Betriebssysteme (BS)

VL 13.1 – Interprozesskommunikation – Speicher-/Nachrichten-Kommunikation

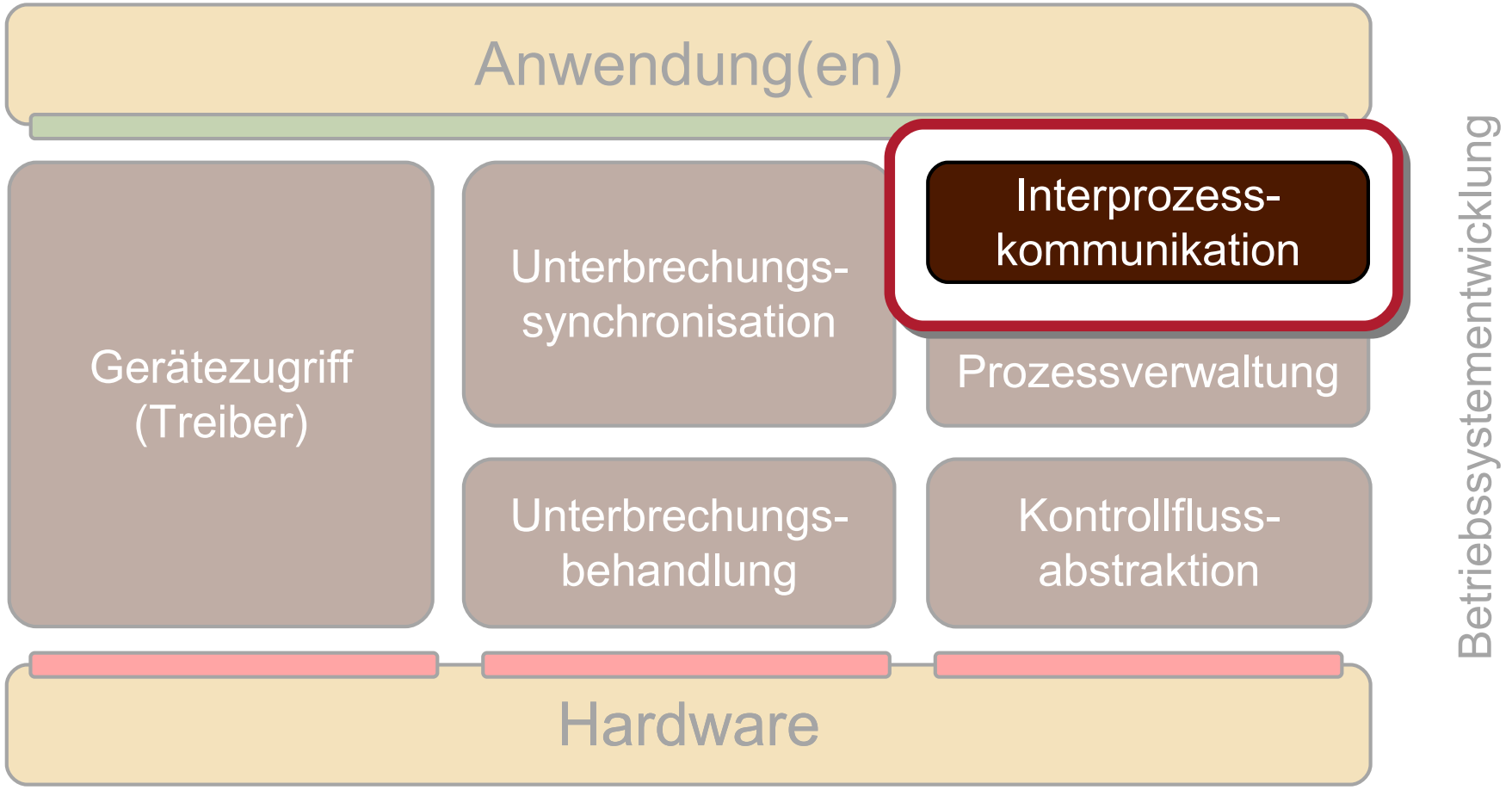
Volkmar Sieh / Daniel Lohmann

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen Nürnberg

WS 20 – 8. Februar 2021

Überblick: Einordnung dieser VL



Agenda

Einordnung
IPC über Speicher
IPC über Nachrichten
Basisabstraktionen
Trennung der Belange mit AOP
Zusammenfassung

Agenda

Kommunikation und Synchronisation

- ... sind durch das Kausalprinzip immer verbunden:

> Wenn **A** eine Information von **B** benötigt, um weiterzuarbeiten, muss **A** solange ***warten***, bis **B** die Information bereitstellt.

