CHRISTIAN HUEMER
MARION SCHOLZ

Objektorientierte Modellierung mit UML
TEIL II - Sequenzdiagramm

Sequenzdiagramm

Die Interaktionsdiagramme

Christian Huemer und Marion Scholz

Interaktionen und Nachrichten

- Interaktion
  - Zusammenspiel mehrerer Kommunikationspartner*innen
  - Nachrichten- und Datenaustausch

- Interaktionen durch
  - Signale
  - Operationsaufrufe
    - Aufruf einer Operation einer Klasse
    - Antwort: Ergebnis der aufgerufenen Operation

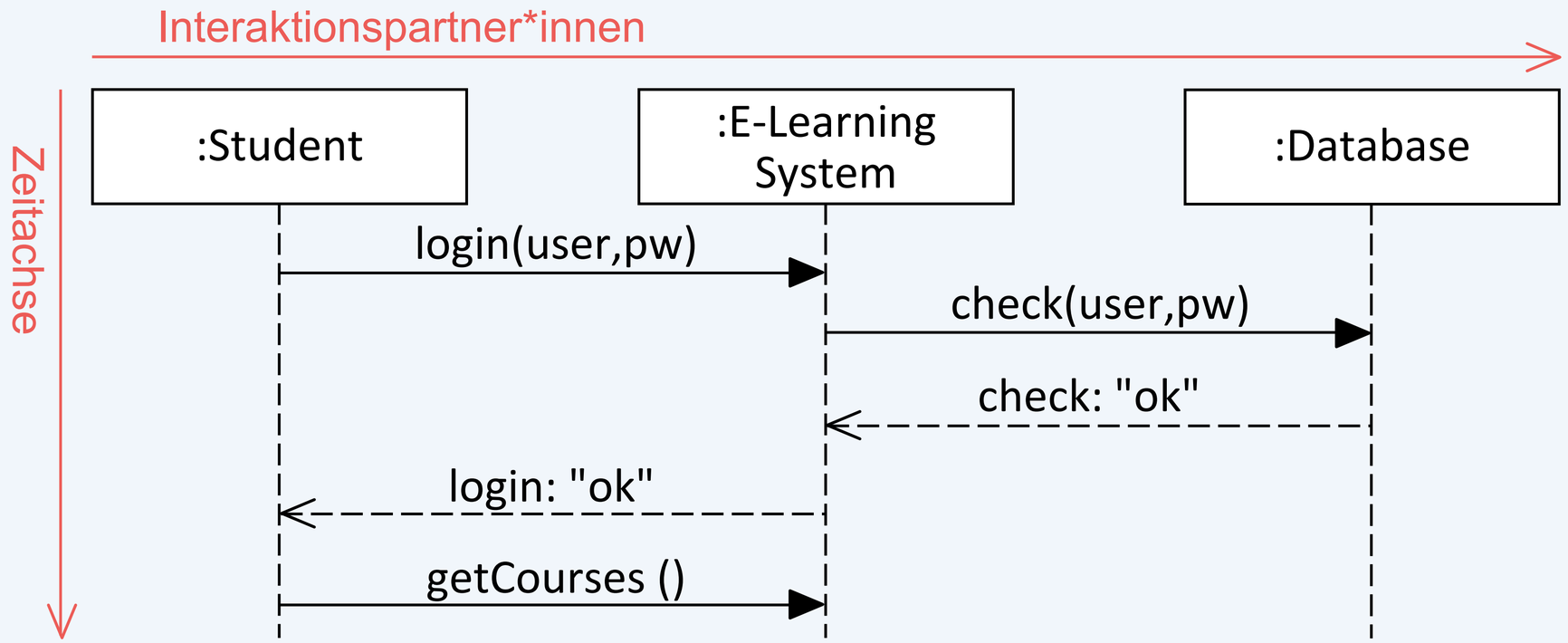
- Steuerung der Interaktionen durch
  - Bedingungen
  - Zeitereignisse

Interaktionsdiagramme

- Zeigen, wie Nachrichten zwischen verschiedenen Kommunikationspartner*innen in einem bestimmten Kontext ausgetauscht werden
- Beschreibung von Kommunikationssituationen durch:
  - Kommunikationspartner*innen + deren Lebenslinien
  - Interaktionen
  - Nachrichten
  - Mittel zur Flusskontrolle
- Vier Typen von Interaktionsdiagrammen
  - Alle vier basieren auf ähnlichen Konzepten
  - Unterschiedliche Anforderungen und Betonung unterschiedlicher Aspekte
  - Für einfache Interaktionen semantisch äquivalent, aber unterschiedlicher Fokus

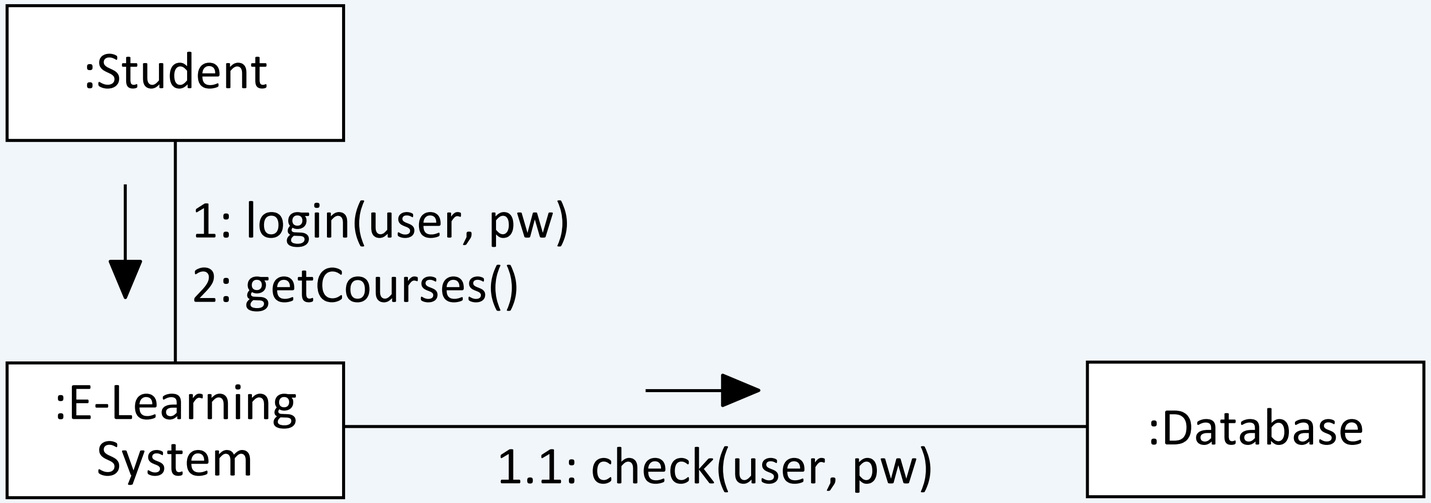
Interaktionsdiagramme – Arten (1/4)

- **Sequenzdiagramm** zeigt den zeitlichen und logischen Nachrichtenfluss
  - Zeit ist eigene Dimension



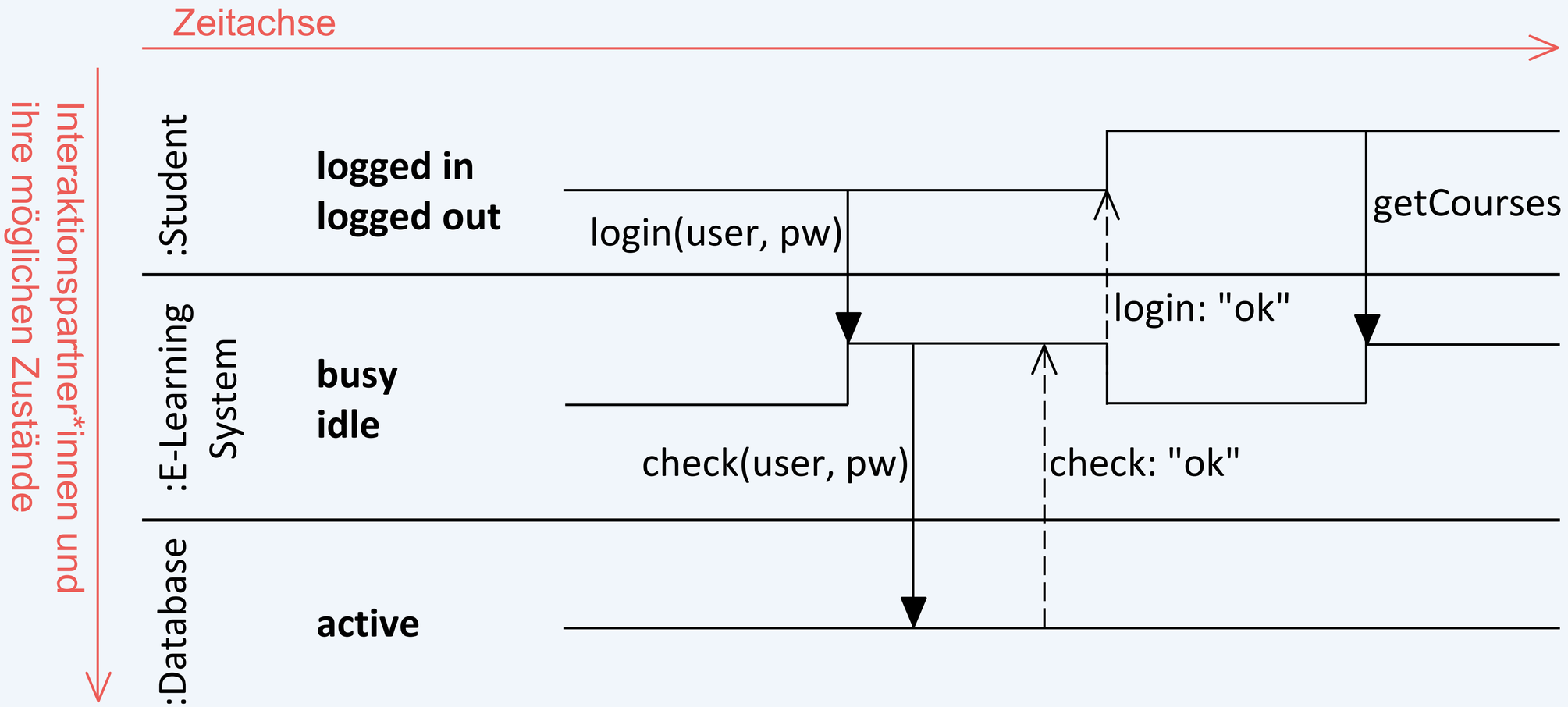
Interaktionsdiagramme – Arten (2/4)

- **Kommunikationsdiagramm** ist »strukturell« orientiert
  - Zeigt die Beziehungen zwischen Interaktionspartner*innen
  - Fokus: Wer kommuniziert mit wem
  - Zeit ist keine eigene Dimension
  - Reihenfolge von Nachrichten nur über Dezimalklassifikation ausgedrückt



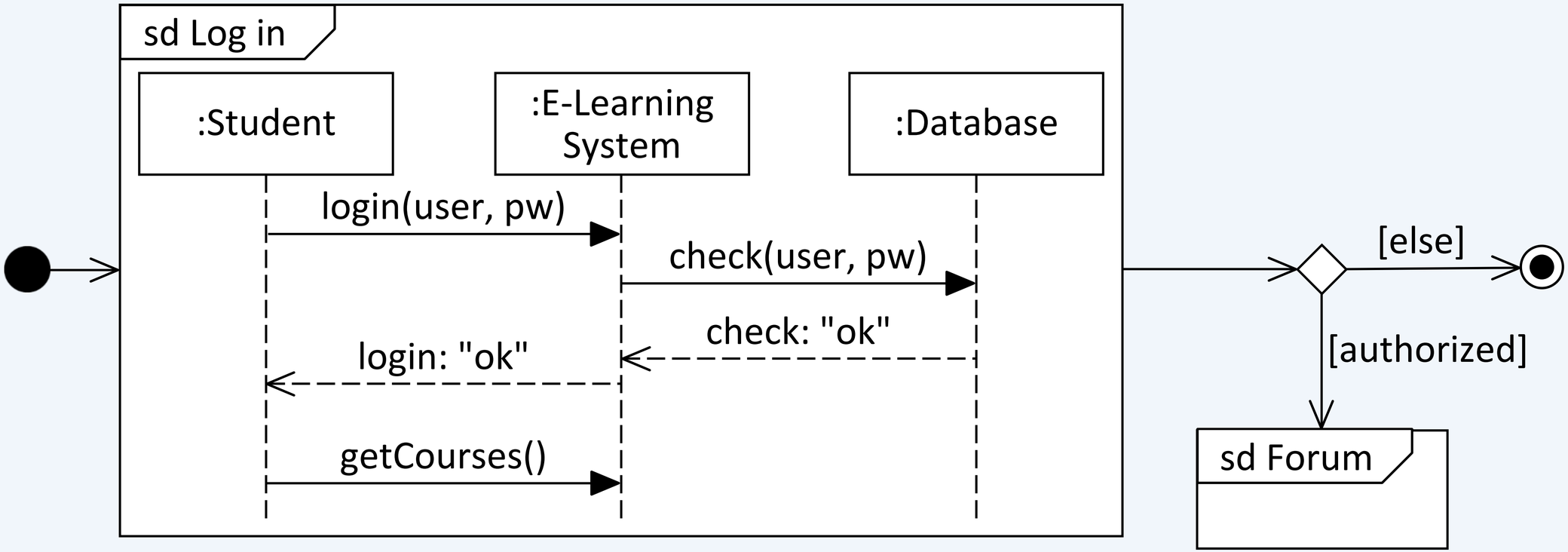
Interaktionsdiagramme – Arten (3/4)

- **Zeitdiagramm** zeigt Zustandsänderungen der Interaktionspartner*innen aufgrund von Interaktionen oder Zeitereignissen



Interaktionsdiagramme – Arten (4/4)

