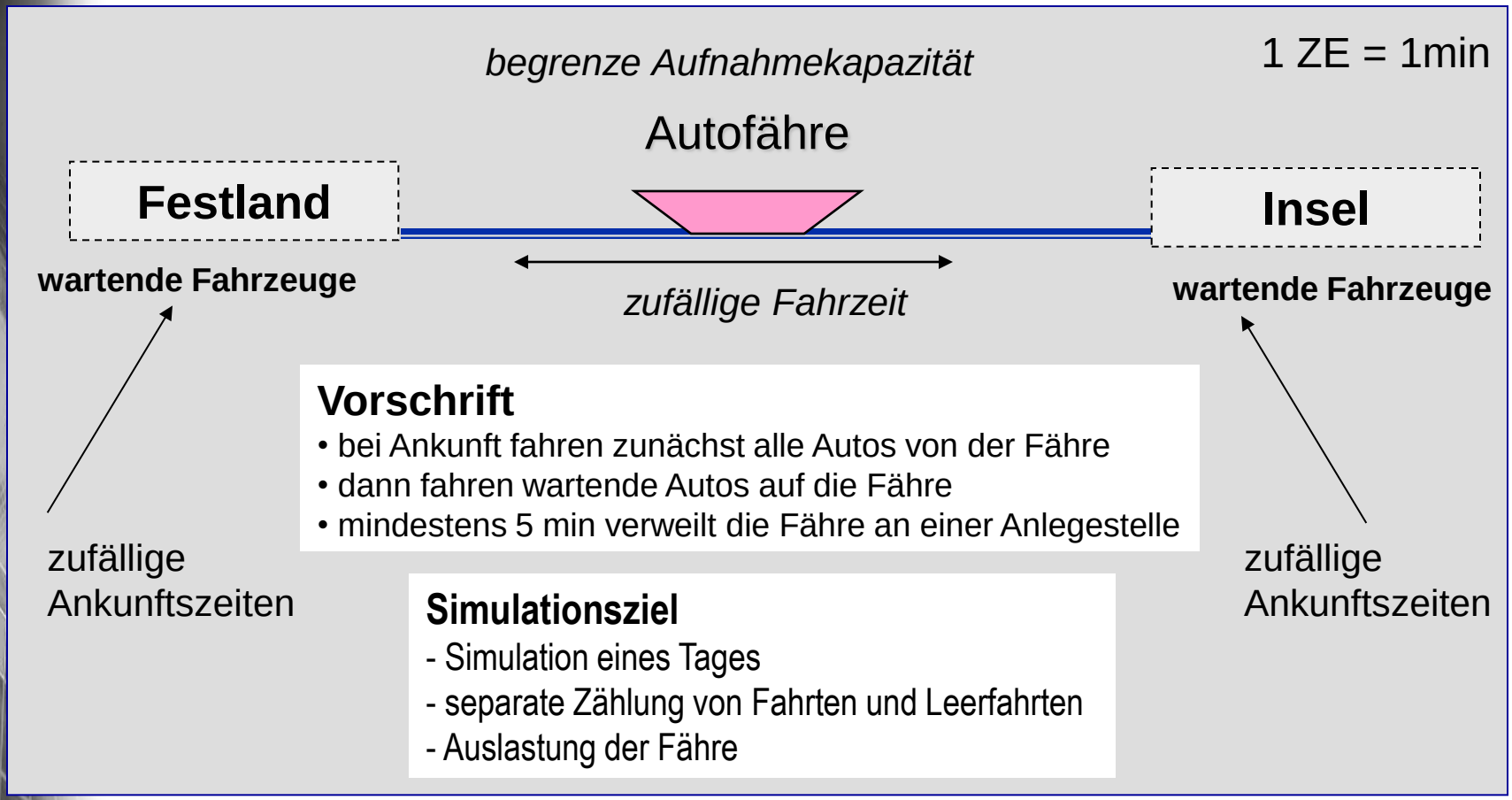
Aufrufer-Prozess wartet(blockiert) bis in einem der Puffer ph eine Nachricht abgelegt wird **oder** in einem Puffer pt Platz geworden ist **oder** ein Timeout anliegt

3. Prozess-Scheduling

1. Aufgaben von Klasse Simulation (Wdh.)
2. Process-Listen eines Simulationskontextes
3. Allgemeines Process-Scheduling
4. Weitere Process-Funktionaliät
5. Prozesswarteschlangen: ProcessQueue
6. Spezielles Process-Scheduling (Memory)
7. Beispiel: Autofähre

Beispiel: Autofähre

- Wortmodell und informale Darstellung



Timer in ODEMx

- Erweiterung von Sched als elementare Ereignisse, zu denen ein TimeOut für den Timer-Planer ausgelöst wird