- ➔ nachrichtenbasierte Kommunikation impliziert Synchronisation (z.B. bei `send()` und `receive()`)
- ➔ Synchronisationsprimitiven eignen sich als Basis für die Implementierung von Kommunikationsprimitiven (z.B. Semaphore)

Agenda

IPC über gemeinsamen Speicher

- Anwendungsfälle/Voraussetzungen
  - ungeschütztes System (alle Prozesse im selben Adressraum)
  - System mit sprachbasiertem Speicherschutz
  - Kommunikation zwischen Fäden im selben Adressraum
  - gemeinsamer Speicher mit Hilfe des BS und einer MMU (z.B. UNIX System V shared memory)
  - gemeinsamer Kern-Adressraum von isolierten Prozessen
- positive Eigenschaften:
  - atomare Speicherzugriffe erfordern keine zusätzliche Synchronisation
  - schnell: kein Kopieren
  - einfache IPC Anwendungen leicht zu realisieren
  - unsynchronisierte Kommunikationsbeziehungen möglich
  - M:N Kommunikation leicht möglich

Semaphore – einfache Interaktionen

- gegenseitiger Ausschluss

```
// gem. Speicher
Semaphore mutex(1);
SomeType  shared;
```

```
void process_1() {
  mutex.wait();
  shared.access();
  mutex.signal();
}
```

```
void process_2() {
  mutex.wait();
  shared.access();
  mutex.signal();
}
```

- einseitige Synchronisation

```
// gem. Speicher
Semaphore elem(0);
SomeQueue shared;
```

```
void producer() {
  shared.put();
  elem.signal();
}
```

```
void consumer() {
  elem.wait();
  shared.get();
}
```

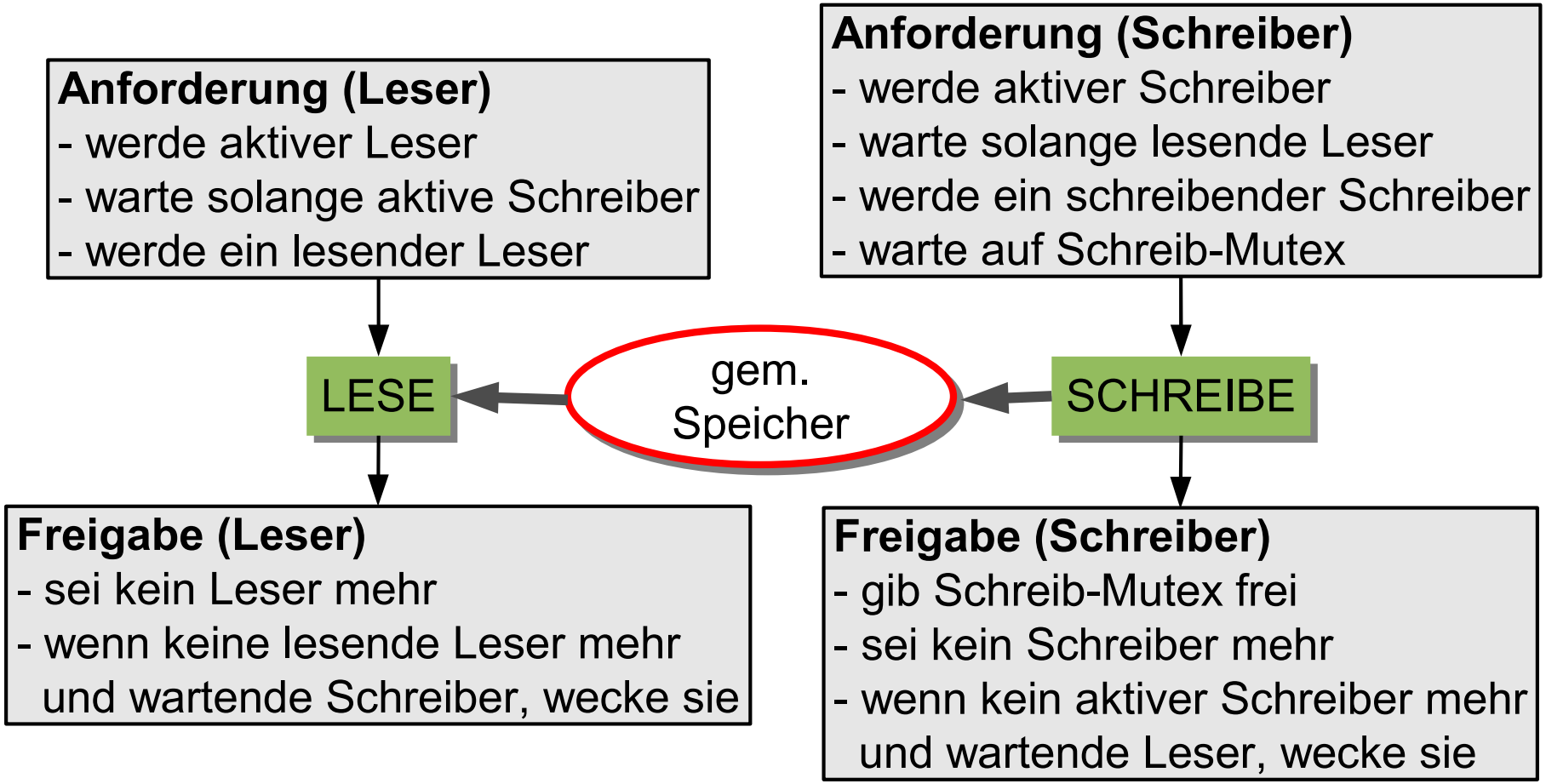
- betriebsmittelorientierte Synchronisation

```
// gem. Speicher
Semaphore     resource(N); // N>1
SomeResource  shared;
```

