
Vorlesung „Methoden des Software Engineering“

Block B „Software Architektur“

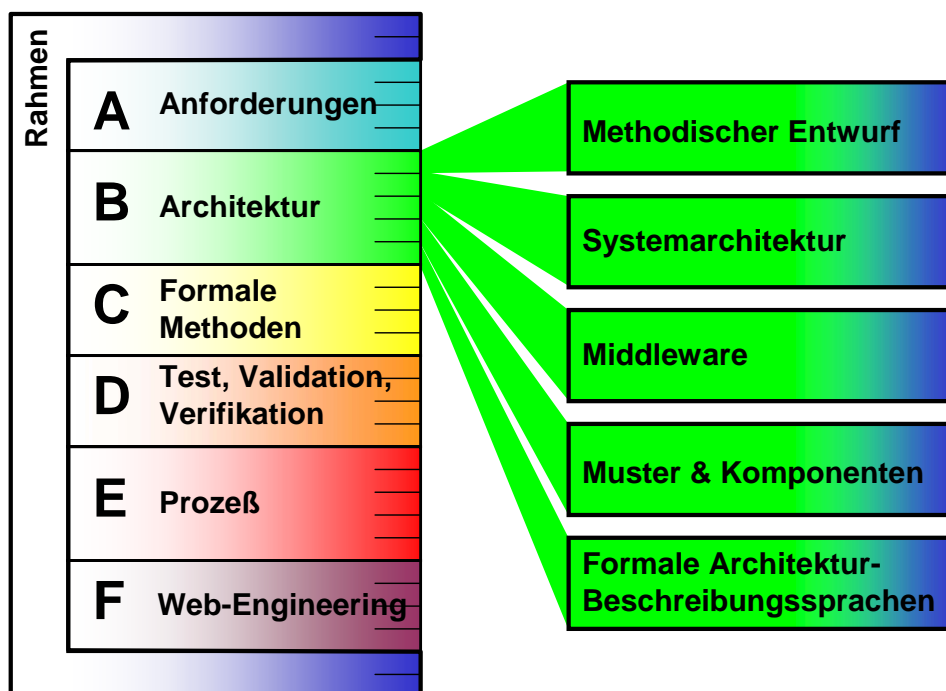
Architekturbeschreibungssprachen

Martin Wirsing

Einheit B.5, 25.11.2004

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Gliederung Block B



Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Kernpunkte heute

- **Eine Architecture Description Language ist eine formale Sprache zur Beschreibung von Software-Strukturen.**
- **Solche Modelle können mit formalen Methoden untersucht werden.**
 - Solche Methoden stehen heute vor der Praxisreife. Das Thema wurde und wird am Lehrstuhl PST intensiv bearbeitet.
 - In den kommenden beiden Blöcken der Vorlesung werden Sie die dazu nötigen formalen Methoden kennen lernen.
- **Es gibt auch wissenschaftliche Ansätze, Architektur-Modelle zu untersuchen.**
- **Wir suchen ständig Studenten, die in diesem Bereich mitarbeiten wollen.**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Themen heute

- **ADL-Einführung**
 - Definition
 - Historischer Überblick
 - Konzepte
- **Wright**
- **Java/A**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Architecture Description Languages (ADLs)

Architektur-Beschreibungssprachen

- Eine Architektur-Beschreibungssprache (Architecture Description Language, ADL)
 - beschreibt die Struktur eines Systems auf einer hohen Abstraktionsebene
 - um sie zu mit formalen Methoden quantitativ oder qualitativ zu untersuchen,
 - sowie zu simulieren oder Code zu erzeugen,
 - und so Aussagen über ein existierendes, oder Vorhersagen über zu bauende Systeme zu liefern.
 - Dabei werden insbesondere die Bausteine/Subsysteme, ihr Verbindungen und ihr Verhalten betrachtet.
- Diese Forschungsrichtung kam Mitte der 80´er Jahre im akademischen Milieu auf, lange bevor der Begriff in der allgemeinen Diskussion verbreitet war.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Wiederholung: Was ist Software-Architektur?

*„Architecture is defined [...] as the **fundamental organization of a system**, embodied in its components, their relationships to each other and the environment, and the **principles governing its design and evolution**.“*

(IEEE Architecture Working Group, P1471)

- Darin werden drei Aspekte besonders betont:
 - abstrakte Systemstrukturen und -elemente, und
 - Entwicklungsprinzipien bzw. Systemzweck („Rationale“).
- Nicht betrachtet werden hingegen
 - Einbettung in den Kontext und die vorhandene Infrastruktur, und
 - die Betroffenen („Stakeholder“), insbesondere der Architekt.
- Diese Definition ist offenbar sehr stark von der Sichtweise von Software-Architektur beeinflusst, die aus dem akademischen Umfeld stammt.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

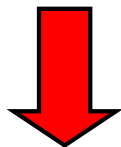
Beispiele für Architekturbeschreibungssprachen

