Methodische und Praktische Grundlagen der Informatik (MPGI 3)

WS 2008/09

Softwaretechnik

Steffen Helke

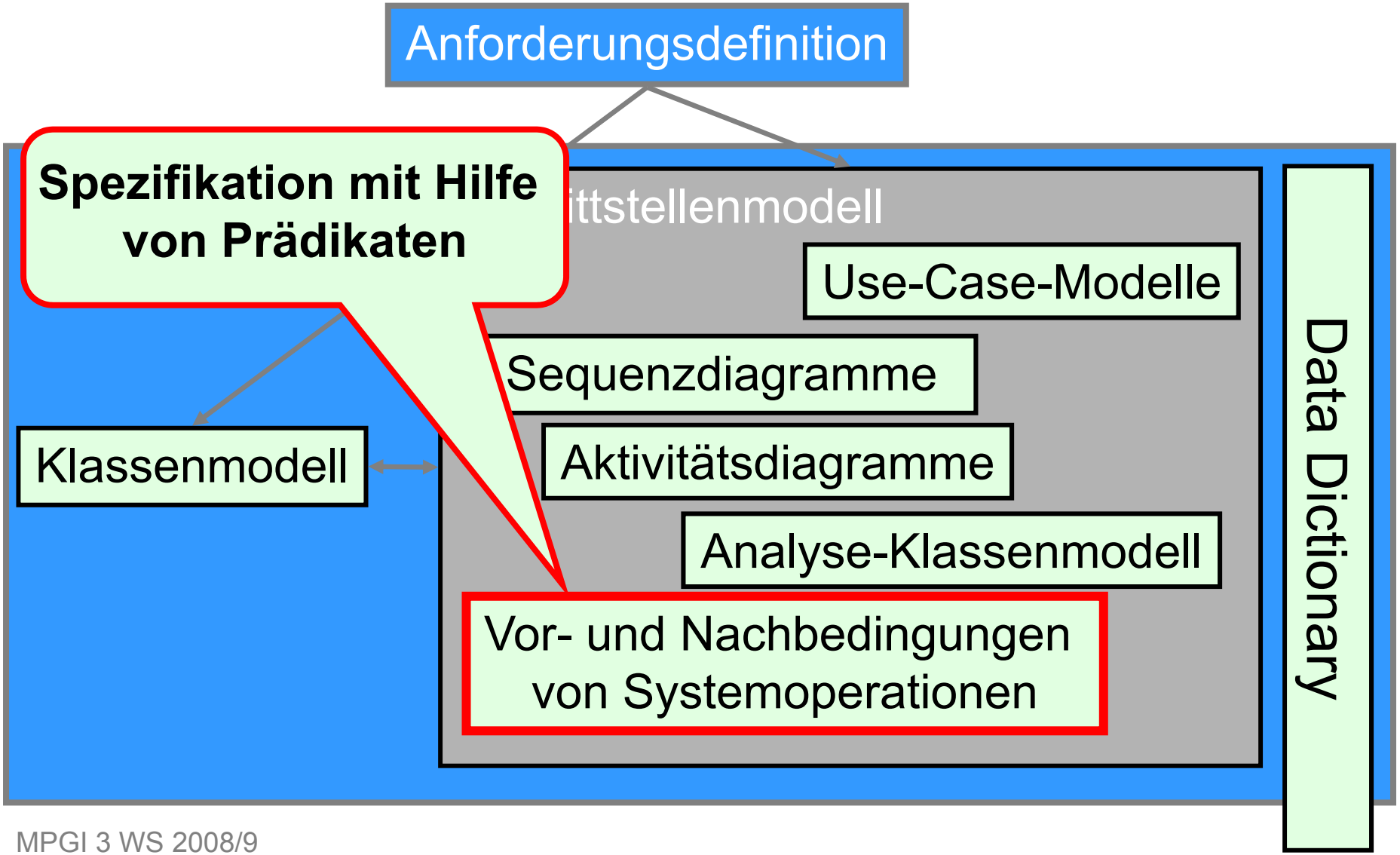
Andreas Mertgen (Organisation)

Rojahn Ahmadi, Georgy Dobrev, Daniel Gómez Esperón, Simon Rauterberg, Jennifer Ulrich (Tutoren)

Was machen wir heute?