sonst wie beim gegenseitigen Ausschluss

Semaphore – komplexere Interaktionen

- Leser/Schreiber-Problem
  - Schreiber benötigen den Speicher exklusiv
  - mehrere Leser können gleichzeitig arbeiten



Semaphore – Leser/Schreiber-Problem

```
// Anforderung (Leser)
mutex.p();
ar++; // aktive Leser
if (aw==0) {
  rr++; // lesende Leser
  read.v();
}
mutex.v();
read.p();
```

```
// Anforderung (Schreiber)
mutex.p();
aw++; // aktive Schreiber
if (rr==0) {
  ww++; // schreibende S.
  write.v();
}
mutex.v();
write.p();
w_mutex.p();
```

```
// Freigabe (Leser)
mutex.p();
ar--; rr--;
while (rr==0 && ww<aw) {
  ww++;
  write.v();
}
mutex.v();
```

```
// Freigabe (Schreiber)
w_mutex.v();
mutex.p();
aw--; ww--;
while (aw==0 && rr<ar) {
  rr++;
  read.v();
}
mutex.v();
```

Semaphore – Diskussion

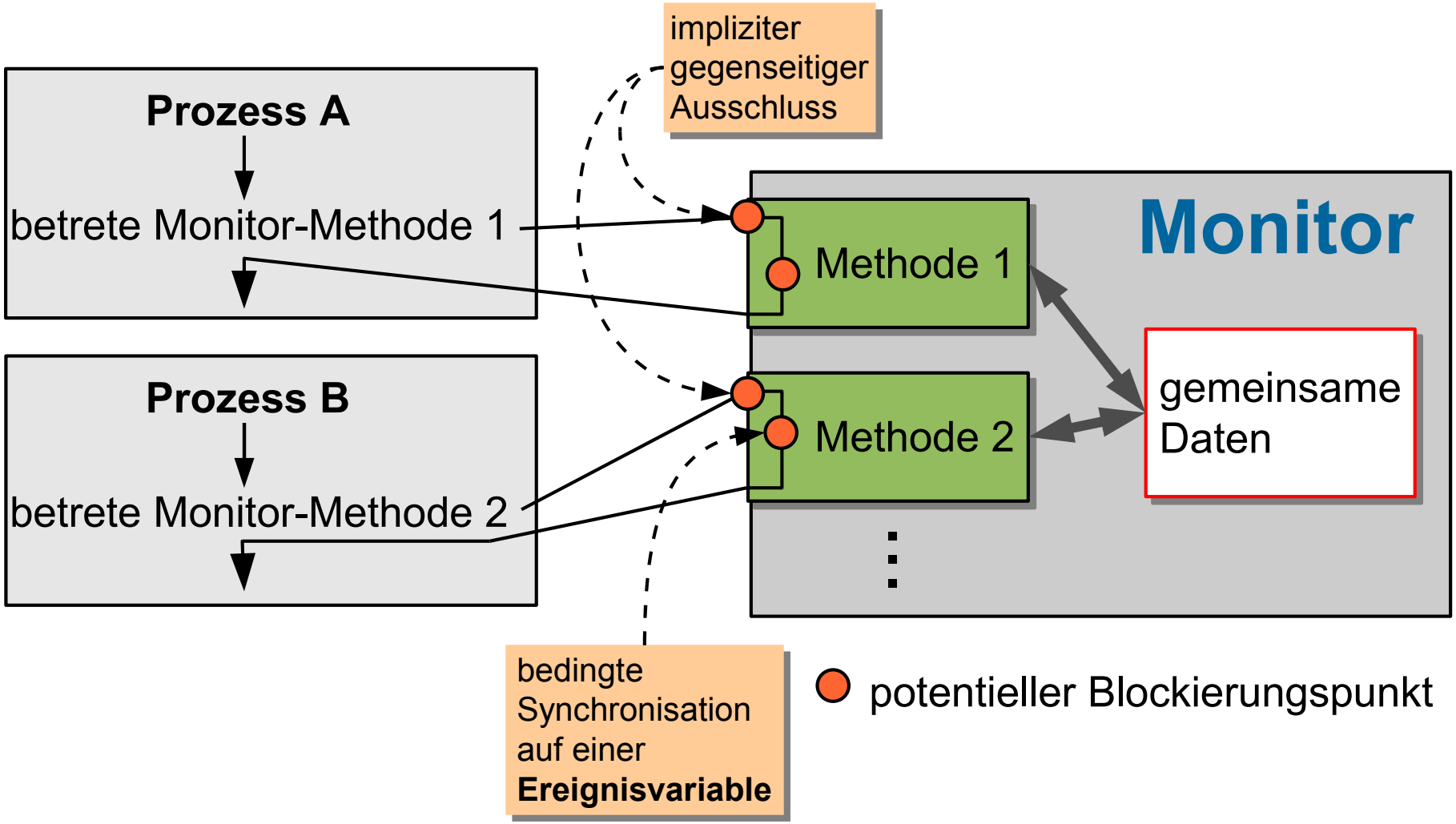
- Erweiterungen
  - nicht-blockierendes p()
  - *Timeout*
  - Felder von Zählern
- Fehlerquellen
  - Semaphorbenutzung wird nicht erzwungen
  - Abhängigkeit kooperierender Prozesse
    - jeder muss die Protokolle exakt einhalten
  - Aufwand bei der Implementierung