- **Interaktionsübersichtsdiagramm**
  - zeigt das Zusammenspiel von verschiedenen Interaktionen
  - Visualisiert, in welcher Reihenfolge und unter welchen Bedingungen Interaktionsabläufe stattfinden
  - Notationselemente vom Aktivitätsdiagramm



Einsatzbereiche

Modellierung…

- der **Interaktionen eines Systems mit seiner Umwelt** (Systemgrenzen festlegen, System als Black-Box)
- der **Realisierung eines Anwendungsfalls**
- des **Zusammenspiels der internen Struktur** einer Klasse, Komponente oder Kollaboration
- der **Operationen der Klassen**
- der Spezifikation von **Schnittstellen zwischen Systemteilen** (Zusammenspiel angebotene/benutzte Schnittstelle)

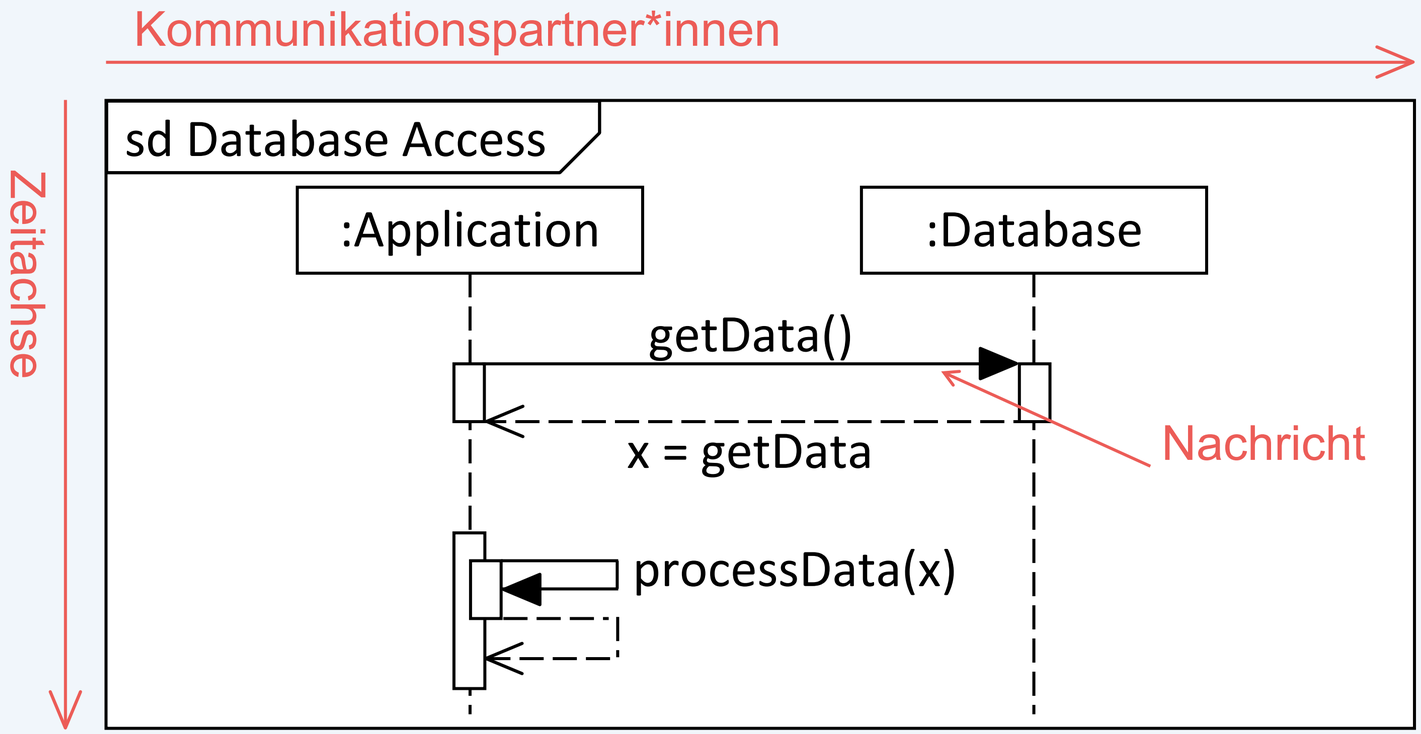
Sequenzdiagramm

Die Lebenslinie

Christian Huemer und Marion Scholz

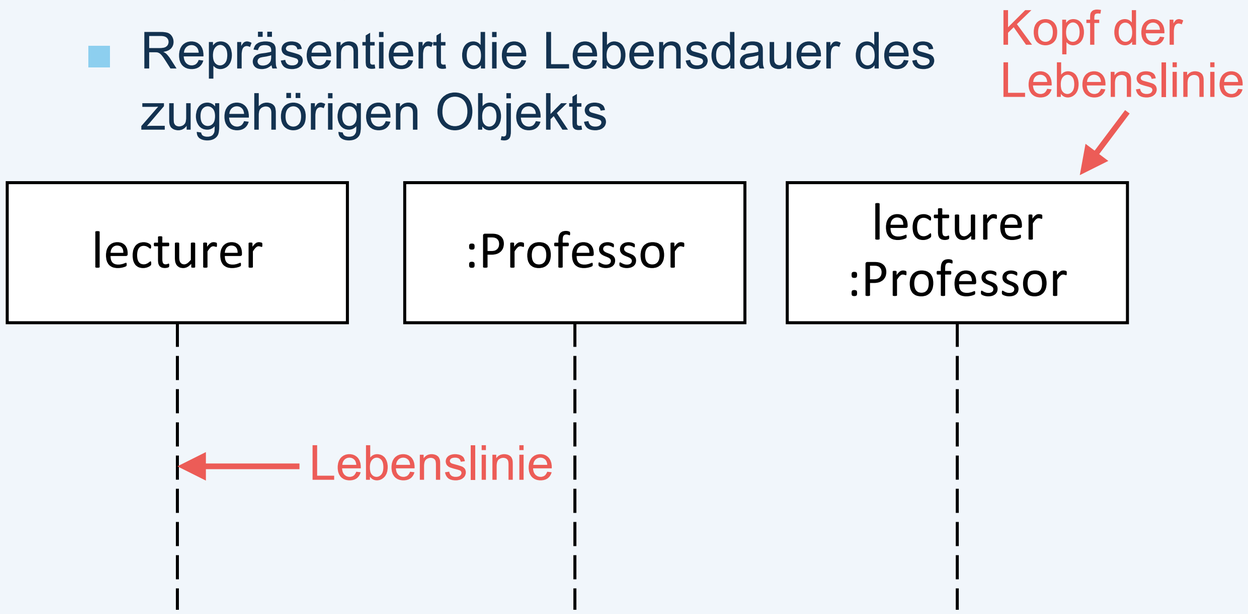
Sequenzdiagramm

- Darstellung von Interaktionen in **2 Dimensionen**:
  - **horizontal**: Kommunikationspartner*innen in Form von Rollen; Reihenfolge ist unbedeutend
  - **vertikal**: Zeitachse
    Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Kommunikation



Lebenslinie

- Eine **Lebenslinie** beschreibt **genau einen/eine Kommunikationspartner*in**
- Kopf der Lebenslinie
  - Rechteck mit **`Rollenname:Klasse`**
  - Objekt kann während seiner Lebensdauer unterschiedliche Rollen annehmen
- Körper der Lebenslinie
  - Vertikale, strichlierte Linie
  - Repräsentiert die Lebensdauer des zugehörigen Objekts



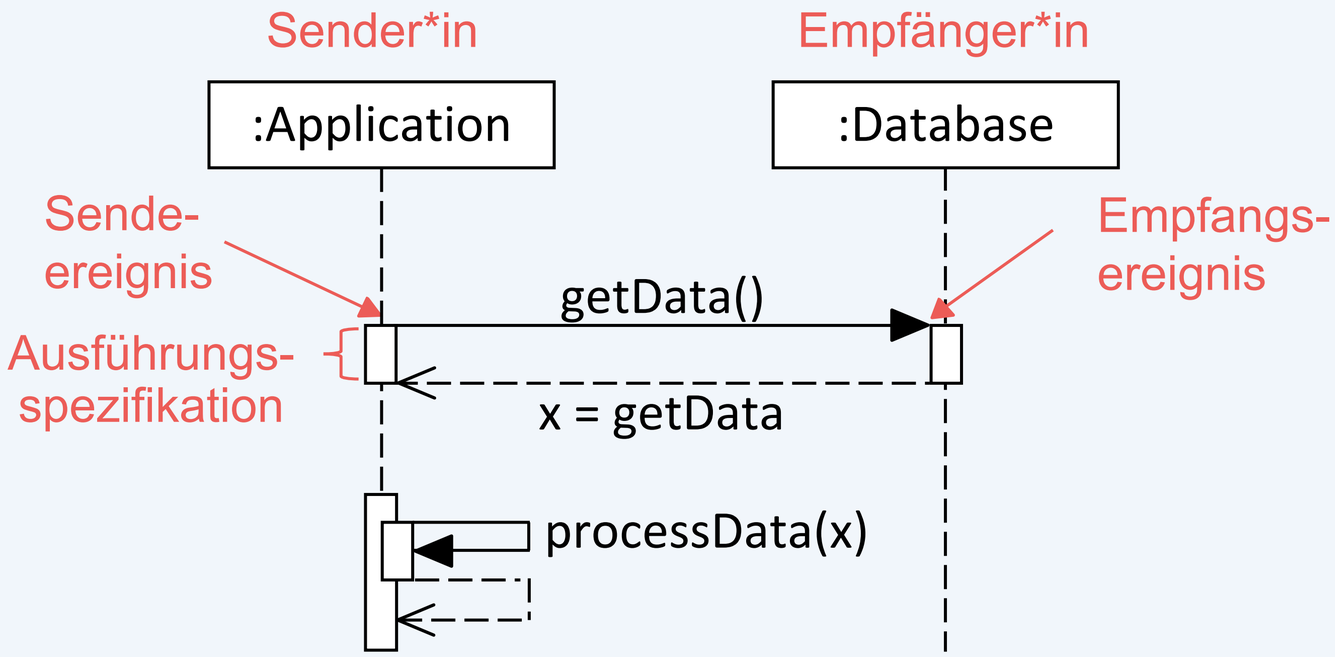
Instanz von Akteuren (statt Klassen): Strichmännchen

Typ- vs. Instanzebene

- Modellierung des Nachrichtenaustauschs immer auf **Instanzebene**
  - Rollen stellen repräsentative Objekte für den zu modellierenden Kontext dar
  - Tatsächliche Interaktion findet auf Instanzebene zwischen Objekten statt
- Trace
  - Abfolge von Nachrichten zwischen konkreten Objekten

Lebenslinie: Ausführungsspezifikation (1/2)

- Interaktionen sind die **Folge von Ereignisspezifikationen** auf den Lebenslinien
- Beispiel für Ereignisspezifikationen
  - **Senden** und **Empfangen** von Nachrichten auf verschiedenen Lebenslinien oder der gleichen Lebenslinie



Lebenslinie: Ausführungsspezifikation (2/2)

Reihenfolge von Ereignisspezifikationen

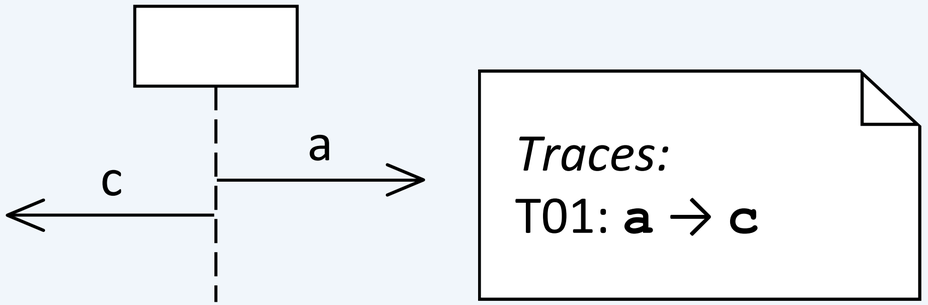
- Vertikale Zeitachse bestimmt die Ordnung der Ereigniseintritte pro Lebenslinie

  Bestimmt nicht die Reihenfolge von Ereigniseintritten auf verschiedenen Lebenslinien

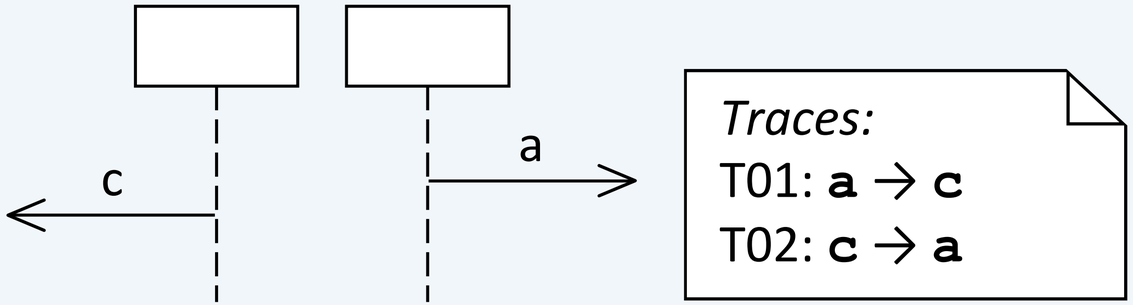
- **Nachrichten zwischen Lebenslinien erzwingen** eine Ordnung über Lebenslinien hinweg