- **Rückblick Analyse**
  - Operationsschema am Beispiel der Werkstatt
- **Entwurf**
  - Überblick
  - **Kommunikationsdiagramme**
  - Beispiele für die Werkstatt

Analyse, letzter Schritt: Operationsschema



Zusammenfassung: Operationsmodell

- Spezifikation von Vor- und Nachbedingungen auf dem Systemzustand
- Erstellung eines **Operationsschemas** für **jede** Systemoperation
- Methodische Einordnung zwischen Analyse- und Entwurfsphase
- Spezifikation der Prädikate auf Basis von Z

Aufbau eines Operationsschemas

Operation	=	Name der Operation
Description	=	informelle Beschreibung
Input	=	Eingabeparameter
Sends	=	erzeugte Ausgabeereignisse
Reads	=	(nur) gelesene Objekte / Attribute
Changes	=	(möglicherweise) geänderte Objekte / Attribute
Pre	=	Annahmen an den Vorzustand
Post	=	Beziehung zwischen Vor- und Nachzustand

Notationen für Operationsschema

Changes = a: Auftrag **type**	**Grundtyp einer Klasse:** Deklaration von neu zu erzeugenden Objekten
Reads = a: Auftrag **with** a.id = aid	**Qualifikation von Variablen:** Deklaration von Variablen mit zusätzlichen Bedingungen (➡ implizite Vorbedingung)
Pre = **implicit**	**Implizite Vorbedingungen** falls **with**-Konstrukt in **Reads**- oder **Changes**
Changes = a: Auftrag **type** **Post** = a **new**	**Erzeugen von Objekten:** Abkürzungen für Auftrag‘ = Auftrag ∪ { a }
Changes = a: Auftrag **Post** = a **delete**	**Löschen von Objekten:** Abkürzungen für Auftrag‘ = Auftrag \ { a }
Sends = Mechaniker :{Nachricht} **Post** = is_sent {Nachricht}	**Versenden von Nachrichten:** Sende Nachricht an Mechaniker
Changes = a: Auftrag **Post** = $C_1 \Rightarrow$ a.status‘ = aktiv $C_2 \Rightarrow$ **no_effect**	**Nachbedingungen (partiell) ohne Effekt:** Abkürzung für a.status‘ = a.status

Notationen in Z: Schreibweise für Quantoren

Grundaufbau:

$\forall x : T \bullet Q\ x$ oder $\exists x : T \bullet Q\ x$

Beispiel:

$\forall x : \mathbb{N} \bullet x > 5$ oder $\exists x : \mathbb{N} \bullet x < 0$

Optionale Erweiterung:

$\forall x : T \mid P\ x \bullet Q\ x$ oder $\exists x : T \mid P\ x \bullet Q\ x$

Beispiel:

$(\forall x : \mathbb{N} \mid x < 2 \bullet Q\ x) \Leftrightarrow (\forall x : \{0,1\} \bullet Q\ x)$

Notationen in Z: Schreibweise für Mengen

Grundaufbau *set-comprehension*:

$\{ x : T \mid P\ x \}$

Beispiel:

$\{ x : \mathbb{N} \mid x < 5 \} = \{ 0,1,2,3,4 \}$

Optionale Erweiterung:

$\{ x : T \mid P\ x \bullet Q\ x \}$

Beispiel:

$\{ x,y : \mathbb{N} \mid x < 5 \land y < 1 \bullet x * y \} = \{ 0 \}$

Notationen in Z: Fallunterscheidungen

Grundaufbau:

$(C_1 \Rightarrow P_1) \wedge (C_2 \Rightarrow P_2) \wedge \ldots$

Alternativ *if-then-else* Konstrukte:

if C_1 then P_1 else (if C_2 then P_2 else …)

Beispiel für notwendig disjunkte Bedingungen:

$(C_1 \Rightarrow x' = x) \wedge (C_2 \Rightarrow x' = \neg x)$

Erstellung eines Operationsschemas

1.	**Operation**	=	Name der Operation
	Description	=	informelle Beschreibung
	Input	=	Eingabeparameter
	Sends	=	erzeugte Ausgabeereignisse
	Reads	=	(nur) gelesene Objekte / Attribute
	Changes	=	(möglicherweise) geänderte Objekte / Attribute
	Pre	=	Annahmen an den Vorzustand
	Post	=	Beziehung zwischen Vor- und Nachzustand