➔ Unterstützung durch die Programmiersprache

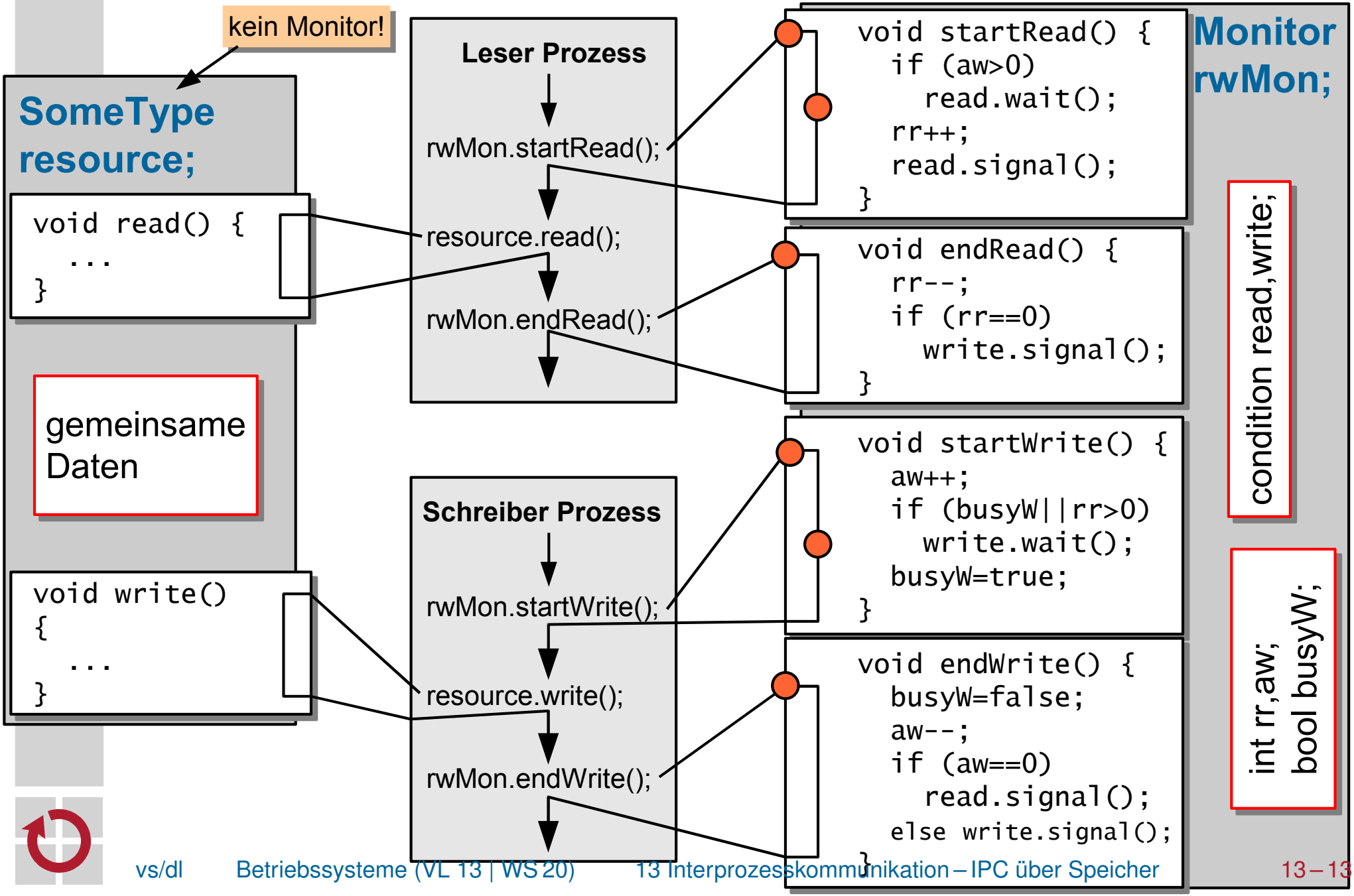
- Korrekte Synchronisation wird erzwungen

Monitore – synchronisierte ADTs [1]

- Ansatz: Abstrakte Datentypen werden mit Synchronisationseigenschaften gekoppelt