ADL	Ursprung	Urhebersemantischer Formalismus	
SARA	1986	Estrin et al.	Petrinetze
Wright	1997	Allen	CSP
Rapide	1995	Luckham	PoSets
Darwin	1996	Kramer, Magee CCS/ π -Kalkül & C/Java	
ROOM	1995	Selic	C-Code
UML-artig	1999	div.	Petrinetze, Maude, ...
Java/A	2002	Hacklinger	Java-Code

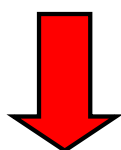
Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

ADL-Ansatz

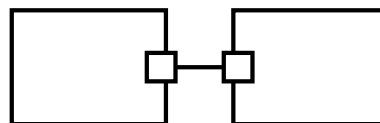
konkrete Syntax



abstrakte Syntax
Begriffe/Konzepte
Metamodell



Semantik



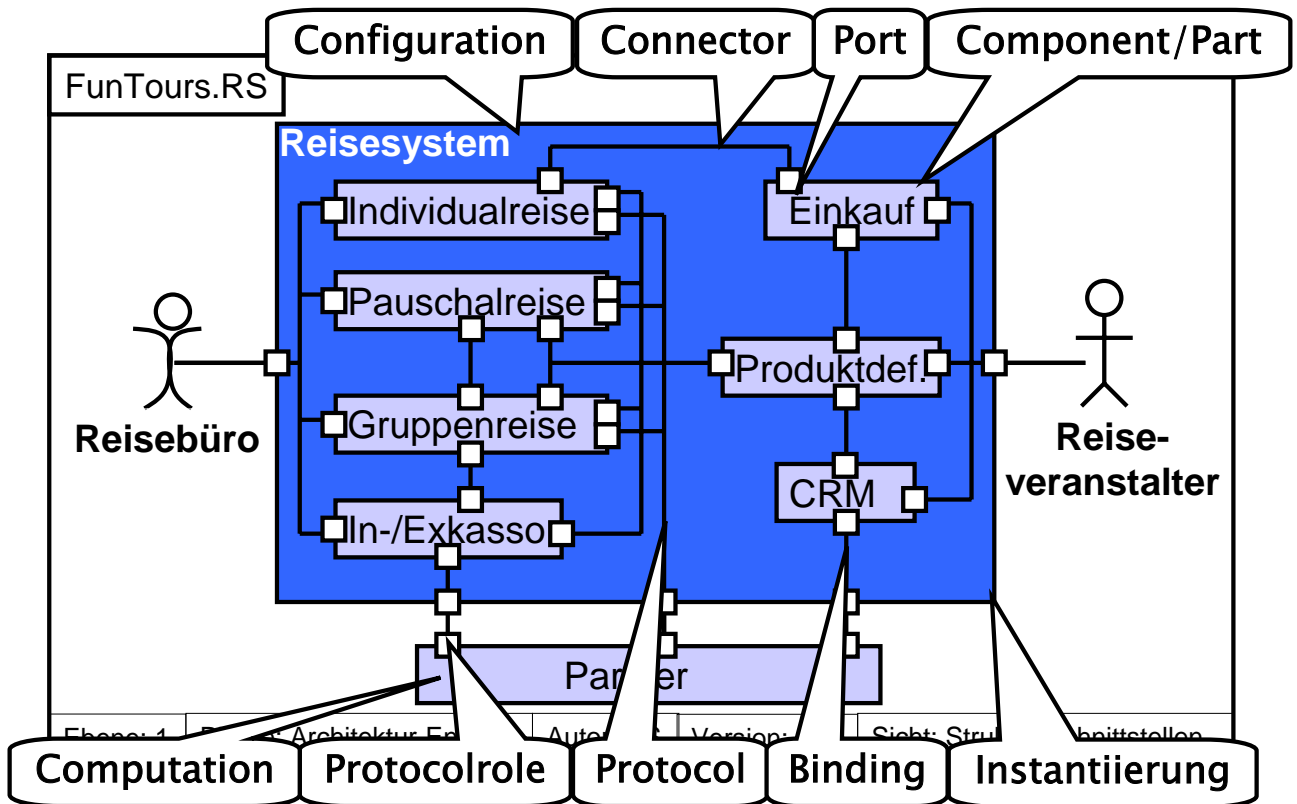
- + Klassendiagramme
- + Interaktionsdiagramme
- + Zustandsautomaten
- + Aktivitätsdiagramme
- + ...

Traditionell unterschiedliche in jeder ADL Ansätze zur Vereinheitlichung (ACME, ...)

neuerdings auch: UML2

Nahezu alle Formalismen sind verwendet worden, solange sie Verhalten und Nebenläufigkeit ausdrücken können (PN, CSP, CCS/ACP, Logiken, ...)