Lebenslinie: Reihenfolge von Ereigniseintritten

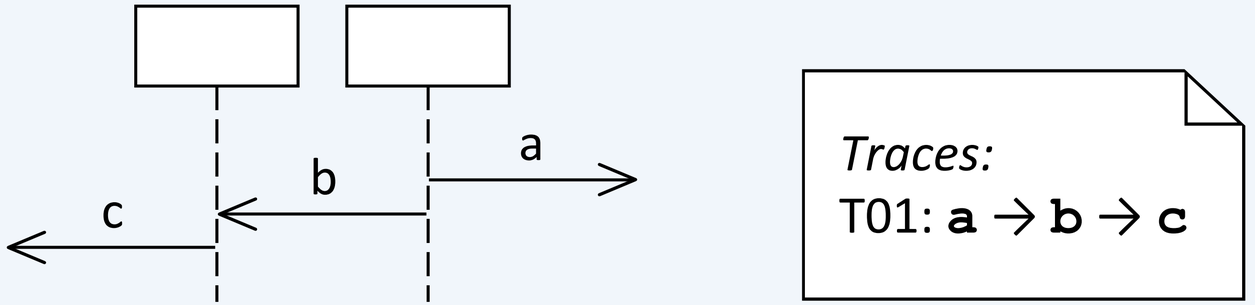
…auf einer Lebenslinie



… auf verschiedenen Lebenslinien

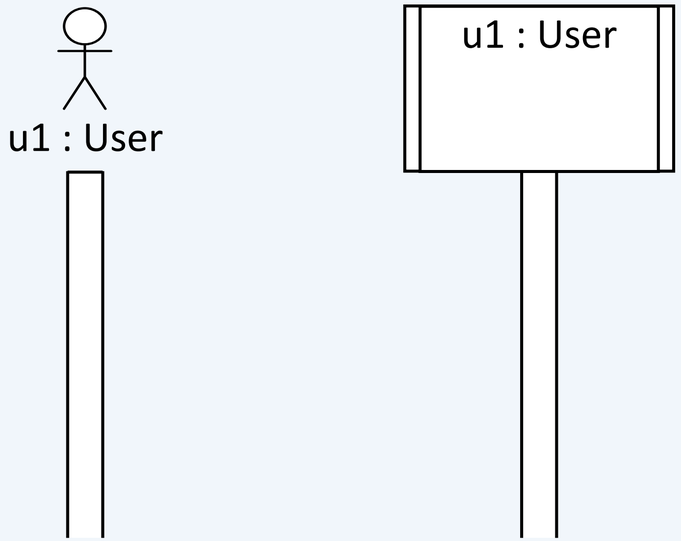


… auf verschiedenen Lebenslinien,
verbunden durch Nachrichtenaustausch



Lebenslinie: Aktives Objekt

- **Aktive Objekte** verfügen über **eigenen Kontrollfluss** (Prozess oder Thread)
- Können **unabhängig** von anderen Objekten operieren
- Notation
  - Kopf der Lebenslinie wird links und rechts mit doppeltem Rand versehen
  - durchgehender Balken über gesamte Lebenslinie



Sequenzdiagramm

Die Nachricht

Christian Huemer und Marion Scholz

Arten von Nachrichten

- **Synchrone Kommunikation**
  - Sender*in wartet bis zur Beendigung der Interaktion, die durch die Nachricht ausgelöst wurde

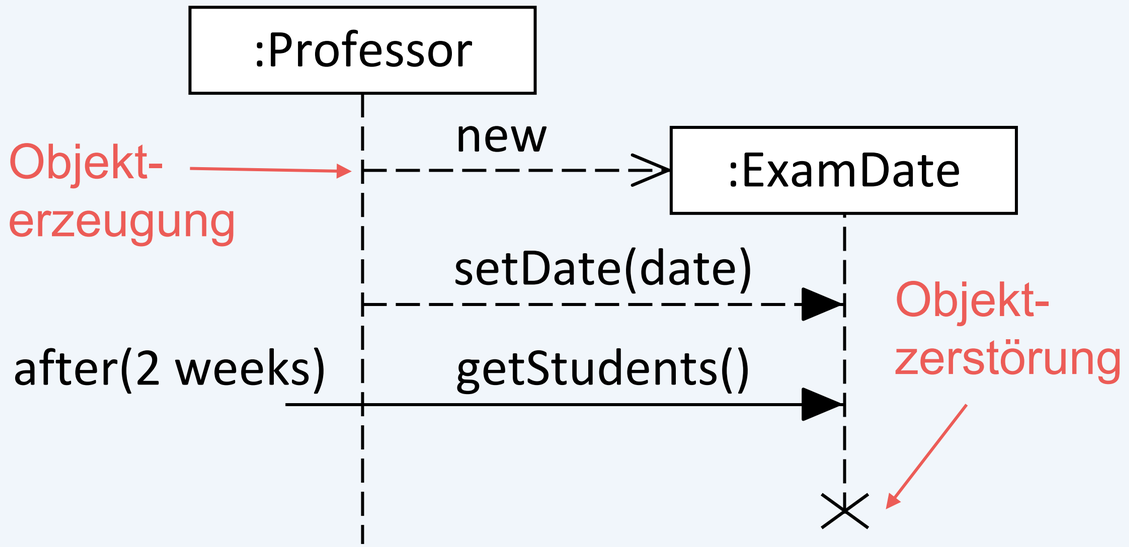
- **Asynchrone Kommunikation**
  - Nachricht ist ein Signal
  - Sender*in wartet nicht auf das Ende der Interaktion

- **Antwortnachricht** (optional)
  - Syntax:
    `att=msg(par1,par2):val`

`att`: Name eines Attributs, dem der Rückgabewert zugewiesen werden soll
`msg`: Name der Nachricht, auf die geantwortet wird
`par`: Parameterliste
`val`: Rückgabewert

Nachricht: Spezielle Nachrichtenarten (1/2)

- Objekterzeugung
  - Kommunikationspartner*in wird im Laufe der Interaktionsfolge erzeugt
  - Schlüsselwort **`new`**
- Objektzerstörung
  - Objekt wird gelöscht
  - Großes „X“ am Ende der Lebenslinie



Nachricht: Spezielle Nachrichtenarten (2/2)

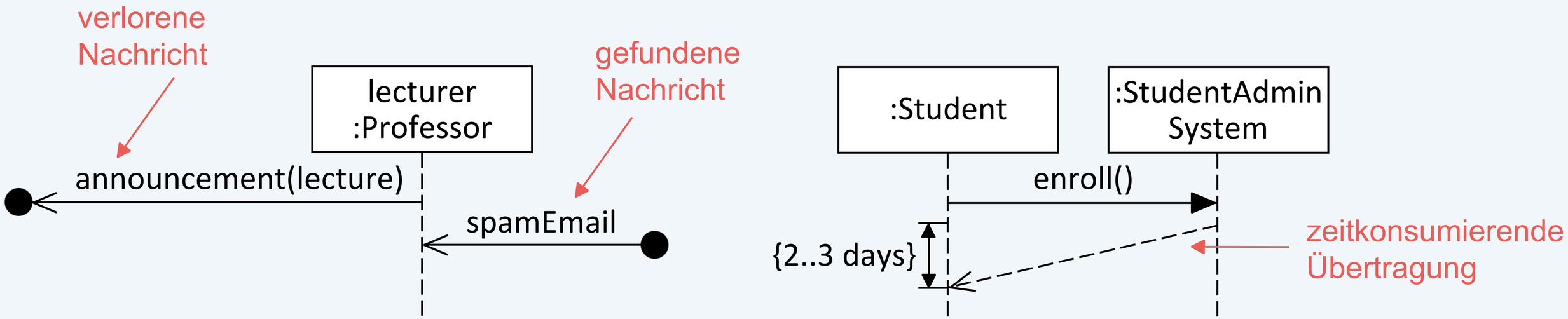
- Verlorene Nachricht

  Senden einer Nachricht an unbekannten/unbekannte
  oder irrelevanten/irrelevante Kommunikationspartner*in

- Gefundene Nachricht

  Empfang einer Nachricht von unbekanntem/unbekannter
  oder irrelevantem/irrelevanter Kommunikationspartner*in

- Zeitkonsumierende Übertragung



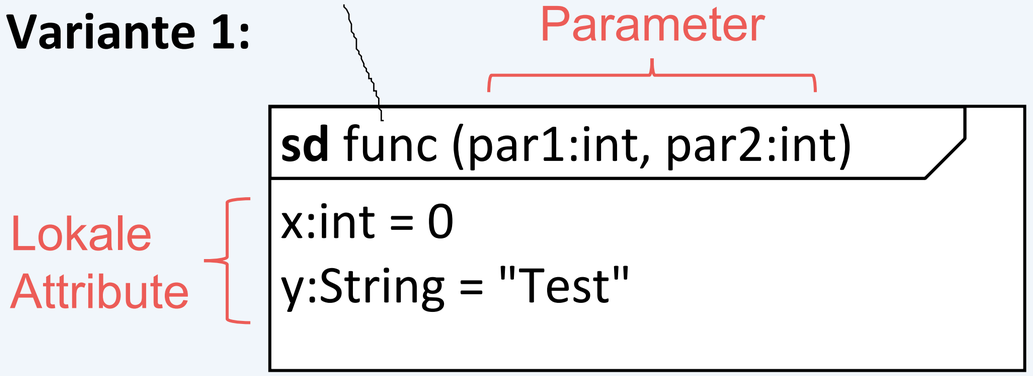
Basiskonzepte – Parameter, lokale Attribute

- Darstellung von Parametern und lokalen Attributen
- Beispiel: Modellierung der Operation **`func`**

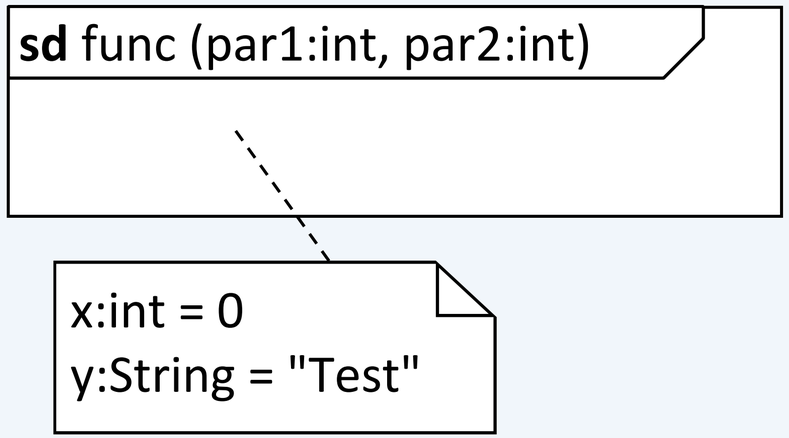
```
void func (int par1, int par2) {
  int x = 0;
  String y = "Test";
  ...
}
```

Typisch für Sequenzdiagramm

Variante 1:



Variante 2:



Notiz, hängt an bestimmter Stelle

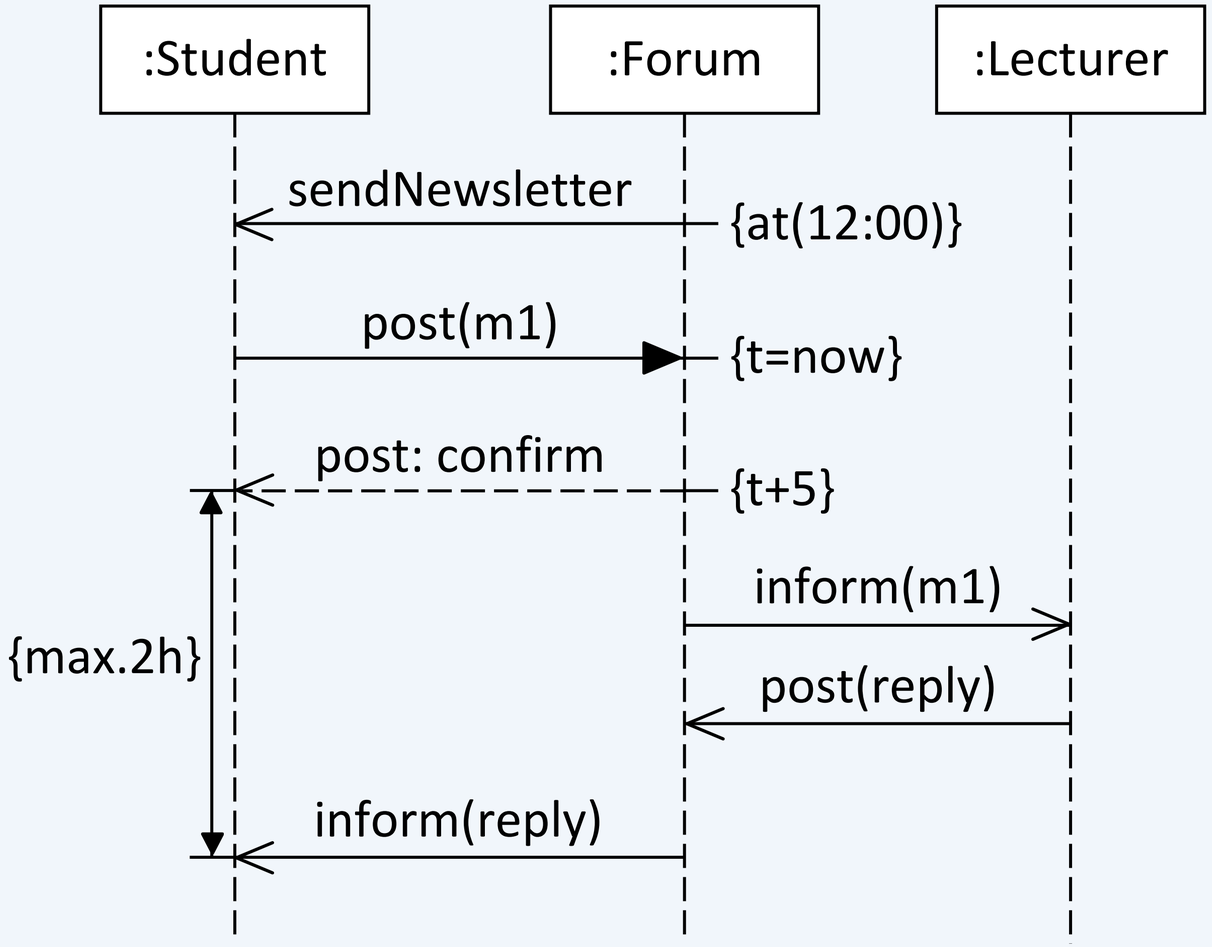
Sequenzdiagramm

Die Zeiteinschränkung und die Zustandsinvariante

Christian Huemer und Marion Scholz

Zeiteinschränkungen

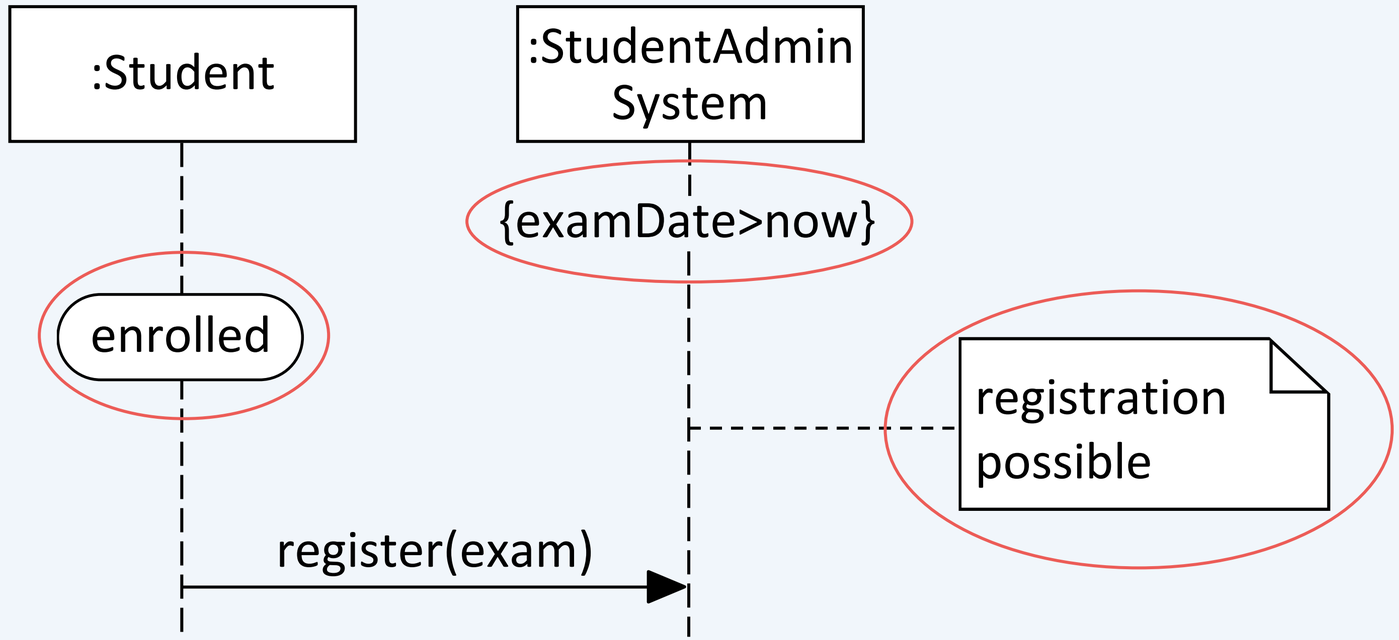
- Arten
  - **Zeitpunkt** einer Ereignisspezifikation
    - absolut: z.B. **`at(12.00)`**
    - relativ: z.B. **`after(5sec)`**
  - **Zeitintervall** zwischen zwei Ereigniseintritten
    - z.B. **`{12.00 .. 13.00}`**
- Vordefinierte Aktionen zur Zeitberechnung
  - **`now`**: aktuelle Zeit
  - **`duration`**: Berechnung einer Zeitdauer der Nachrichtenübertragung
  - Erhaltene Werte müssen Variablen zugewiesen werden
  - Variablen können in Zeitausdrücken verwendet werden



Zustandsinvariante

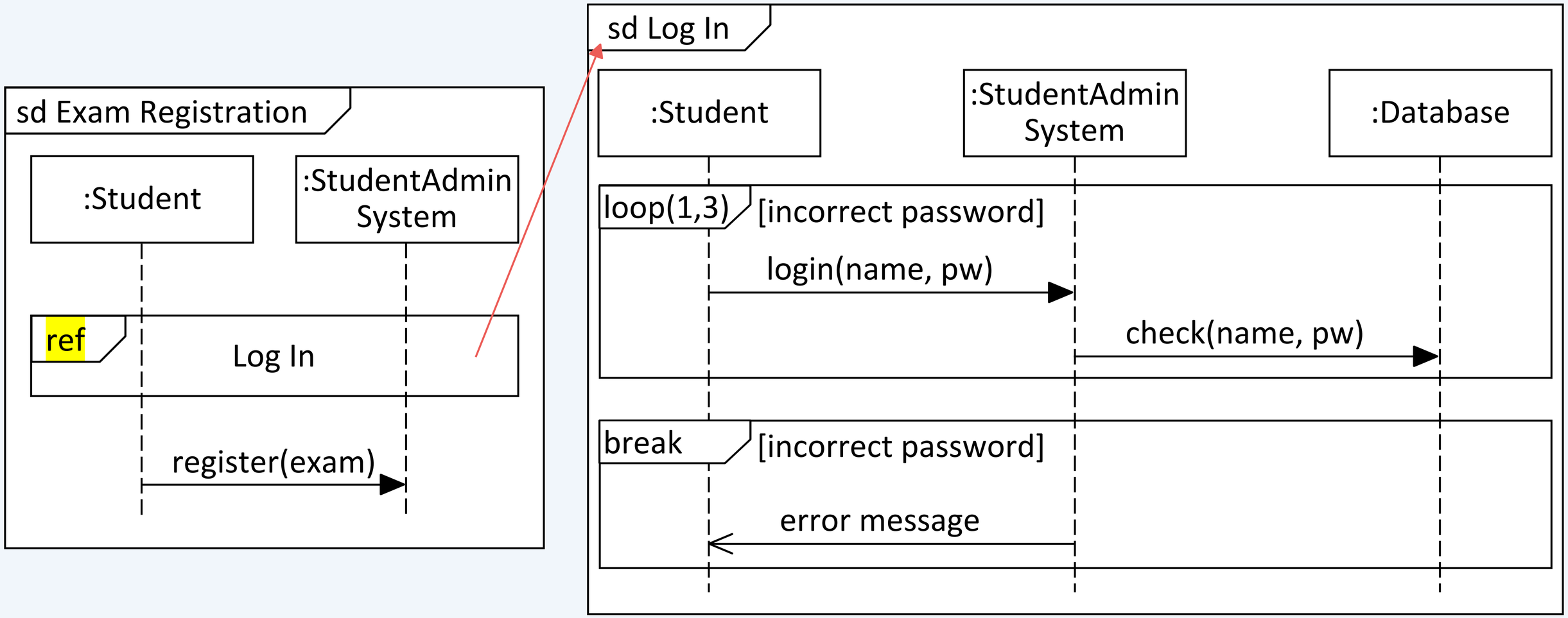
- **Zusicherung**, dass eine bestimmte **Bedingung** zu einem bestimmten Zeitpunkt **erfüllt** ist
- Bezieht sich immer auf eine bestimmte Lebenslinie
- Wird vor Eintritt des darauf folgenden Ereignisses ausgewertet
- Falls Zustandsinvariante nicht erfüllt ist ⇒ Fehler

- Drei Notationsvarianten:



Interaction Reference

- Das Sequenzdiagramm **`Log In`** wird über eine Interaktionsreferenz in das Sequenzdiagramm **`Exam Registration`** eingebunden



Sequenzdiagramm

Die Kombinierten Fragmente, Teil 1

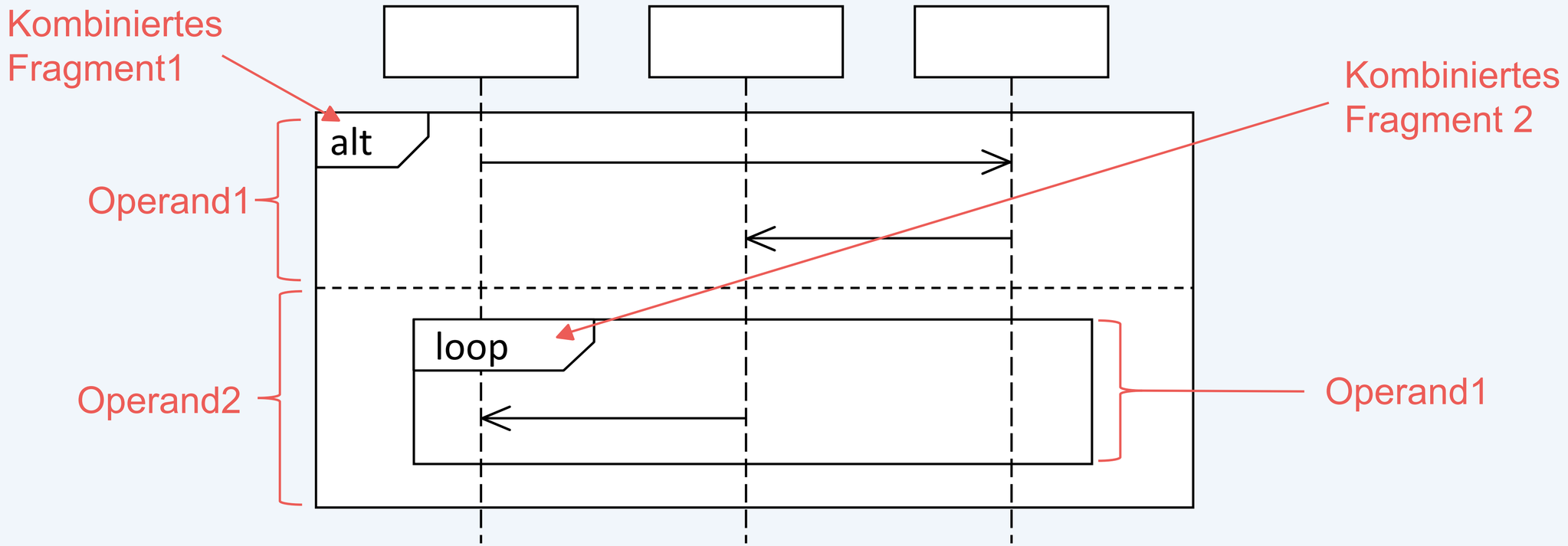
Christian Huemer und Marion Scholz

Kombinierte Fragmente

- Modellierung von **Kontrollstrukturen**
- Bestandteile: Operator und Operanden
- **Operator**
  - Definiert Art des kombinierten Fragments
  - 12 vordefinierte Operatoren
- **Operand**
  - Ein Operator enthält 1 oder mehrere Operanden, je nach Operatorart
  - Umfasst Interaktionen, kombinierte Fragmente und Referenzen auf Sequenzdiagramme

Kombinierte Fragmente – Notation

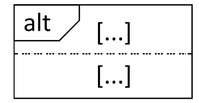
- Kombiniertes Fragment wird mit Rahmen dargestellt
- Art des Fragments wird durch Operator im Pentagon festgelegt
  - default: **`seq`**
- Operanden werden durch gestrichelte Linien voneinander getrennt
- 12 vordefinierte Arten von Operatoren



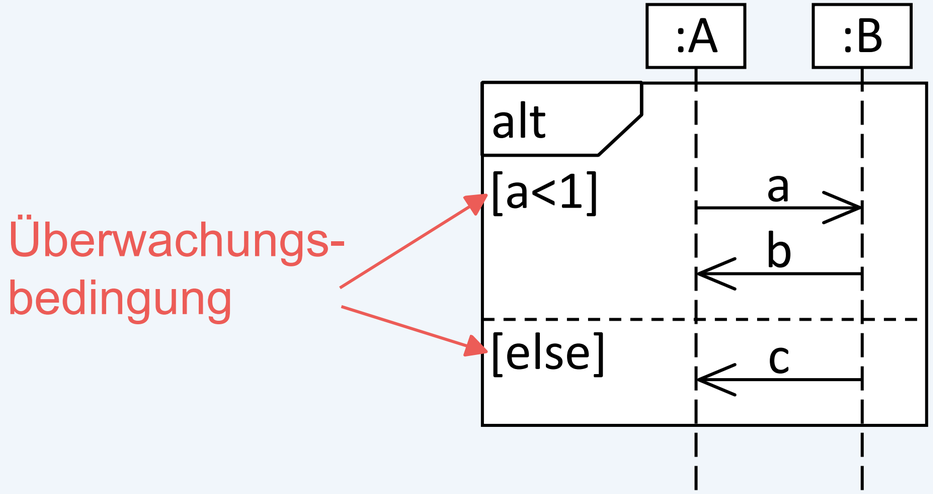
Kombinierte Fragmente – Operatorarten

	Operator	Zweck
Verzweigungen und Schleifen	`alt`	Alternative Interaktionen
	`opt`	Optionale Interaktionen
	`break`	Ausnahme Interaktionen
	`loop`	Iterative Interaktionen
Nebenläufigkeit und Ordnung	`seq`	Sequentielle Interaktionen mit schwacher Ordnung (Default)
	`strict`	Sequentielle Interaktionen mit strenger Ordnung
	`par`	Nebenläufige Interaktionen
	`critical`	Atomare Interaktionen
Filterungen und Zusicherungen	`ignore`	Irrelevante Interaktionen
	`consider`	Relevante Interaktionen
	`assert`	Zugesicherte Interaktionen
	`neg`	Ungültige Interaktionen

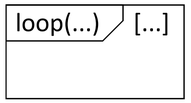
Verzweigungen u. Schleifen: `alt`-Operator