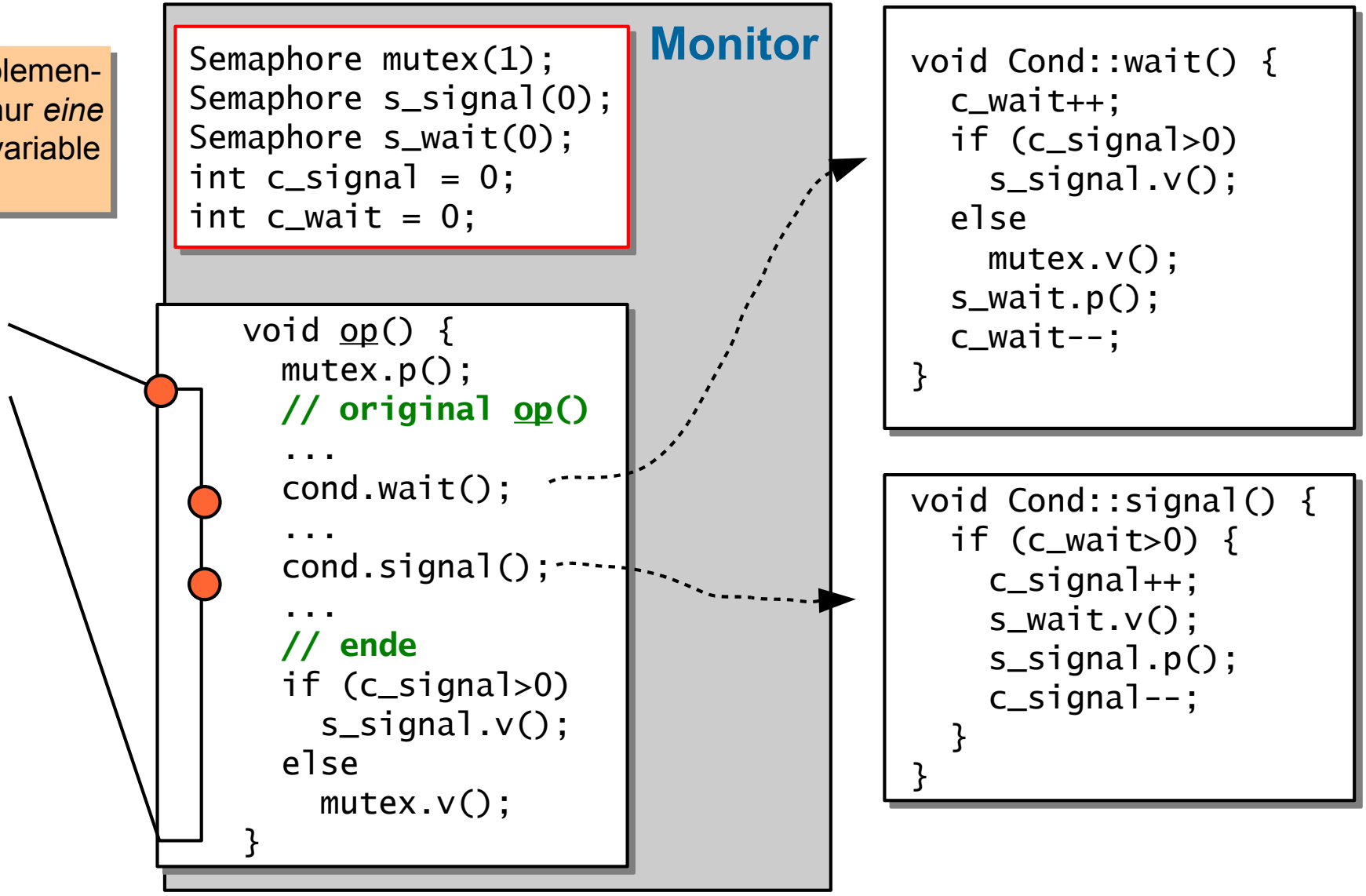
Monitore – Leser/Schreiber-Problem



Monitore – Implementierung

- ... auf Basis von Semaphoren

einfache Implementierung, die nur *eine* Bedingungsvariable unterstützt.



Monitore – Diskussion

- Einschränkung der Nebenläufigkeit auf vollständigen gegenseitigen Ausschluss.
  - in Java daher 'synchronized' auch für einzelne Methoden