Schritt 1: Name und Informelle Beschreibung

Operation = material_eintragen

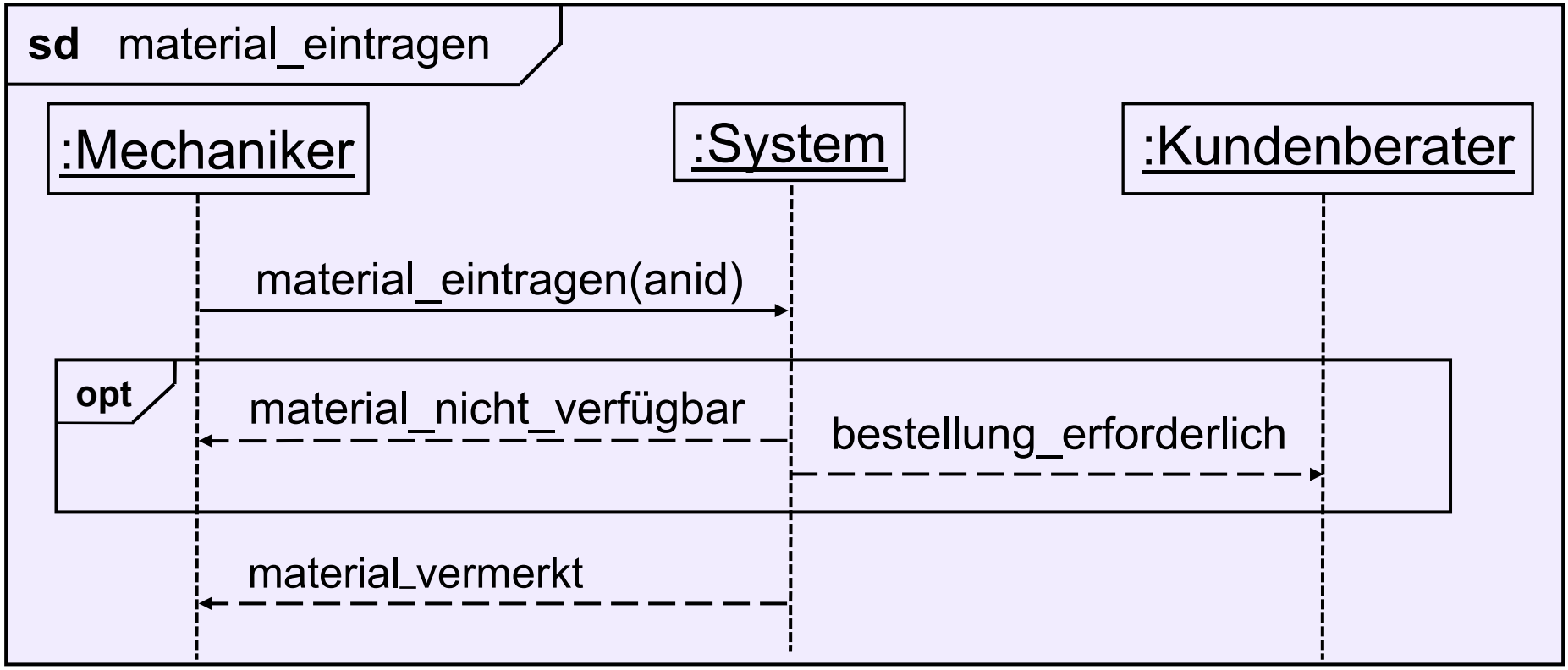
Description = Ein Mechaniker stellt bei der Bearbeitung einer Anweisung fest, dass Material benötigt wird. Er **trägt** dieses **Material unter Angabe der** benötigten **Anzahl** im System **ein**. **Sollte** im Lager **nicht genug** Material **verfügbar sein**, **so wird** das **Büro informiert** und dem Mechaniker eine entsprechende Meldung gegeben.

Erstellung eines Operationsschemas

2.

Operation	=	Name der Operation
Description	=	informelle Beschreibung
Input	=	Eingabeparameter
Sends	=	erzeugte Ausgabeereignisse
Reads	=	(nur) gelesene Objekte / Attribute
Changes	=	(möglicherweise) geänderte Objekte / Attribute
Pre	=	Annahmen an den Vorzustand
Post	=	Beziehung zwischen Vor- und Nachzustand