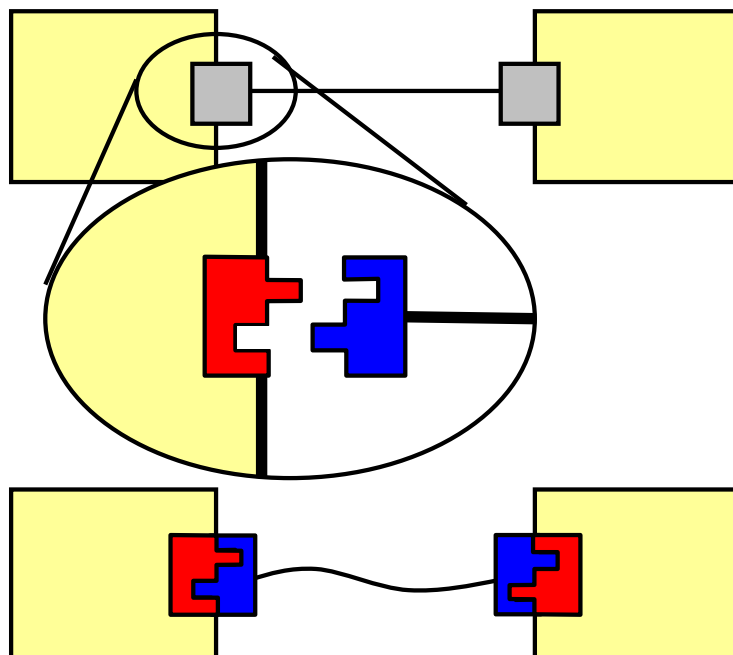
ADL-Konzepte (Überblick)



Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

ADL-Konzepte: Protokollrolle

Damit Konnektoren nur zueinander passende Ports verbinden, müssen ihre Enden „getypt“ sein.



Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

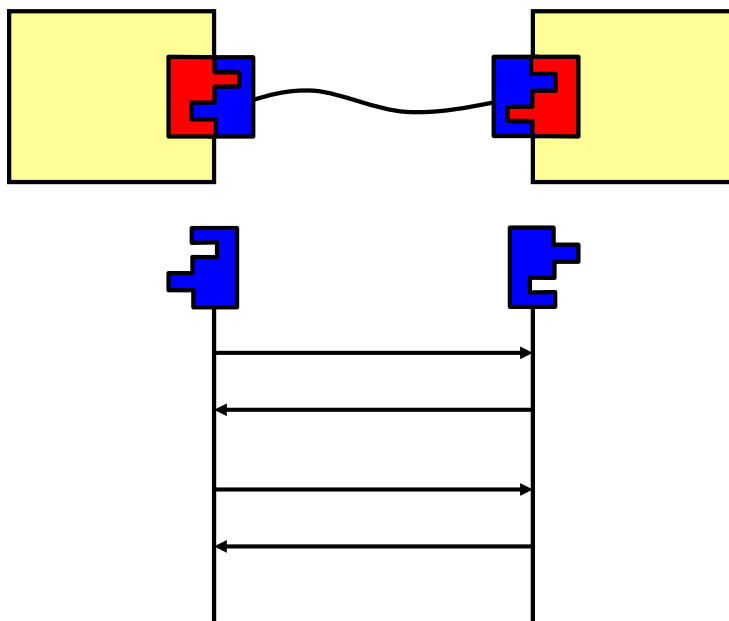
ADL-Konzepte: Protokollrolle

- Der „Typ“ eines Ports oder eines Konnektor-Endes heißt Protokollrolle.
- Protokollrollen werden beschrieben durch je
 - eine Menge eingehender Signale,
 - eine Menge ausgehender Signale, und
 - ein Verhalten bezüglich dieser Signale.
- Diese Elemente können z.B. durch zwei Interfaces und einen Zustandsautomaten spezifiziert werden.
- Das Zusammenspiel verschiedener Protokollrollen heißt Protokoll.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

ADL-Konzepte: Protokoll

Ein Konnektor verbindet Rollen.
Wie beschreibe ich die Interaktion der Rollen?



Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

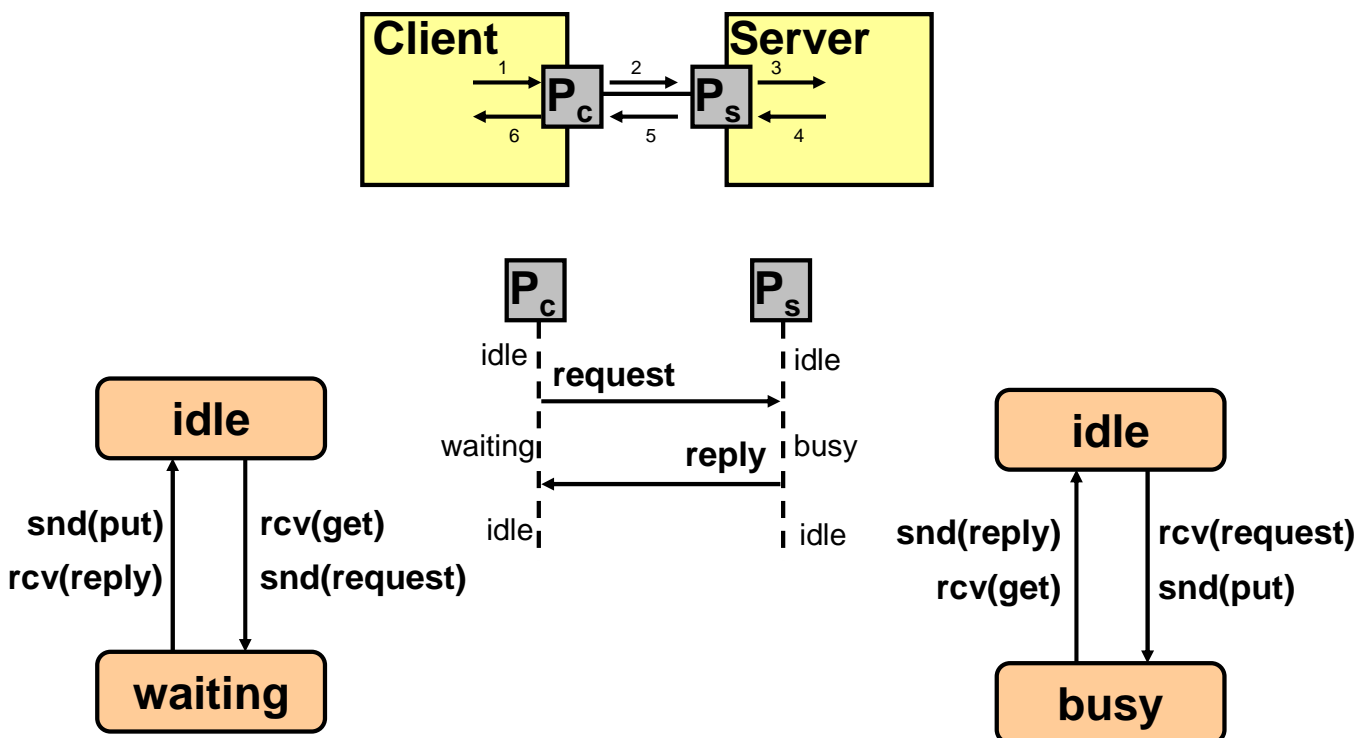
Themen heute

- ADL-Einführung
 - Definition
 - Historischer Überblick
 - Konzepte

• Wright

- Java/A

Laufendes Beispiel



Wright

- Architekturbeschreibungssprache
- Entworfen von Robert Allen, CMU 1997
- Dient zur Beschreibung von Architekturkonfigurationen und Architekturstilen
- Beschreibt eine Architekturkonfiguration
 - als eine Menge von Komponenten und Konnektoren,
 - deren Verhalten formal in CSP spezifiziert wird.
- Bemerkung: CSP (Communicating Sequential Processes) ist eine Sprache zur Beschreibung des Verhaltens und der Interaktionen nebenläufiger Systeme, eingeführt 1985 von Tony Hoare.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Wright-Komponenten

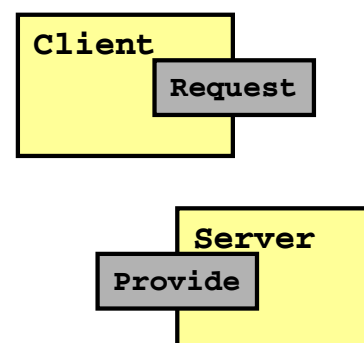
Eine Komponente

- beschreibt (den Typ) einer lokalen unabhängigen Berechnung
- Ist gegeben durch
 - eine **Schnittstelle**, die aus einer Menge von Ports besteht, und
 - eine **Berechnung**, die das Verhalten der Komponente beschreibt

Beispiel:

```
component Client
  port request = [ request protocol ]
  computation = [ some computation ]
```

```
component Server
  port provide = [ provide protocol ]
  computation = [ some computation ]
```



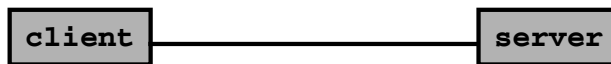
Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Wright-Konnektoren

• Ein Konnektor

- beschreibt (den Typ) einer Interaktion zwischen einer Menge von Komponenten
- Ist gegeben durch
 - eine Menge von Rollen (sogenannte Protokollrollen) und
 - ein Protokoll (engl. "glue"), das das Verhalten der Interaktion festlegt.

• Beispiel:



Beschreibt das von client erwartete Verhalten

connector C-S-connector

```

role client = [ client protocol ]
role server = [ server protocol ]
glue       = [ glue protocol ]
  
```

Laufendes Beispiel

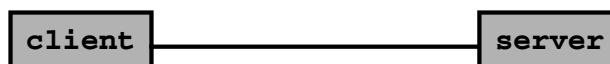


```

component Client =
  port request = [ request protocol ]
  computation = [ some computation ]
  
```

```

component Server =
  port provide = [ provide protocol ]
  computation = [ some computation ]
  
```



```

connector C-S-connector =
  role client = [ client protocol ]
  role server = [ server protocol ]
  glue       = [ glue protocol ]
  
```

Wright-Konfigurationen

- Eine Konfiguration beschreibt eine Systemarchitektur
- Eine Konfiguration besteht aus
 - einer Menge von Komponenteninstanzen
 - verbunden durch Konnektoren, wobei
 - der Zugriff auf Port/Rolle durch die übliche "Dot"-Notation
 - die Bindung zwischen Port und Konnektorrolle als Umbenennung beschrieben wird.