- Kopplung von logischer Struktur und Synchronisation ist jedoch nicht immer natürlich.
  - siehe Leser/Schreiber Beispiel
  - gleiches Problem wie beim Semaphor: Programmierer müssen ein Protokoll einhalten

➔ Die Synchronisation sollte von der Organisation der Daten und Methoden besser getrennt werden.

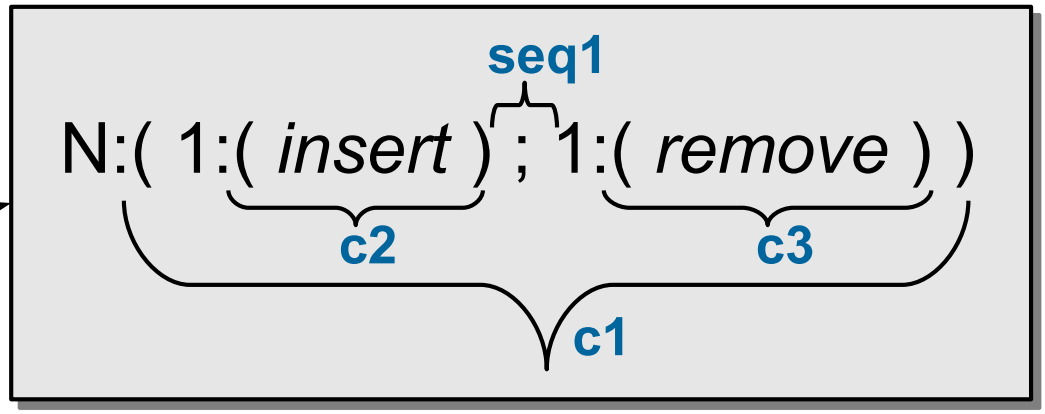
Pfadausdrücke [2]