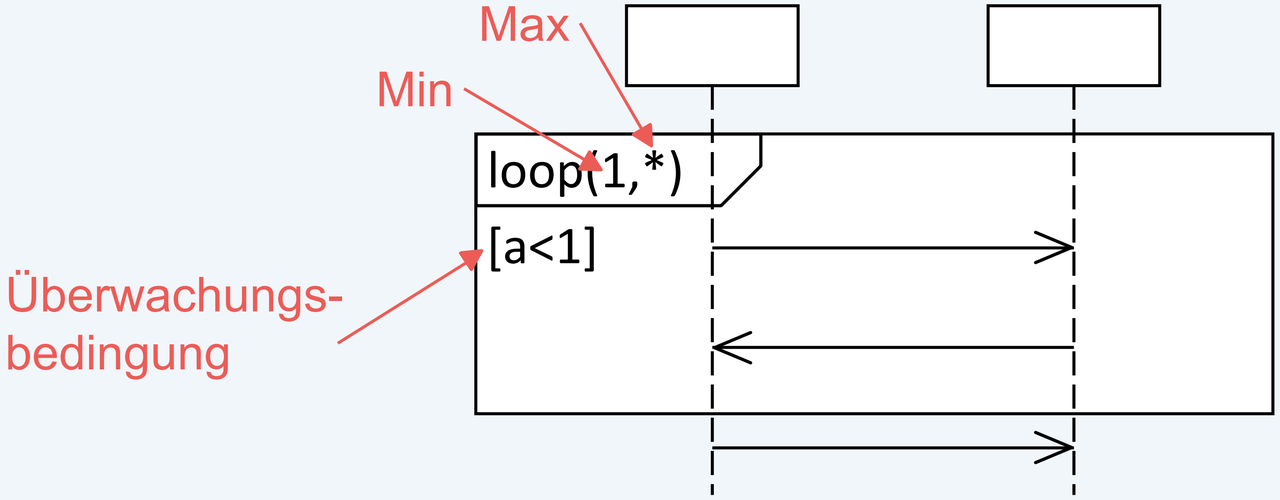
- Darstellung von zwei oder mehreren **alternativen Interaktionsabläufen**
- Zur Laufzeit wird maximal ein Operand ausgeführt
- Auswahl eines Operanden anhand von Überwachungsbedingungen
- Überwachungsbedingung
  - Boolescher Ausdruck in eckigen Klammern
  - Default-Wert: **`[true]`**
  - Vordefiniert: **`[else]`**: Operand wird ausgeführt, falls die Bedingungen aller anderen Operanden nicht erfüllt sind



Verzweigungen u. Schleifen: `loop`-Operator



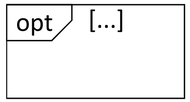
- Darstellung einer **Schleife**
  - Fragment enthält nur einen Operanden
  - Ausführungshäufigkeit wird durch Zähler mit Unter- und Obergrenze dargestellt
  - Überwachungsbedingung
    - optional
    - wird bei jedem Durchlauf überprüft, sobald die minimale Anzahl an Durchläufen stattgefunden hat



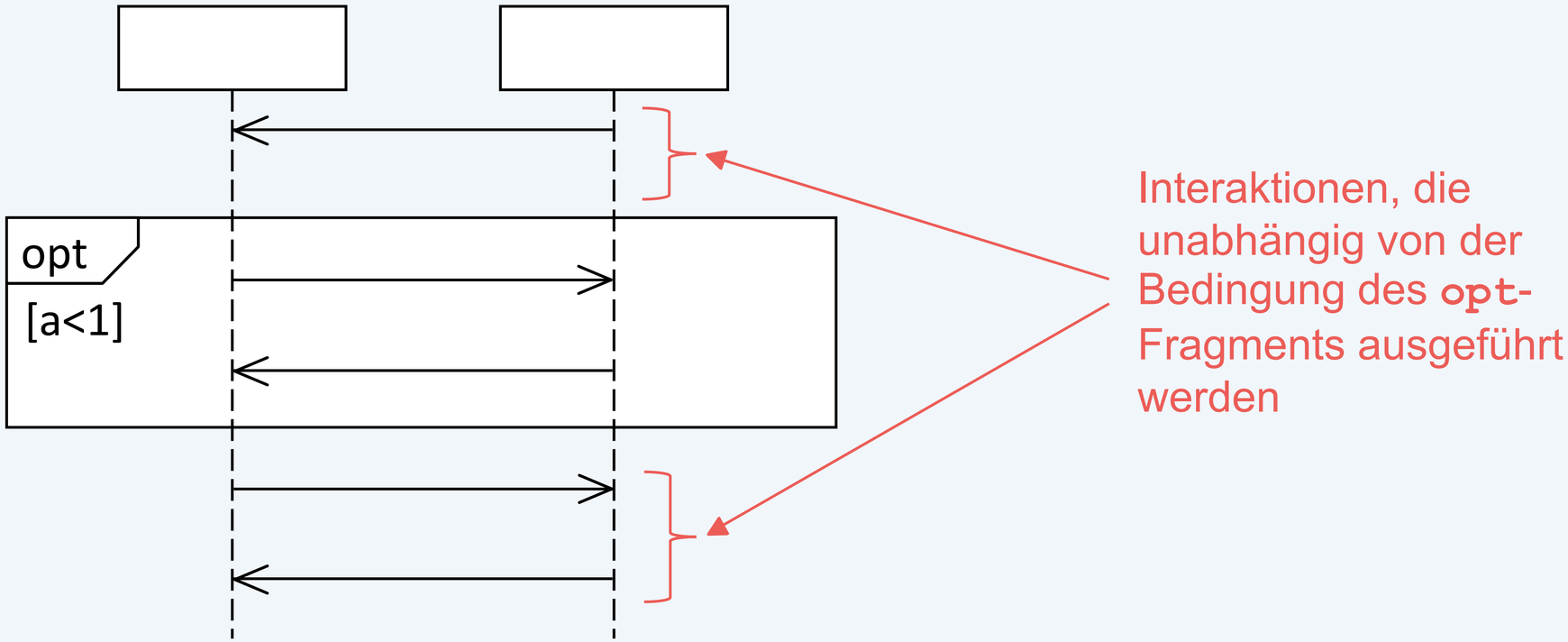
Notationsvarianten:

```
loop(3,8) = loop(3..8)
loop(8,8) = loop (8)
loop = loop (*) = loop(0,*)
```

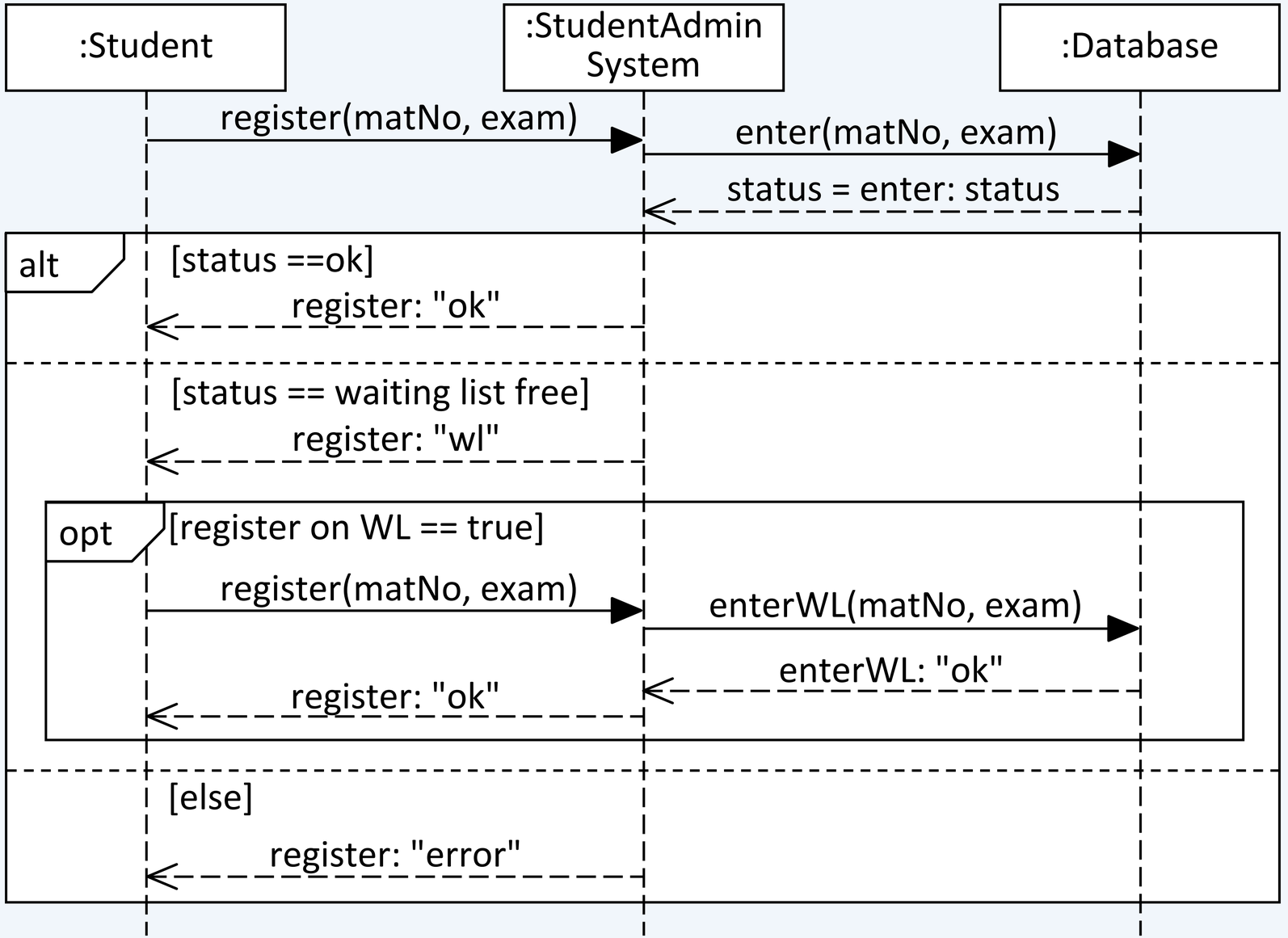
Verzweigungen u. Schleifen: `opt`-Operator



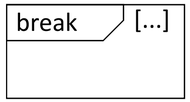
- **Optionale** Interaktionen
- Durch Überwachungsbedingung gesteuert
- Fragment wird nur aktiv, wenn Bedingung erfüllt ist
  - Modellierung von "wenn ..., dann ..."