Einschub: Betrachte Sequenzdiagramm



Schritt 2: Eingaben und Ausgabeereignisse

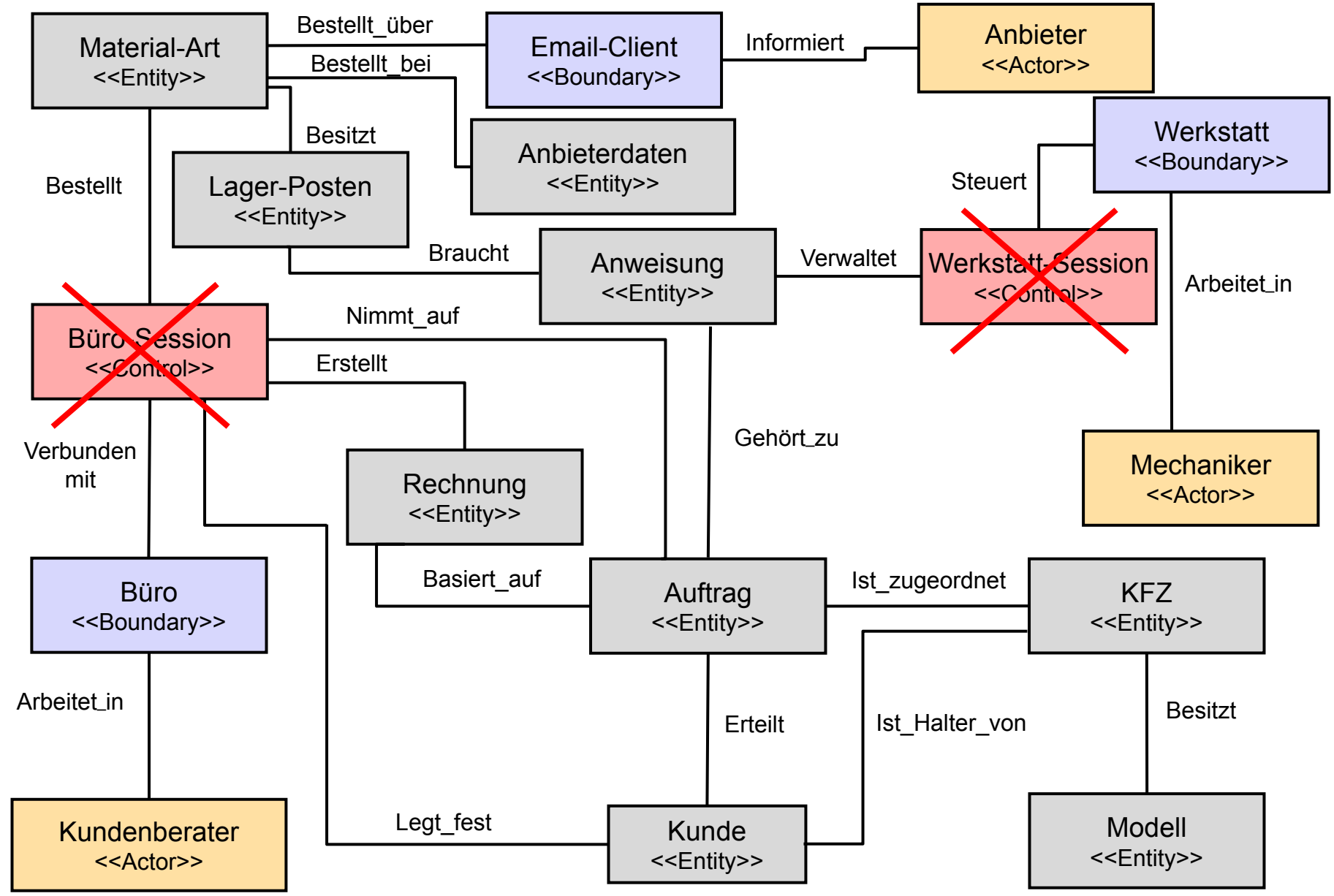
Input = anweisung_id : ANID,
material_id : MATID,
anzahl : NAT

Sends = Mechaniker : { material_nicht_verfügbar,
material_vermerkt },
Kundenberater : { bestellung_erforderlich }