• Beispiel

Instanzen (instances)

s: Server
c: Client
cs: C-S-connector

Verbindungen (attachments)

s.provide as **cs.server**
c.request as **cs.client**

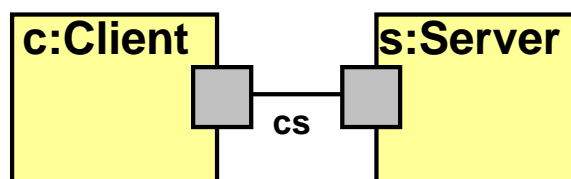
Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Laufendes Beispiel

Instanzen von Komponenten und Konnektoren:



Konfiguration:



s.provide as **cs.server**
c.request as **cs.client**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Wright-Beispiel

Modell

Configuration CSExample

```

component Server
    port provide = [ provide protocol ]
    computation = [ some computation ]
component Client
    port request = [ request protocol ]
    computation = [ some computation ]
connector C-S-connector
    role client = [ client protocol ]
    role server = [ server protocol ]
    glue = [ glue protocol ]
  
```

Instances (Instanzen)

```

s: Server
c: Client
cs: C-S-connector
  
```

Attachments (Bindungen)

```

s.provide as cs.server
c.request as cs.client
  
```

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

CSP – Verhaltensbeschreibung

- Ein **CSP-Programm** besteht aus einer Menge von Prozessdeklarationen und einem Prozess.
- Ein **Prozess** wird beschrieben durch (Empfangs- und Sende-) **Aktionen** und Operationen zur Komposition von Prozessen.
- Ein **Ereignis** bezeichnet das individuelle Auftreten einer Aktion.
- Ein **Prozess** besteht **semantisch** aus einer Menge von möglichen Spuren (engl. Trace), wobei
 - eine **Spur** gegeben ist durch eine endliche Folge $a_1 \dots a_n$ von Ereignissen.

Außerdem betrachtet man noch die **Fehlerspuren** (engl. failure trace), d.h. eine Spur $a_1 \dots a_m$ und einer Menge von (Fehler-) Ereignissen $\{b_1, \dots, b_k\}$, die nach Ausführung von $a_1 \dots a_m$ abgewiesen werden können.

(Hier beschränken wir uns meist der Einfachheit halber auf Spuren.)

CSP – Verhaltensbeschreibung

- **Aktionen und Ereignisse**
 - **Empfangsaktion** wird beschrieben durch
 - e bzw. $e?$ für Aktionen ohne Datenübertragung oder
 - $e?x$ (d.h. Name, Fragezeichen, Variable) für Aktionen mit Datenübertragung
 - **Sendeaktion** wird beschrieben durch
 - \overline{e} bzw. $e!$ für Aktionen ohne Datenübertragung oder
 - $e!x$ (d.h. Name, Fragezeichen, zu sendender Ausdruck) für Aktionen mit Datenübertragung
 - Die Aktion \surd bezeichnet erfolgreiche Terminierung.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

CSP – Verhaltensbeschreibung

- **Prozesse**

- STOP Prozess, der nichts tut;
- $e \rightarrow P$ Prozess, der zuerst die Aktion e ausführt und sich dann wie P verhält;
- \surd ($= \surd \rightarrow STOP$) Prozess, der sofort erfolgreich terminiert;
- $P;Q$ Prozess, der sich wie P verhält, bis P erfolgreich terminiert, und sich dann wie Q verhält;

Beispiel: $(e \rightarrow f \rightarrow \surd); (g \rightarrow \surd) = (e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow \surd)$

– $\langle \text{Name} \rangle = \langle \text{Prozessausdruck} \rangle$ **Prozessdeklaration;**

Beispiel:

- $P = e \rightarrow P$ Prozess, der e unendlich oft ausführt;
- P **where** P_1, P_2, \dots Prozess mit Hilfsdeklarationen (Häufige Form eines CSP-Programms);

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

CSP – Verhaltensbeschreibung

• Auswahl

- $P \parallel Q$ **externe Auswahl**; d.h.
die Umgebung entscheidet, ob P oder Q ausgewählt wird.

Beispiel: $e \rightarrow P \parallel f \rightarrow Q$

Prozess, der sich verhält wie P, wenn e (zuerst) empfangen wird, und wie Q, wenn f (zuerst) empfangen wird;

Dieser Prozess kann weder e noch f abweisen.

- $P \sqcap Q$ **interne Auswahl**, d.h.
der Prozess entscheidet selbst, ob P oder Q ausgeführt wird.

Beispiel: $e!x \rightarrow P1 \sqcap f!y \rightarrow Q1$

Prozess, der

entweder x über e sendet und sich dann verhält wie P1,

oder y über f sendet und sich dann verhält wie Q1.

Dieser Prozess kann sowohl e!x (wenn er sich für die Ausführung von P1 entscheidet) als auch f!y abweisen.