`opt`- und `alt`-Operator – Beispiel

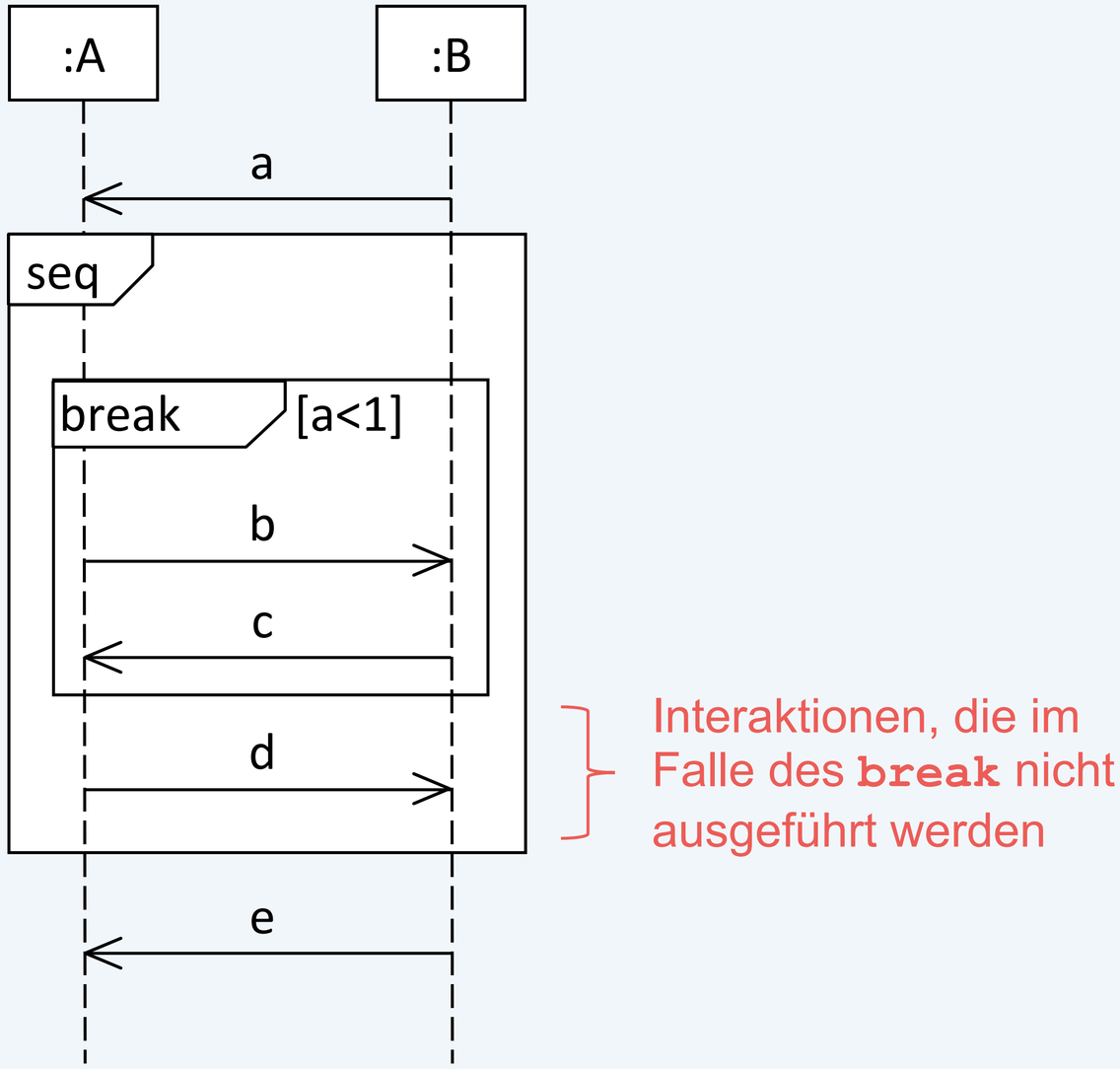


Verzweigungen u. Schleifen: `break`-Operator

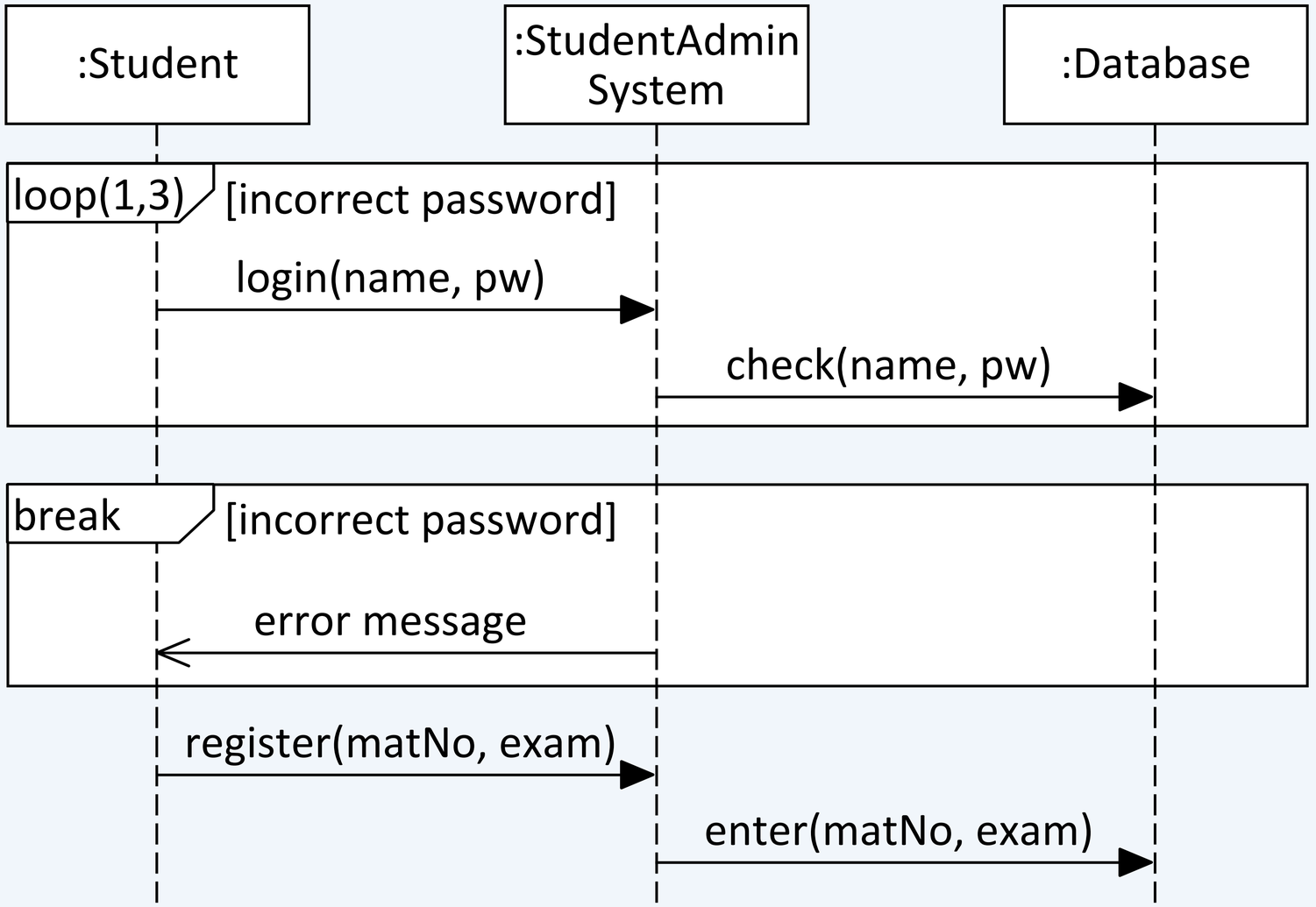


- **Ausnahme**-Interaktionen
- Durch Überwachungsbedingung gesteuert
- Behandlung von Sonderfällen und Ausnahmen
- Wenn die Bedingung wahr ist:
  - Interaktionen innerhalb des break werden ausgeführt
  - Interaktionen des umgebenden Fragments werden verworfen
  - Interaktionen des übergeordneten Fragments werden fortgesetzt

  ⇒ ≠ `opt`!



`loop`- und `break`-Operator – Beispiel

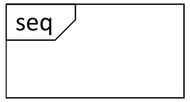


Sequenzdiagramm

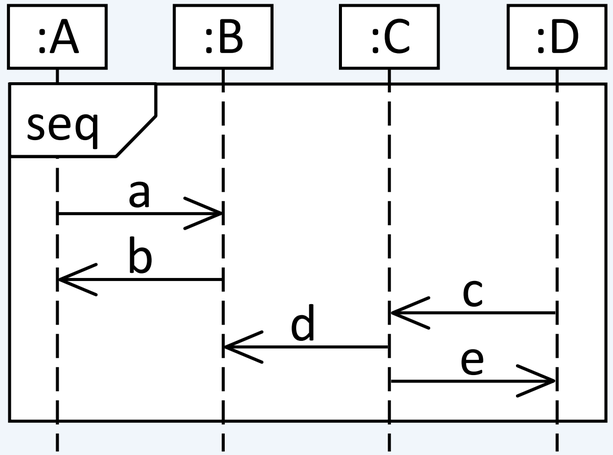
Die Kombinierten Fragmente, Teil 2

Christian Huemer und Marion Scholz

Nebenläufigkeit u. Ordnung: **`seq`**-Operator



- default
- Sequentielle Interaktion mit schwacher Ordnung
- mind. 1 Operand
- Reihenfolge der Ereigniseintritte:
  - Reihenfolge der Ereignisse pro Lebenslinie fix
  - Reihenfolge auf unterschiedlichen Lebenslinien nur signifikant, wenn ein Nachrichtenaustausch stattfindet
  - Operanden können zur „optischen Gruppierung“ eingesetzt werden, aber nicht um eine Ordnung zu erzwingen (≠ **`strict`**!)



Traces:

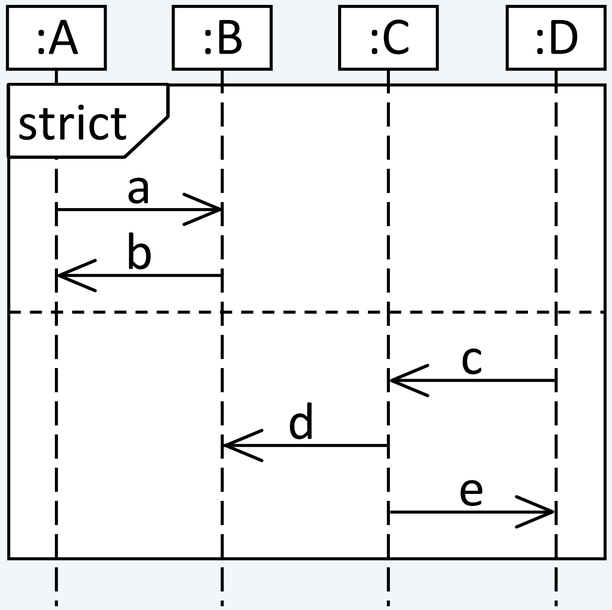
T01: **a** → **b** → **c** → **d** → **e**

T02: **a** → **c** → **b** → **d** → **e**

T03: **c** → **a** → **b** → **d** → **e**

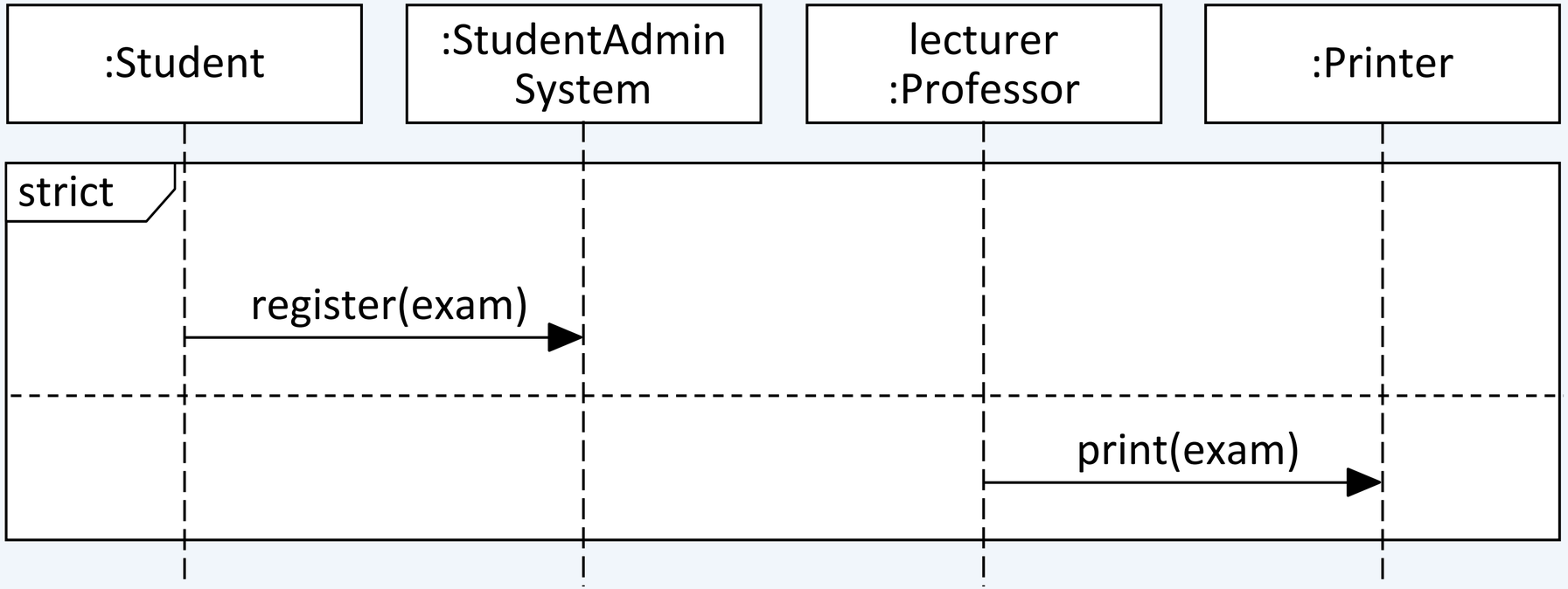
Nebenläufigkeit und Ordnung: `strict`-Operator

- Sequentielle Interaktion mit **strenger** Ordnung
- Reihenfolge auf unterschiedlichen Lebenslinien von unterschiedlichen Operanden ist signifikant