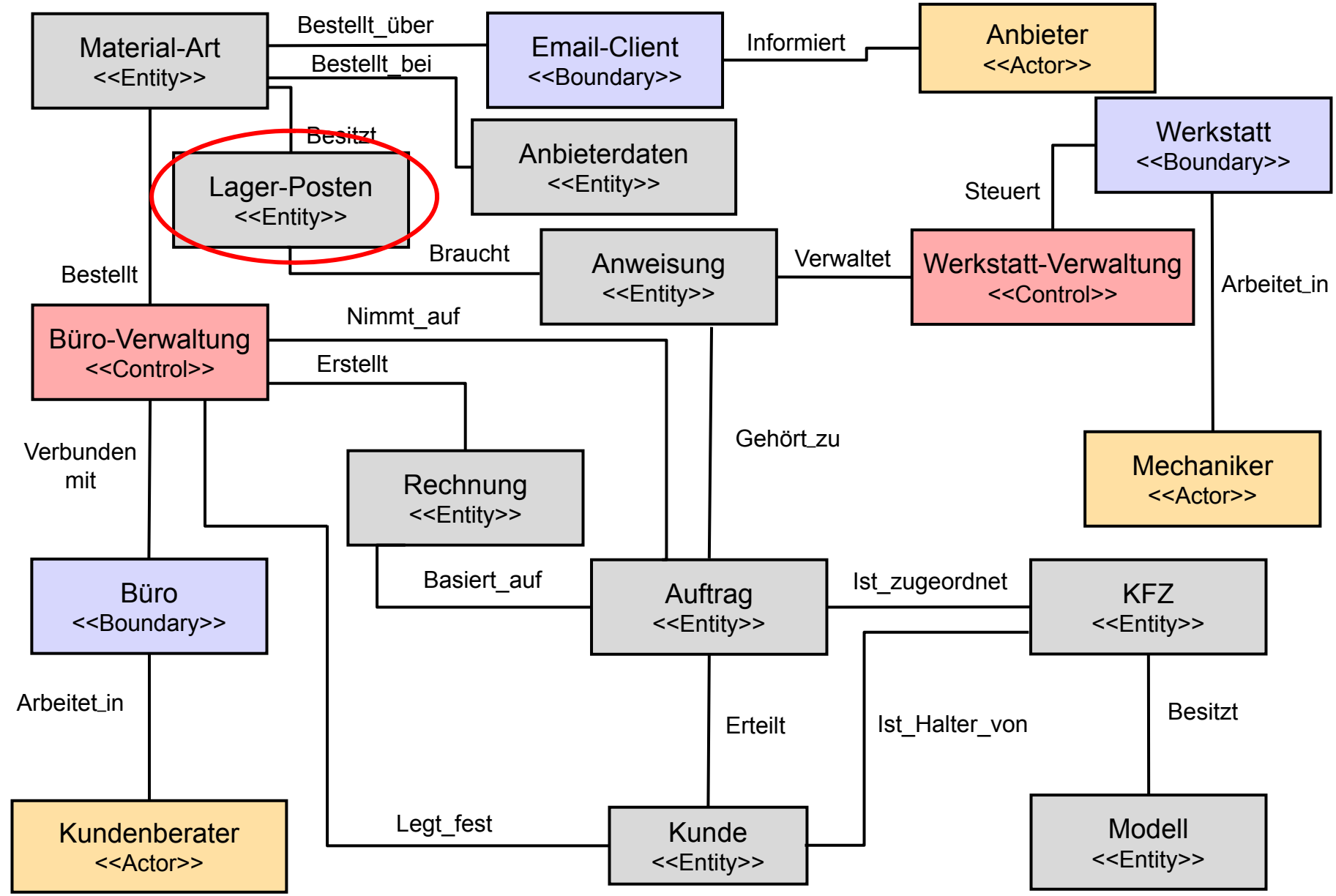
Erstellung eines Operationsschemas

	Operation	=	Name der Operation
	Description	=	informelle Beschreibung
	Input	=	Eingabeparameter
	Sends	=	erzeugte Ausgabeereignisse
3.	**Reads**	=	(nur) gelesene Objekte / Attribute
3.	**Changes**	=	(möglicherweise) geänderte Objekte / Attribute
	Pre	=	Annahmen an den Vorzustand
	Post	=	Beziehung zwischen Vor- und Nachzustand