Wright – Verhaltensbeschreibung

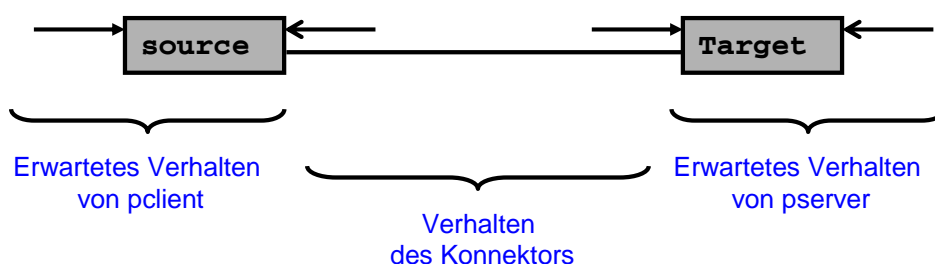
Simple Pipe

connector pipe =

role source = (in!x --> source) \sqcap §

role target = (out?x --> target) \sqcap §

glue = (source.in?x --> target.out!x --> **glue**) \sqcap §



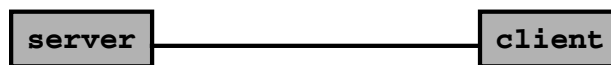
Laufendes Beispiel



```

component Client
  port request = (requ!v --> result?w --> request)  $\Pi$  §
  computation = (request.requ!v --> request.result?w --> computation)  $\Pi$  §

component Server
  port provide = (invoke?v --> return!w --> provide) [] §
  computation = (provide.invoke?v --> provide.return!w --> computation) [] §
    
```



```

connector C-S-connector
  role client = (requ!x --> result?y --> client)  $\Pi$  §
  role server = (invoke?v --> return!w --> server) [] §
  glue = (client.requ?x --> server.invoke!x -->
           server.return?y --> client.result!y --> glue) [] §
    
```

CSP – Verhaltensbeschreibung

- **Alphabet von P** Menge der Namen von Aktionen in P
Beispiel: $a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow \S$ Alphabet: {a1, a2}
 $b \rightarrow c \rightarrow \S$ Alphabet: {b, c}

- **P || Q** Parallele Komposition

P und Q werden parallel ausgeführt, wobei gleiche Aktionen koordiniert werden.

In jedem Ablauf von P||Q können Aktionen von P und Q vorkommen. Beschränkt man einen Ablauf von P||Q auf das Alphabet von P, so ergibt dies einen (möglicherweise unvollständigen) Ablauf von P, und analog für Q.

Beispiel:

- $(a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow \S) || (b \rightarrow \S)$
 Abläufe: a1 a2 b, b a1 a2, a1 b a2
- $(a \rightarrow b \rightarrow \S) || (b \rightarrow c \rightarrow \S)$
 Einziger Ablauf: a b c (da b synchronisiert wird)

CSP – Verhaltensbeschreibung

- Alphabet von P** Menge der Namen von Aktionen in P
Beispiel:

$A = (a \text{ --> } A) \Pi \S$	Alphabet: {a}
$B = (c \text{ --> } b \text{ --> } B) \Pi \S$	Alphabet: {b, c}
$C = (a \text{ --> } c \text{ --> } C) \Pi \S$	Alphabet: {a, c}

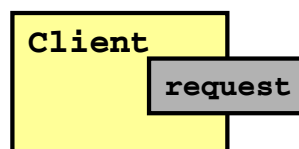
- Mögliche Abläufe:**
 - von A
 - von B
 - von C
 - von A||B||C

Verhalten einer Wright-Konfiguration

Das Verhalten einer konsistenten Komponente ist gegeben durch die Instantiierung ihrer "Computation".

Beispiel: Client

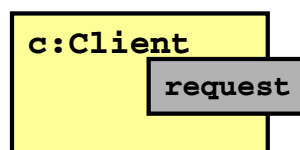
Komponente:



component Client

```
port request = requ!v --> result?w --> request Π §
computation = request.requ!v --> request.result?w --> computation Π §
```

Instanz:



Verhalten

```
c = c.request.requ!v --> c.request.result?w --> c Π §
```

Verhalten einer Wright-Konfiguration

- Das Verhalten einer konsistenten Konfiguration ist gegeben durch die
 - parallele Komposition des Verhaltens aller Komponenten und Konnektoren,
 - nachdem alle Umbenennungen durchgeführt wurden.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Beispiel: Verhalten der Client-Server Konfiguration

Konfiguration:



```

comp = (request.requ!v -->
  request.result?w --> comp) [] §
                                comp = (provide.invoke?v -->
  provide.return!w --> computation) [] §

glue = (client.requ?x --> server.invoke!x -->
  server.return?y --> client.result!y --> glue) [] §

```

Verhalten:

```

c || s || cs where
c = (c.request.requ!v --> c.request.result?w --> c) [] §
s = (s.provide.invoke?v --> s.provide.return!w --> s) [] §
cs = (c.request.requ?x --> s.provide.invoke!x -->
  s.provide.return?y --> c.request.result!y --> cs) [] §

```

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Verfeinerung von Prozessen

- Verfeinerung bei Prozessen bedeutet Einschränkung von internem Nichtdeterminismus, d.h. insbesondere weniger Spuren und weniger Fehlerspuren.
- Ein Prozess Q ist **Spur-Verfeinerung** von P , wenn
 - P und Q das gleiche Alphabet besitzen und
 - Jede Spur von Q eine Spur von P ist.
- In CSP ist ein Prozess Q **Fehlerspur-Verfeinerung** von P , wenn
 - P und Q das gleiche Alphabet besitzen und
 - Jede Fehlerspur von Q eine Fehlerspur von P ist.
 - Und P divergiert, wenn Q divergiert.