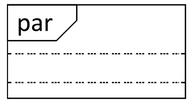


Traces:
T01: **a** → **b** → **c** → **d** → **e**

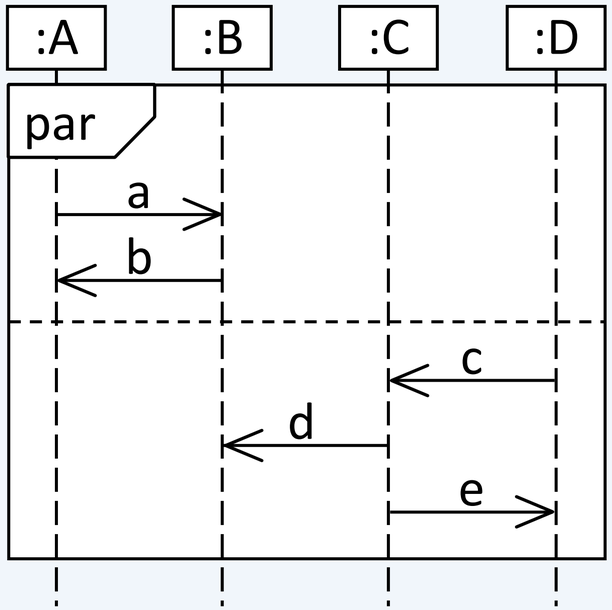
`strict`-Operator – Beispiel



Nebenläufigkeit und Ordnung: **`par`**-Operator



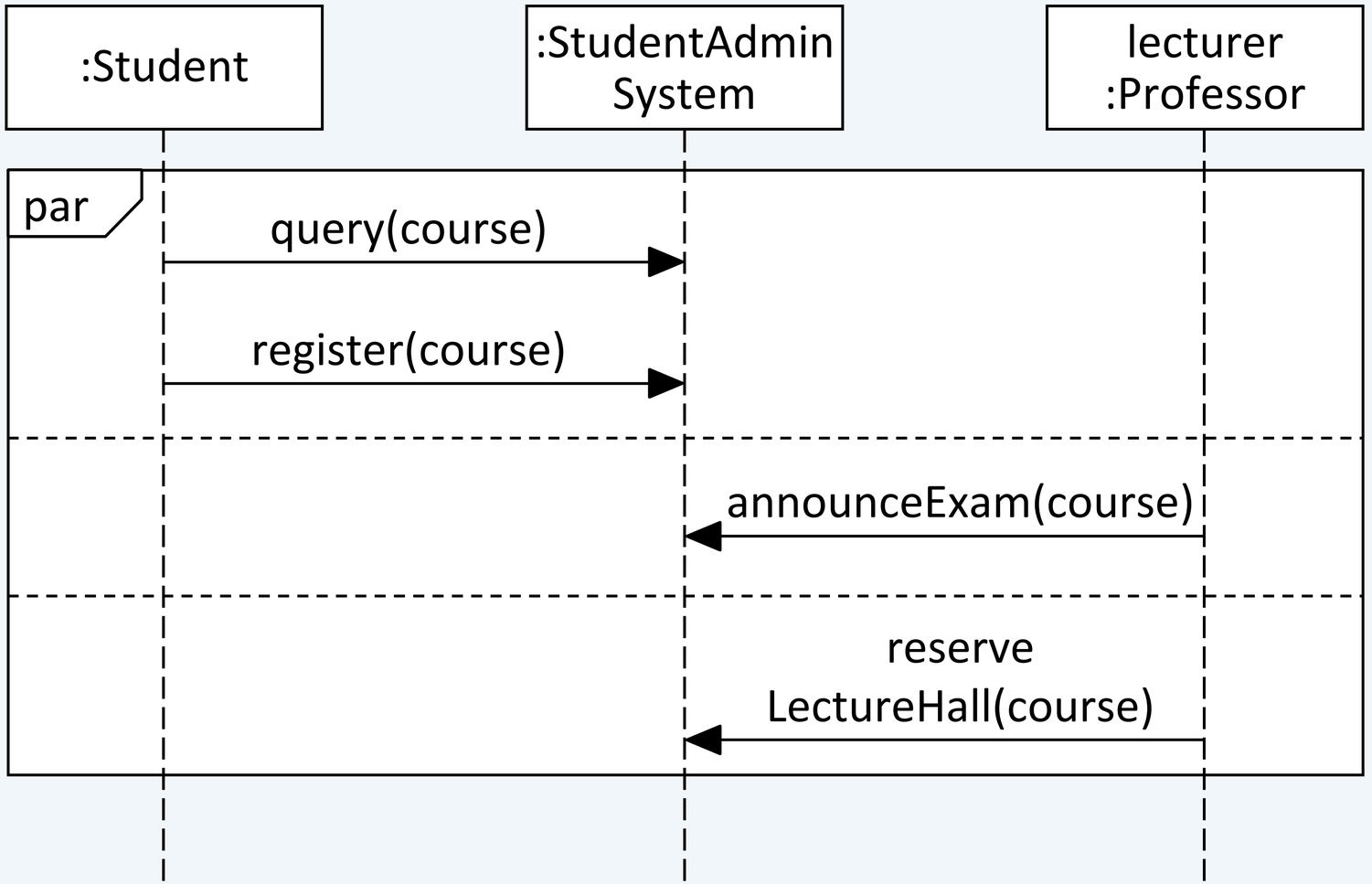
- Nebenläufige Interaktionen =paralellism
  - Lokale Reihenfolge pro Operand muss erhalten bleiben
  - Reihenfolge der Operanden im Diagramm ist irrelevant!
  - mind. 2 Operanden



Traces:

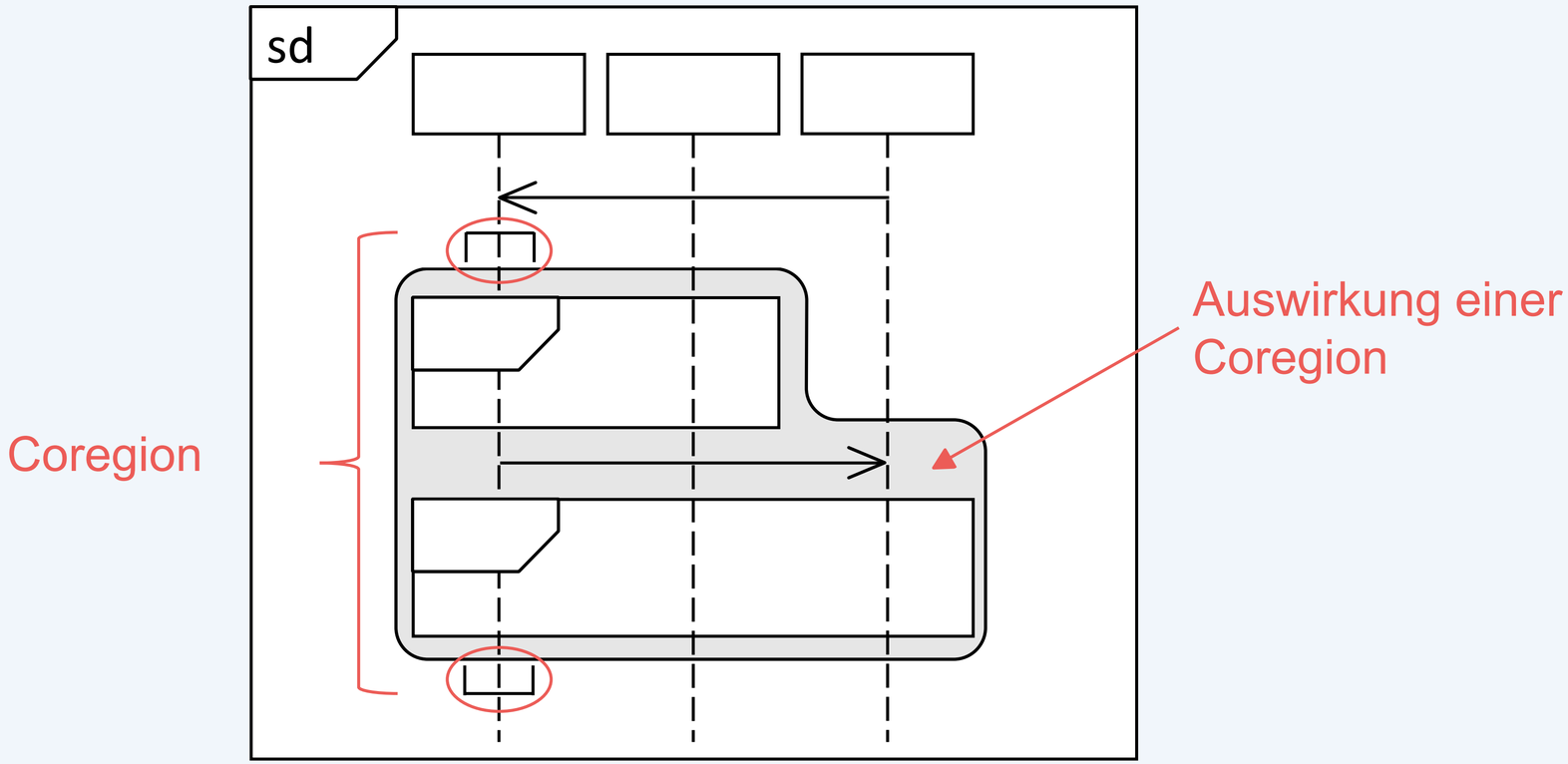
T01: **a → b → c → d → e**
T02: **a → c → b → d → e**
T03: **a → c → d → b → e**
T04: **a → c → d → e → b**
T05: **c → a → b → d → e**
T06: **c → a → d → b → e**
T07: **c → a → d → e → b**
T08: **c → d → a → b → e**
T09: **c → d → a → e → b**
T10: **c → d → e → a → b**

`par`-Operator – Beispiel

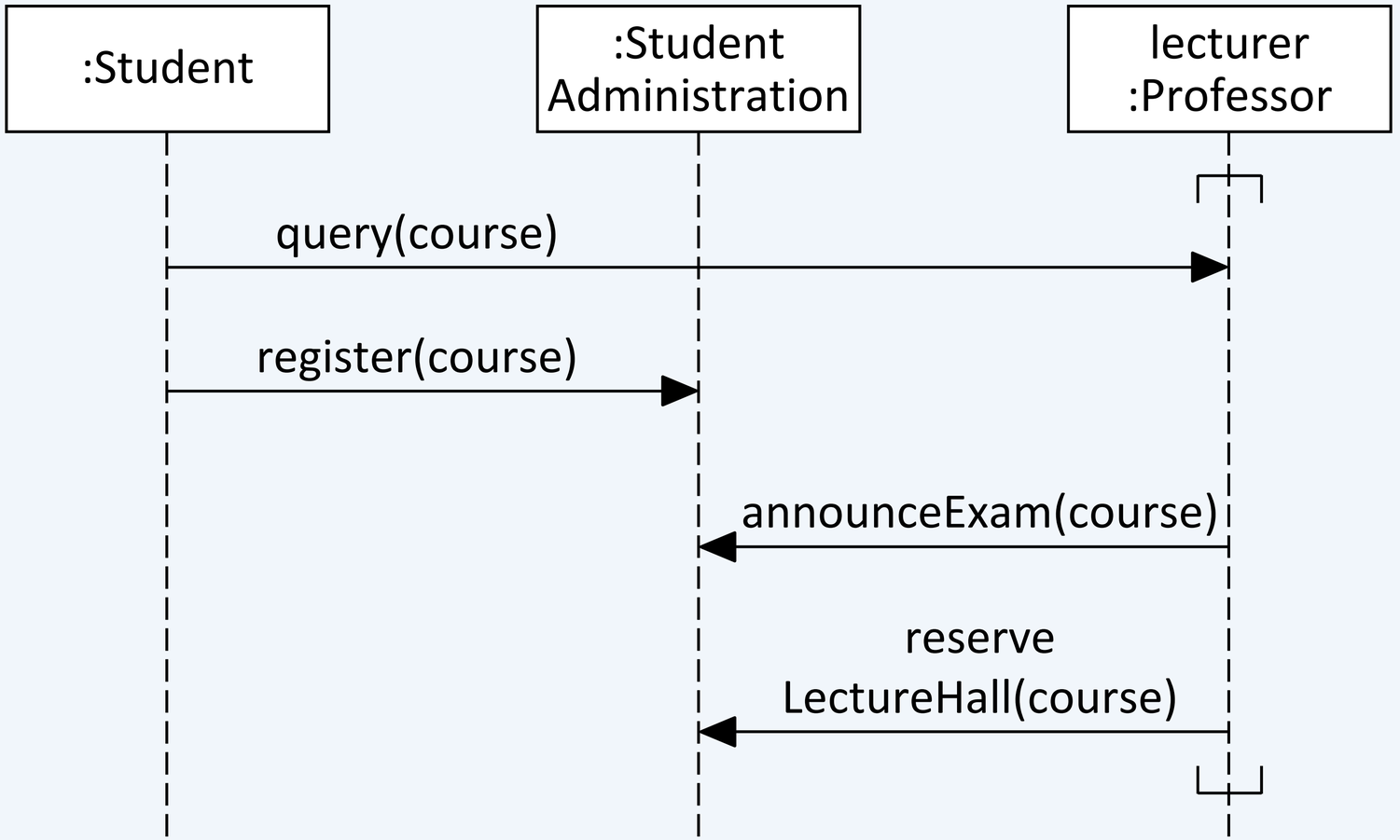


Nebenläufigkeit und Ordnung: Coregion

- Coregion: Darstellung von nebenläufigen Abläufen auf EINER Lebenslinie
- Reihenfolge der Ereigniseintritte innerhalb von Coregions ist auf keine Weise beschränkt ("Aufhebung der Zeitdimension")
- Coregion kann weitere kombinierte Fragmente beinhalten – kombinierte Fragmente können als Ganzes in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden



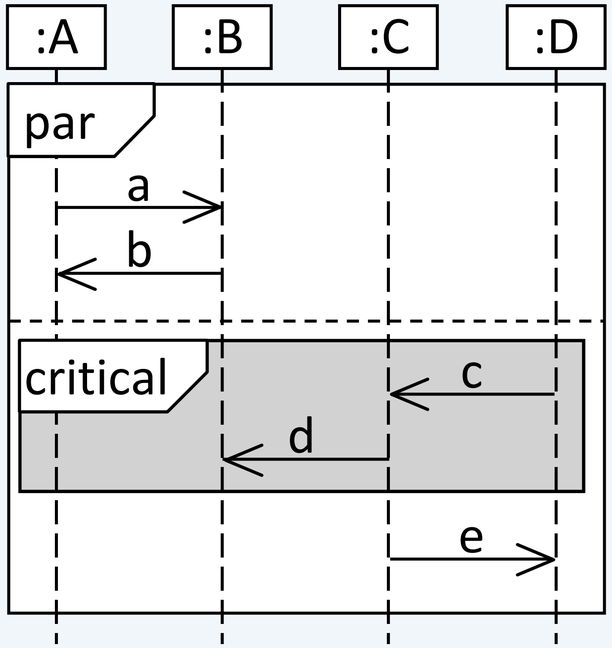
Coregion – Beispiel



Nebenläufigkeit und Ordnung: `critical`-Operator

critical

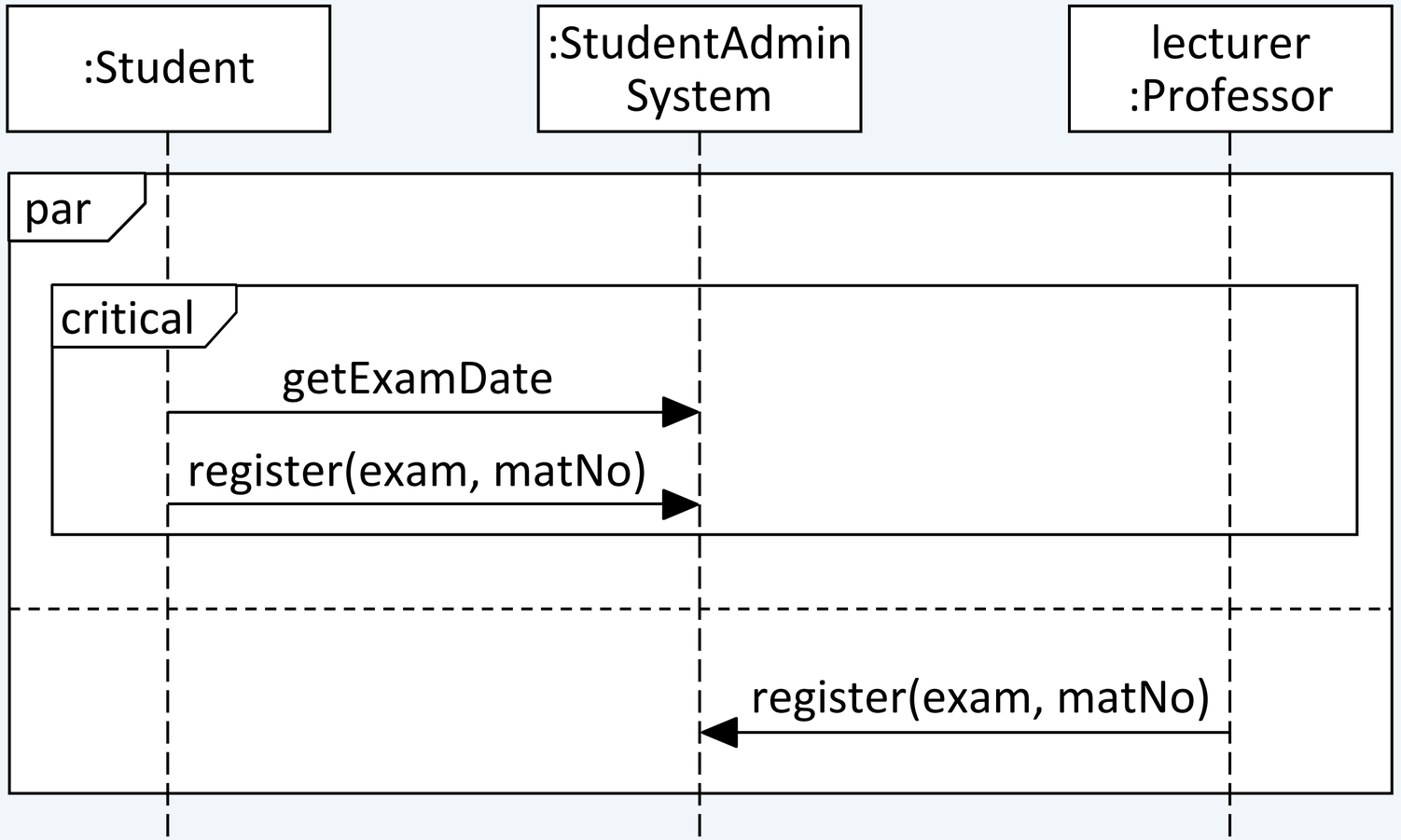
- Kritischer Bereich: atomarer (nicht unterbrechbarer) Interaktionsablauf
- Keine Beschränkung auf Interaktionen außerhalb des kritischen Bereichs