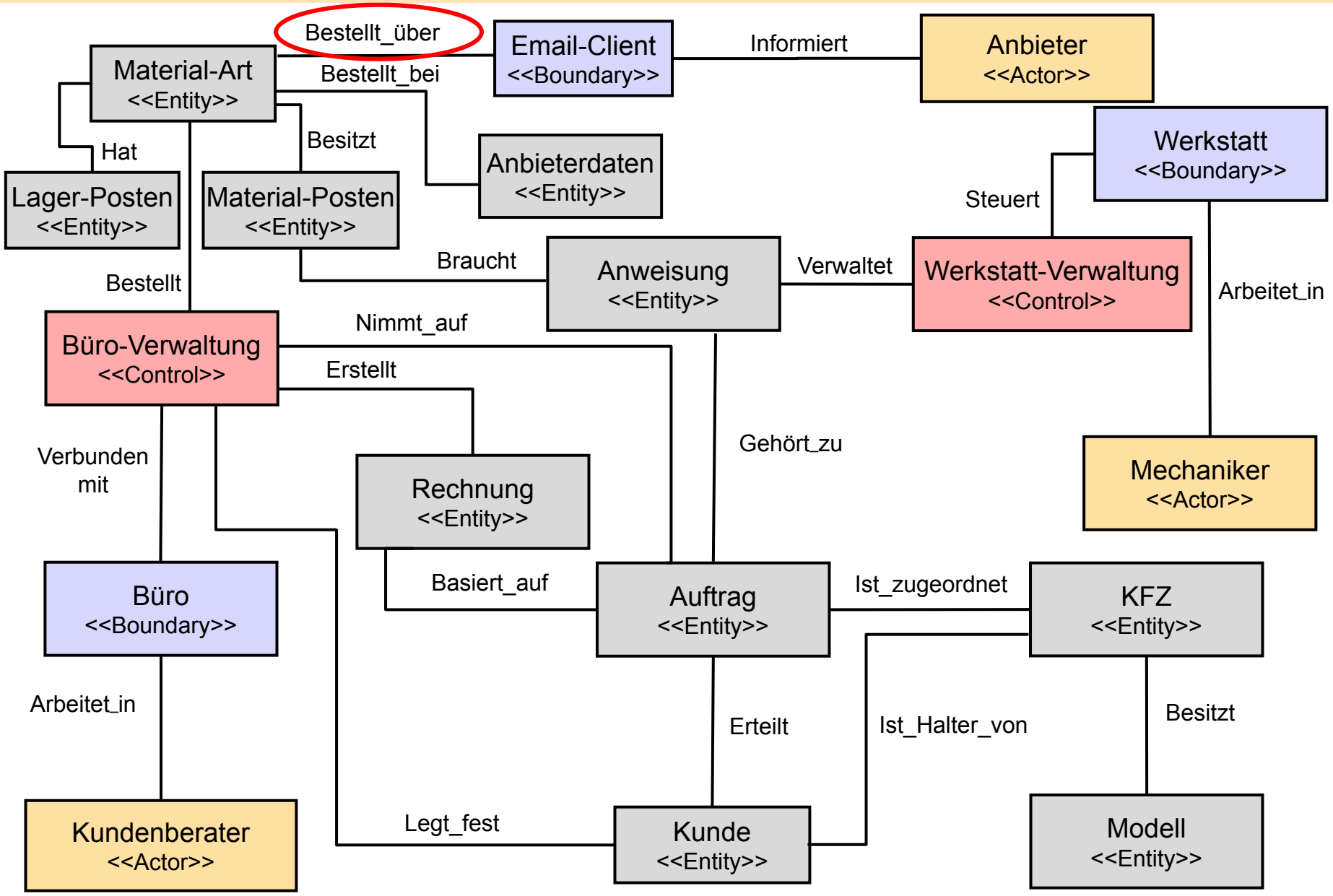
Einschub: Betrachte Systemklassenmodell



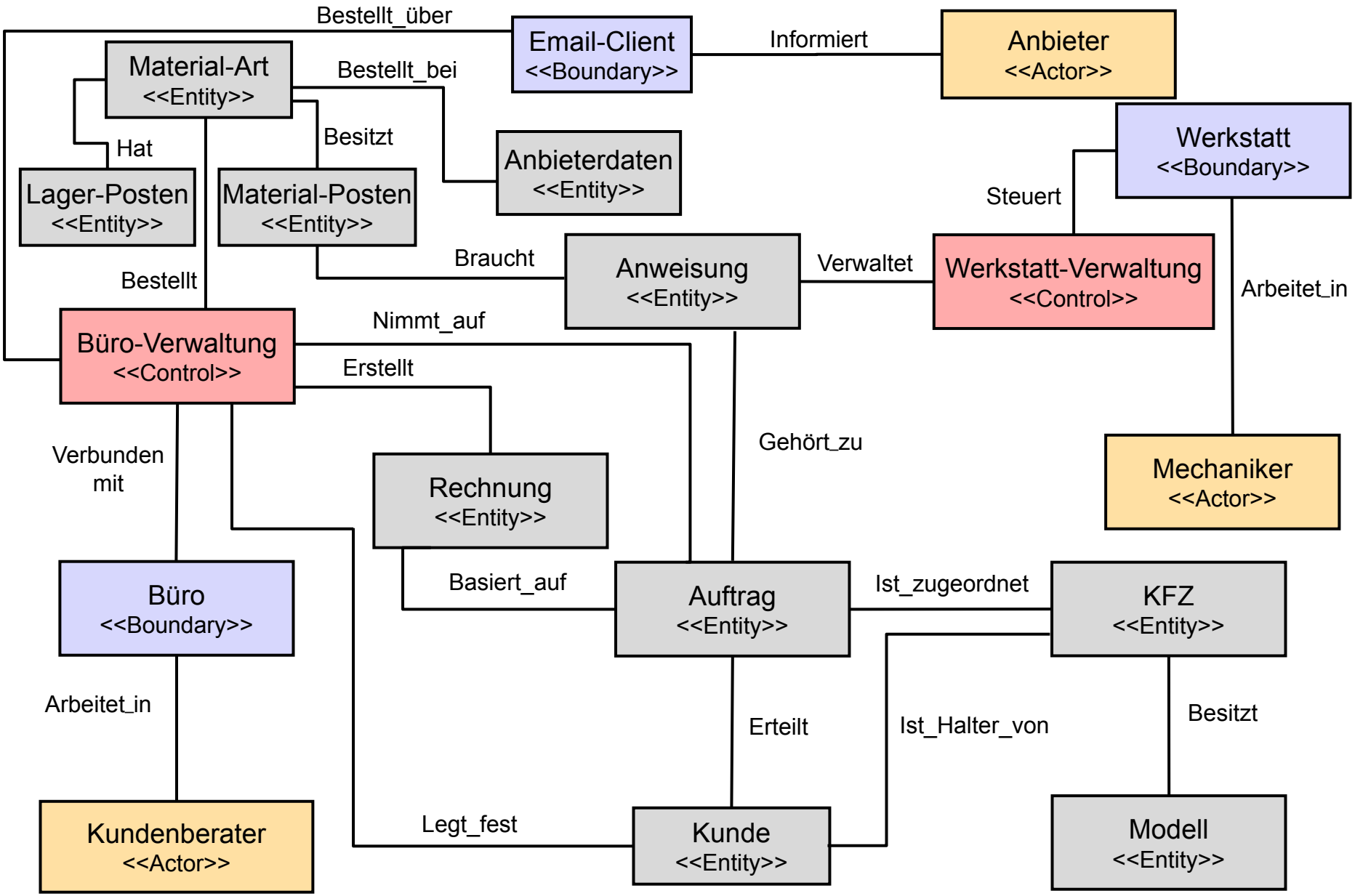