Beispiel

$(e! \rightarrow \S)$ ist Spur- und Fehlerspur-Verfeinerung von $(e! \rightarrow \S) \Pi (f! \rightarrow \S)$

Aber

$(e? \rightarrow \S)$ ist Spur-Verfeinerung aber NICHT Fehlerspur-Verfeinerung von

$(e? \rightarrow \S) \square (f? \rightarrow \S)$

da $(e? \rightarrow \S)$ das Ereignis $f?$ abweist, was $(e? \rightarrow \S) \square (f? \rightarrow \S)$ NICHT kann.

Bemerkung: Jede Fehlerspurverfeinerung ist auch Spurverfeinerung.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Konsistenz einer Wright-Komponente

- Eine Komponente ist **konsistent bzgl. eines Ports**, wenn die Port-Spezifikation eine Projektion des Verhaltens der Komponente ist.
- Ein Prozess P ist **Projektion** von C , falls C , beschränkt auf das Alphabet von P , eine Fehlerspur-Verfeinerung von P ist.

Beispiel:

(1) `Client` und `Server` sind trivialerweise konsistent.

(2) **Component** `Double`

Port `in` = $(\text{read?}x \rightarrow \text{in}) \square (\text{close?} \rightarrow \S)$

Port `out` = $(\text{write!}x \rightarrow \text{out}) \Pi (\text{close!} \rightarrow \S)$

Computation = $(\text{in.read?}x \rightarrow \text{out.write!}(2*x) \rightarrow \text{Computation})$

$\square (\text{in.close?} \rightarrow \text{out.close!} \rightarrow \S)$

Die Komponente `Double` ist konsistent:

- `in` ist Projektion von **Computation**
(nach Verbergen von `write!x`, `close!`)
- `out` ist Projektion von **Computation**
(nach Verbergen von `read?x`, `close?` ist die Auswahl zwischen `write!x` und `close!` intern)

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Konsistenz eines Wright-Konnektors

- Ein Konnektor ist **konsistent**, wenn die parallele Komposition seines Verhaltens C (Computation) mit den Prozessen P_i seiner Rollen R_i ($i = 1, \dots, n$) verklemmungsfrei ist, d.h. wenn $C \parallel P_1 \parallel \dots \parallel P_n$ verklemmungsfrei ist.
- Ein Prozess P ist verklemmungsfrei, wenn an keiner Stelle seiner Spuren alle Ereignisse verweigert werden können (außer nach der Terminierung).
- **Beispiel für Verklemmung:** Server verlangt Initialisierung, Client nicht

Connector Faulty

Role client = (request! --> result? --> client) Π §

Role server = (init? --> request? --> result! --> server) [] §

Glue =(client.init? --> server.init! --> **Glue**)

 [] (client.request? --> server.request! --> **Glue**)

 [] (server.result? --> client.result! --> **Glue**) [] §

Nach request! client.request? server.request! warten

client, server und **Glue** auf Eingabe: Verklemmung!

- **Beispiel:** C-S-Connector ist konsistent.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Konsistenz einer Wright-Konfiguration

- Eine Konfiguration ist konsistent, wenn
 - alle Komponenten und Konnektoren konsistent sind,
 - alle Rollen von Konnektoren kompatibel mit den zugehörigen Ports sind, d.h. vereinfacht, wenn jeder Port seine zugehörige Rolle (bzgl. Fehlerspuren) verfeinert,
 - alle Konnektoren und Komponenten korrekt instantiiert sind.
- **Beispiel:** Die Client-Server Konfiguration ist konsistent.
- **Beispiel (Kompatibilität zwischen Rolle und Port)**

Role Gen = (write!x --> Gen) Π (close! --> §)

- wird verfeinert von

Port Out = write!1 --> write!2 --> write!17 --> close! --> §

- wird NICHT verfeinert von

Port BadOut = (write!x --> BadOut) Π §

da die Spuren von BadOut das Ereignis close! nicht enthalten.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Themen heute

- **ADL-Einführung**
 - Definition
 - Historischer Überblick
 - Konzepte
- **Wright**
- **Java/A**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – „echte“ Komponenten in Java