- Idee: flexible Ausdrücke beschreiben erlaubte Reihenfolgen und den Grad der Nebenläufigkeit.
- **path** *name1*, *name2*, *name3* **end**
  - bel. Reihenfolge und bel. nebenläufige Ausführung von *name1-3*
- **path** *name1*; *name2* **end**
  - vor jeder Ausführung von *name2* mindestens einmal *name1*
- **path** *name1* + *name2* **end**
  - alternative Ausführung: entweder *name1* oder *name2*
- **path** 2:(*Pfadausdruck*) **end**
  - max. 2 Kontrollflüsse dürfen gleichzeitig im *Pfadausdruck* sein
- **path** N:(1:(insert); 1:(remove)) **end**
  - z.B. Synchronisation eines N-elementigen Puffers
    - gegenseitiger Ausschluss während *insert* und *remove*
    - vor jedem *remove* muss mindestens ein *insert* erfolgt sein
    - nie mehr als N abgeschlossene *insert*-Operationen

Pfadausdrücke – Implementierung (1)

- Transformation in Zustandsautomaten
  - Zustandsänderung bei Ein-/Austritt in die/aus der Operation
- Beispiel:

für jedes '*X*:(..)' und ';' wird ein Zähler eingeführt.




```
int c1=0;
int c2=0;
int c3=0;
int
seq1=0;
```

```
bool mayInsert () {
  return c1<N && c2<1;
}

void startInsert () {
  c1++; c2++;
}

void endInsert () {
  c2--; seq1++;
}
```

```
bool mayRemove () {
  return c1<N && seq1>0 && c3<1;
}

void startRemove () {
  c3++; seq1--;
}

void endRemove () {
  c3--; c1--;
}
```

Pfadausdrücke – Implementierung (2)

- Transformation der Operationen

für jede Operation wird ein Semaphor und ein Zähler eingeführt.

N:(1:(*insert*) ; 1:(*remove*))

sem1/csem1 sem2/csem2

```
Semaphore mutex(1);
int csem1=0;
Semaphore sem1(0);
int csem2=0;
Semaphore sem2(0);
```

```
void Insert() {
  mutex.p();
  if (!mayInsert()) {
    csem1++;
    mutex.v();
    sem1.wait();
  }
  startInsert();
  mutex.v();
  // original insert-Code
  mutex.p();
  endInsert();
  if (!wakeup())
    mutex.v();
}
```

```
bool wakeup() {
  if (csem1>0 &&
    mayInsert()) {
    csem1--;
    sem1.v();
    return true;
  }
  if (csem2>0 &&
    mayRemove()) {
    csem2--;
    sem2.v();
    return true;
  }
  return false;
}
```

Pfadausdrücke – Diskussion

- Vorteile
  - komplexere Interaktionsmuster als mit Monitoren möglich
    - read + 1: write
  - Einhaltung der Interaktionsprotokolle wird erzwungen
    - weniger Fehler!
- Nachteile
  - Synchronisationsverhalten kann nicht von Zustandsvariablen oder Parametern abhängen
    - Erweiterung: Pfadausdrücke mit Prädikaten
  - Synchronisation des Zustandsautomaten kann Flaschenhals werden
  - keine Unterstützung für Pfadausdrücke in gebräuchlichen Programmiersprachen

Agenda

Einordnung
IPC über Speicher
IPC über Nachrichten
Basisabstraktionen
Trennung der Belange mit AOP
Zusammenfassung

IPC über Nachrichten

- Anwendungsfälle/Voraussetzungen
  - IPC über Rechnergrenzen
  - Interaktion isolierter Prozesse
- positive Eigenschaften:
  - einheitliches Paradigma für IPC mit lokalen und entfernten Prozessen
  - ggf. Pufferung und Synchronisation
  - Indirektion erlaubt transparente Protokollerweiterungen
    - Verschlüsselung, Fehlerkorrektur, ...
  - Hochsprachenmechanismen wie OO-Nachrichten oder Prozeduraufrufe lassen sich gut auf IPC über Nachrichten abbilden (RPC, RMI)

Nachrichtenbasierte Kommunikation

- Bekannt (aus SOS):
  Variationen von `send()` und `receive()`
  - synchron/asynchron (blockierend/nicht blockierend)
  - gepuffert/ungepuffert
  - direkt/indirekt
  - feste Nachrichtengröße/variable Größe
  - symmetrische/asymmetrische Kommunikation
  - mit/ohne *Timeout*
  - *Broadcast/Multicast*