Einschub: Verändertes Systemklassenmodell



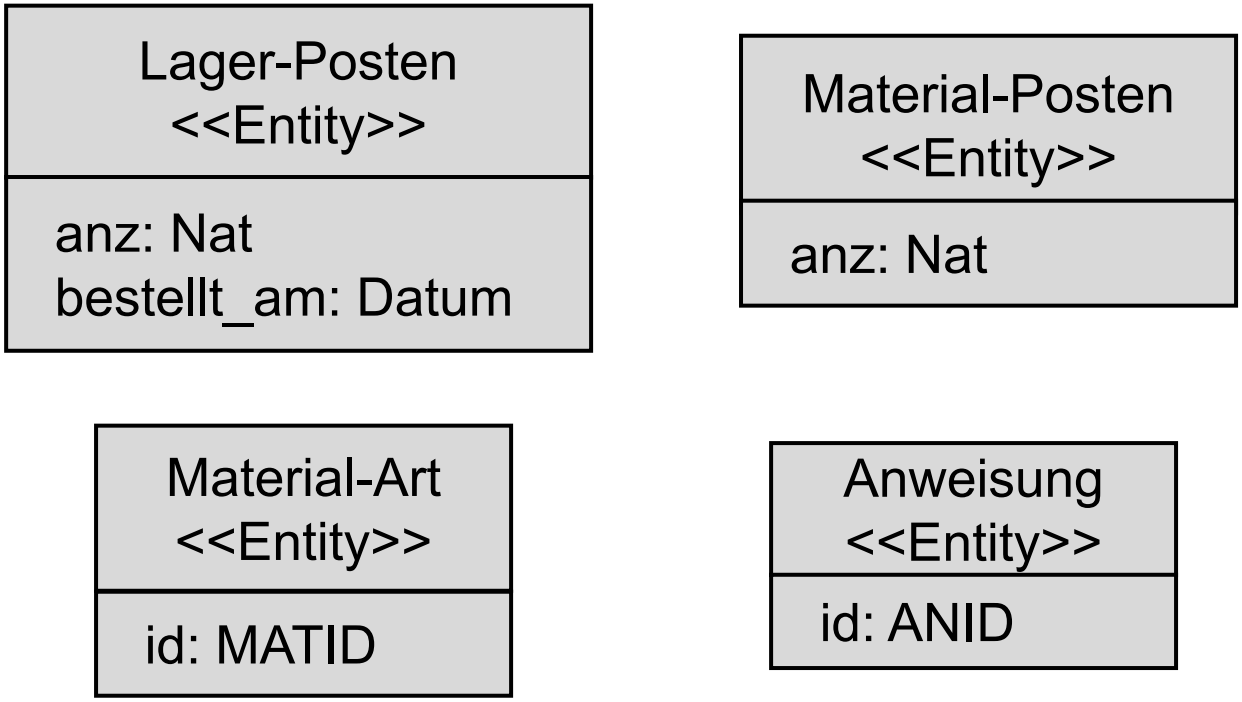
Einschub: Verändertes Systemklassenmodell