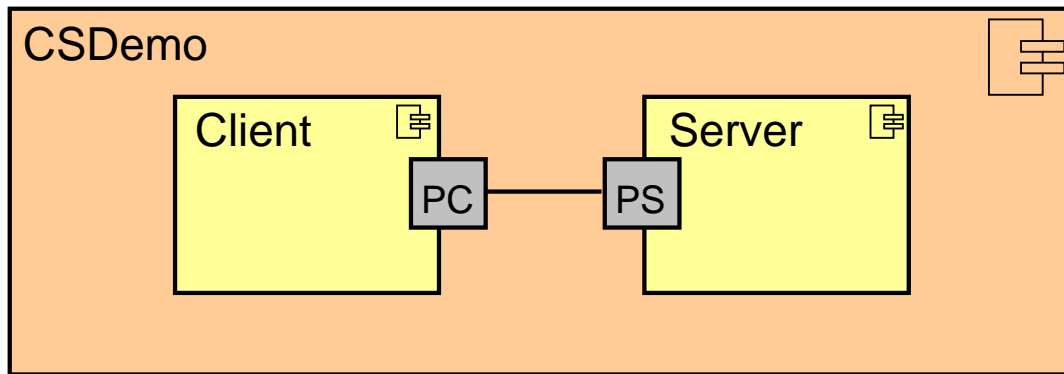
- **Programmiersprache auf Java basierend (Entwicklung an der LFE PST seit 2002)**
- **mit Compiler, Framework und IDE**
- **enthält Konstrukte zur Darstellung von**
 - Komponenten mit Ports
 - Konfigurationen
- **Ports beschreiben**
 - angebotene und benötigte Schnittstellen
 - ein Protokoll
- **Komponenten sind streng gekapselt und hierarchisch komponierbar**

Ziel: Komponenten

- **einfach zu implementieren**
- **wiederverwendbar**
- **austauschbar**
- **wartbar / änderbar**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – das laufende Beispiel



- **Komponenten:**
 - einfach: Client, Server
 - hierarchisch: CSDemo
- **Ports: PC und PS**
- **Konnektor zwischen PC und PS**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – Protokolle (I)

- **Port besteht aus**
 - benötigten und angebotenen Schnittstellen (in Form von Methodendeklarationen)
 - einem Protokoll
 - mit UML-Zustandsmaschinen spezifiziert
 - im Java/A-Quellcode dargestellt durch UTE (UML Text)
- **Protokoll eines Ports beschreibt eine Ordnung von Nachrichten, die ein Port empfängt bzw. sendet.**
- **Verbindung zweier Ports induziert Interaktion zwischen den Zustandsmaschinen:**
 - gibt es Deadlocks?
 - sind spezifische Abläufe möglich?
- **Verbindungen zweier Ports werden verifiziert durch den Modelcheckers HUGO (Integration im Compiler und der IDE)**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – Protokolle (II)



In diesem Beispiel ist offensichtlich kein Deadlock: Client sendet *request* wartet auf *reply*, der Server wartet auf *request* und sendet danach *reply*.

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – Protokolle (III): UTE

UTE (UML Text) ist eine textuelle Darstellung von UML Zustandsmaschinen.

Das Protokoll des Ports Client.PC:

```

behaviour {
    states {
        initial Initial;
        simple idle;
        simple waiting;
    }
    transitions {
        Initial -> idle;
        idle -> waiting { effect ^request(); }
        waiting -> idle { trigger reply; }
    }
}
  
```

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – Codebeispiel: *Client*

```
import java.io.*;
simple component Client {
    port PC {
        provided { void reply(); }
        required { void request(); }
        protocol <! ... !>
    }
    void reply() implements PC.reply() {
        System.out.println("Received reply.");
    }
    void start() {
        BufferedReader br = new BufferedReader(new
        InputStreamReader(System.in));
        try {
            while (!br.readLine().equals("quit")) {
                PC.request();
            }
            ...

```

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Java/A – Codebeispiel *CSDemo*

```
composite component CSDemo {
    configuration {
        component Client c = new Client();
        component Server s = new Server();
        // provided by the Java/A-framework:
        connector Connector cn = new Connector();
        cn.connect(s.PS, c.PC);
    }

    void start() {
        c.start(); // Start the computation of the client
    }
}

```

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Zusammenfassung

- **Vergleich der Ansätze**
 - Wright
 - Abstrakte, formale Beschreibungssprache unterstützt durch Simulation und formale Analyse
 - Defizite bei Codegenerierung
 - Statische Architektur
 - Java/A
 - Programmiersprache integriert mit UML und formaler Analyse
 - zur Zeit noch einfache Konnektoren
 - erste Ansätze zu dynamischen Architekturen und Rekonfiguration
- **Ziel: Modellierung, automatische Analyse, Codegenerierung für Software-Architekturen und dynamische Rekonfiguration**
(hier sind Fortgeschrittenenpraktika und Diplomarbeiten zu vergeben)

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Literatur für B.5

- **C.A.R. Hoare: Communicating Sequential Processes. Prentice Hall International Series in Computer Science, 1985.**
- **G. Estrin, R.S. Fenchel, R. R. Razouk, M. K. Vernon: SARA: Modeling, Analysis, and Simulation Support for Design of Concurrent Systems. IEEE Txn SE, Vol se-12, No 2, Feb. 1986, pp. 293-311**
- **R.J. Allen: A Formal Approach to Software Architecture. CMU-CS-97-144 (-> Wright)**
- **C. Hofmeister, R. Nord, D. Soni: Applied Software Architecture. Addison-Wesley, 2000**
- **H. Störrle: Models of Software Architecture. Book-on-demand, 2001**
- **F. Hacklinger: Java/A – Taking Components into Java. IASSE 2004: 163-168**

Methoden des Software Engineering (c) 2004, Koch, Störrle, Wirsing, LMU München

Ausblick auf Block C: Formale Methoden