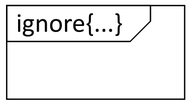
Traces:

T01: **a** → **b** → **c** → **d** → **e**
T02: **a** → **c** → **d** → **b** → **e**
T03: **a** → **c** → **d** → **e** → **b**
T04: **c** → **d** → **a** → **b** → **e**
T05: **c** → **d** → **a** → **e** → **b**
T06: **c** → **d** → **e** → **a** → **b**

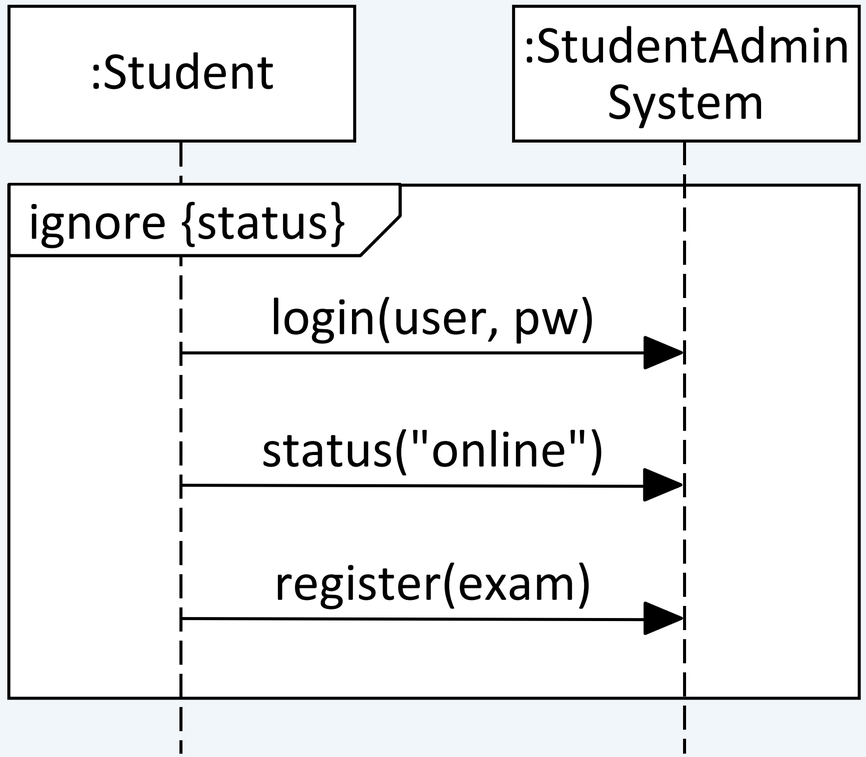
`critical`-Operator – Beispiel



Filterungen u. Zusicherungen: `ignore`-Operator



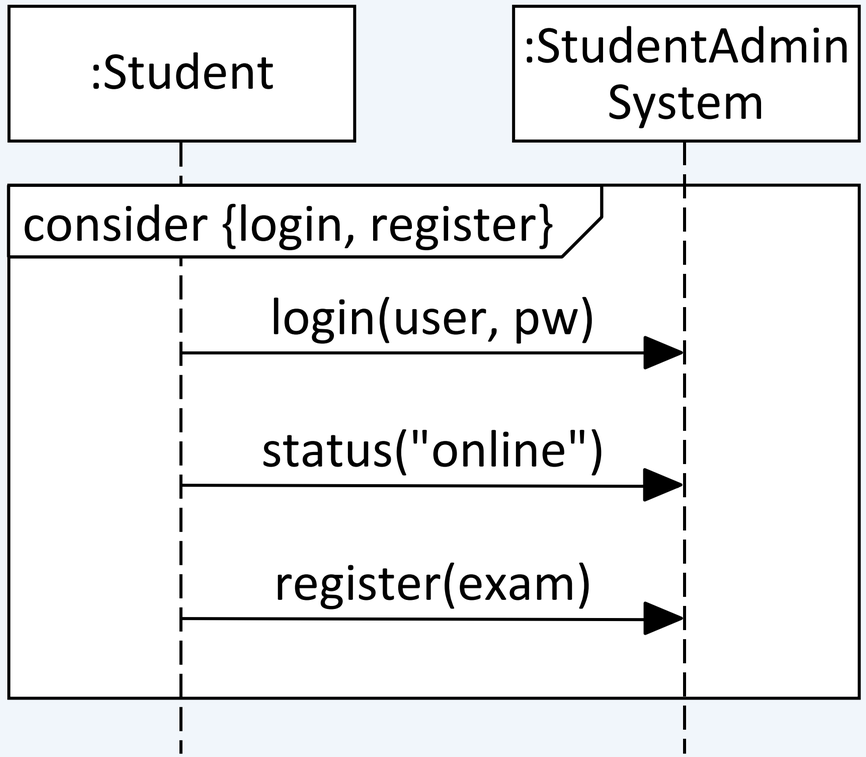
- Darstellung von irrelevanten Nachrichten
  - Modellierung aus technischen Gründen
  - Modellierung wegen syntaktischer Vollständigkeit
  - Nachrichten, die zur Laufzeit auftreten können (z.B. keep-alive Signale)



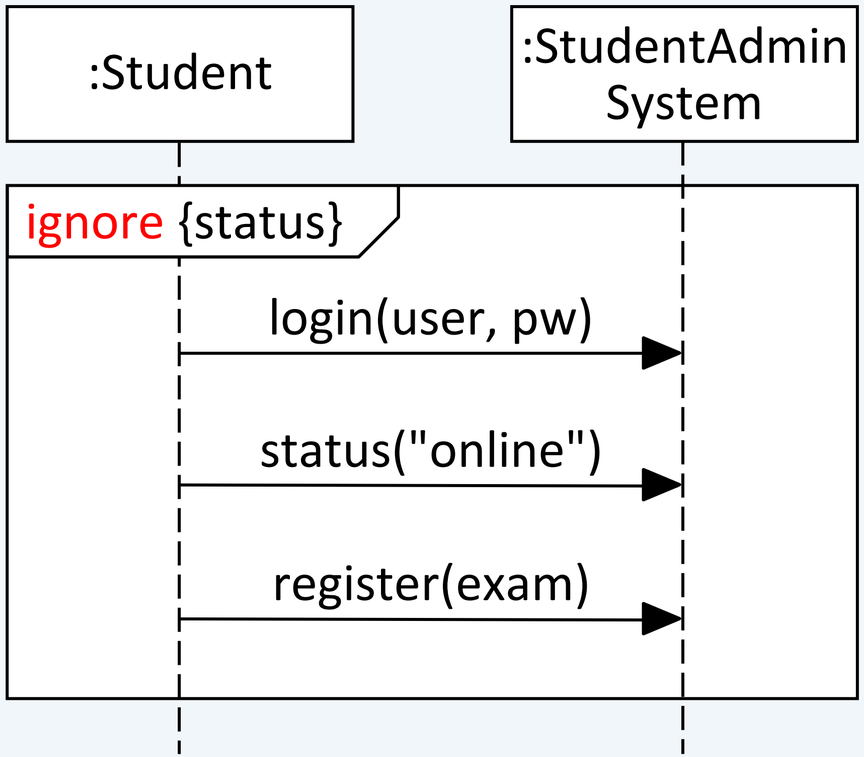
Filterungen u. Zusicherungen: `consider`-Operator

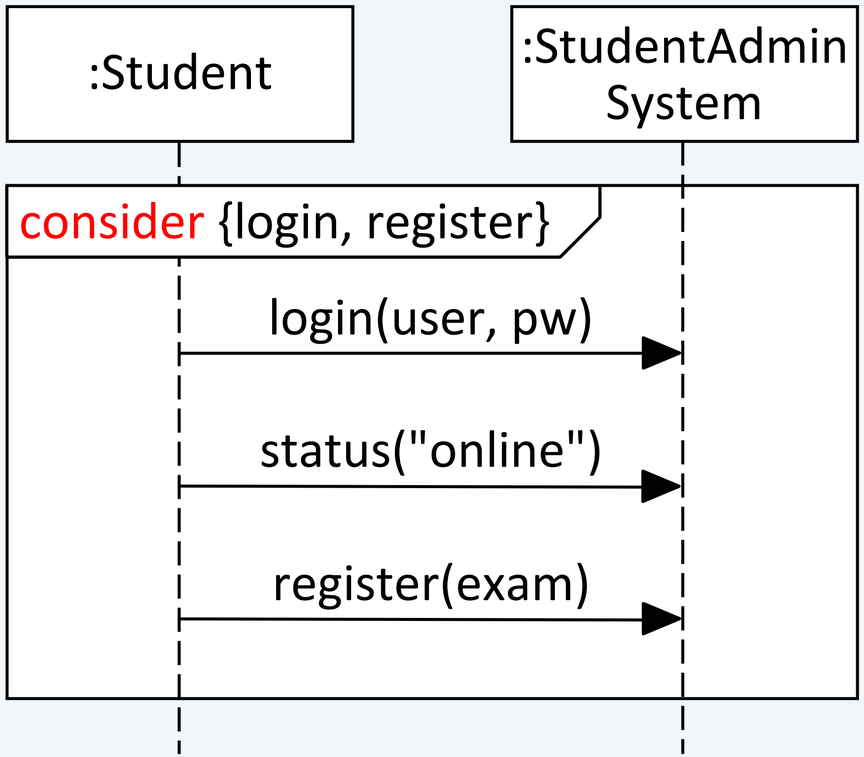
consider{...}

- Gegenstück von **`ignore`**
- Spezifikation von besonders relevanten Nachrichten
- andere Nachrichten im Operanden werden automatisch als nicht relevant eingestuft

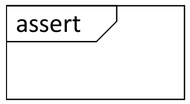


`ignore` VS. `consider`



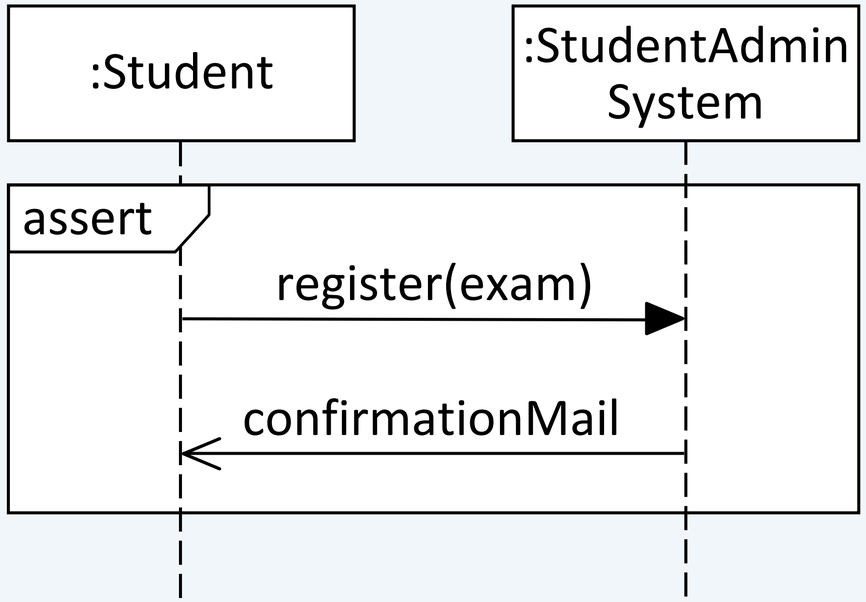


Filterungen u. Zusicherungen: `assert`-Operator

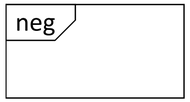


- Kennzeichnung der Interaktion als verpflichtend
- Abweichungen, die im Diagramm nicht berücksichtigt sind, aber in der Realität auftreten, sind nicht zulässig

  ⇒ Forderung von getreuer Abbildung in der Implementierung
- 1 Operand



Filterungen und Zusicherungen: **neg**-Operator



- Abbildung eines ungültigen Interaktionsablaufs
- Situationen, die in dieser Form nicht eintreten dürfen
- Genau 1 Operand
- Zweck
  - Explizit auf häufig auftretende Fehler hinweisen
  - Relevante, aber falsche Abläufe abbilden