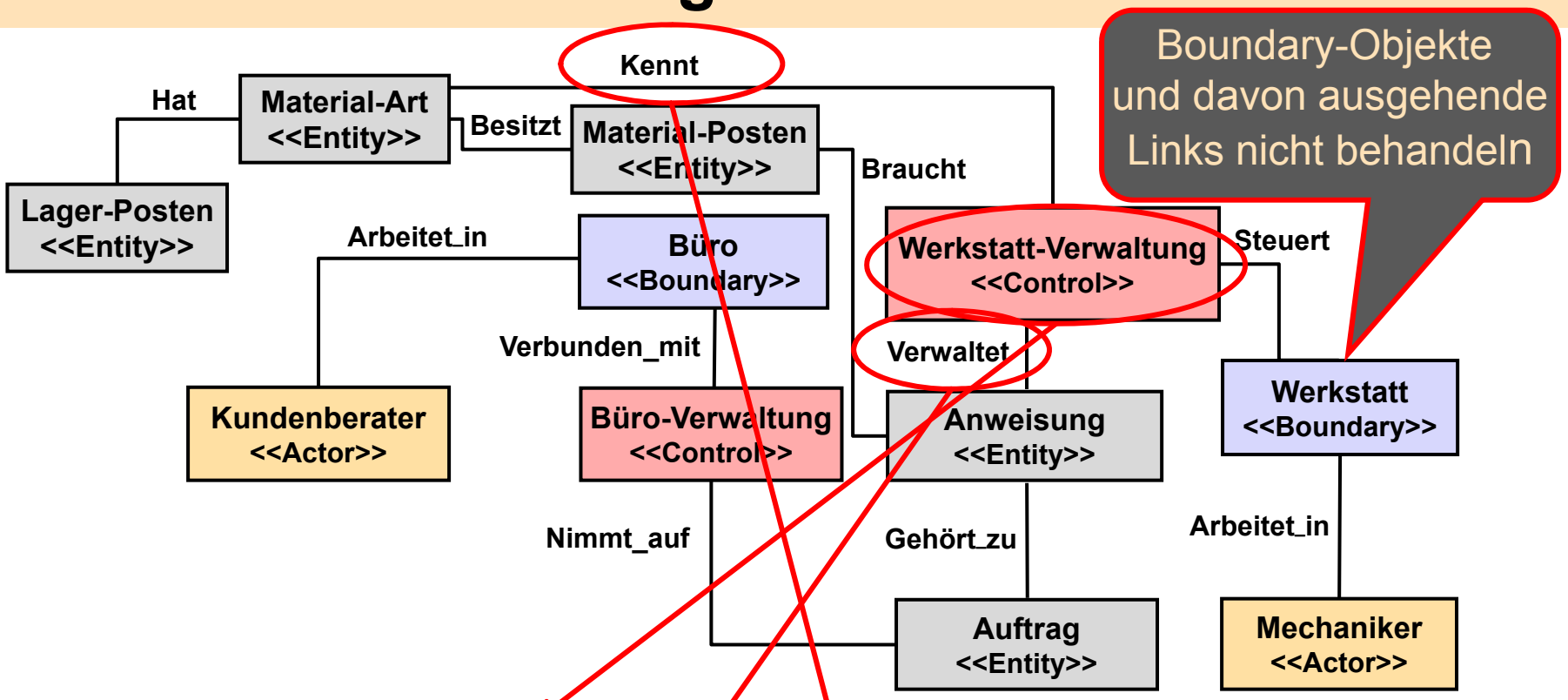
Einschub: Verändertes Systemklassenmodell



Einschub: Relevante Attribute im Klassenmodell

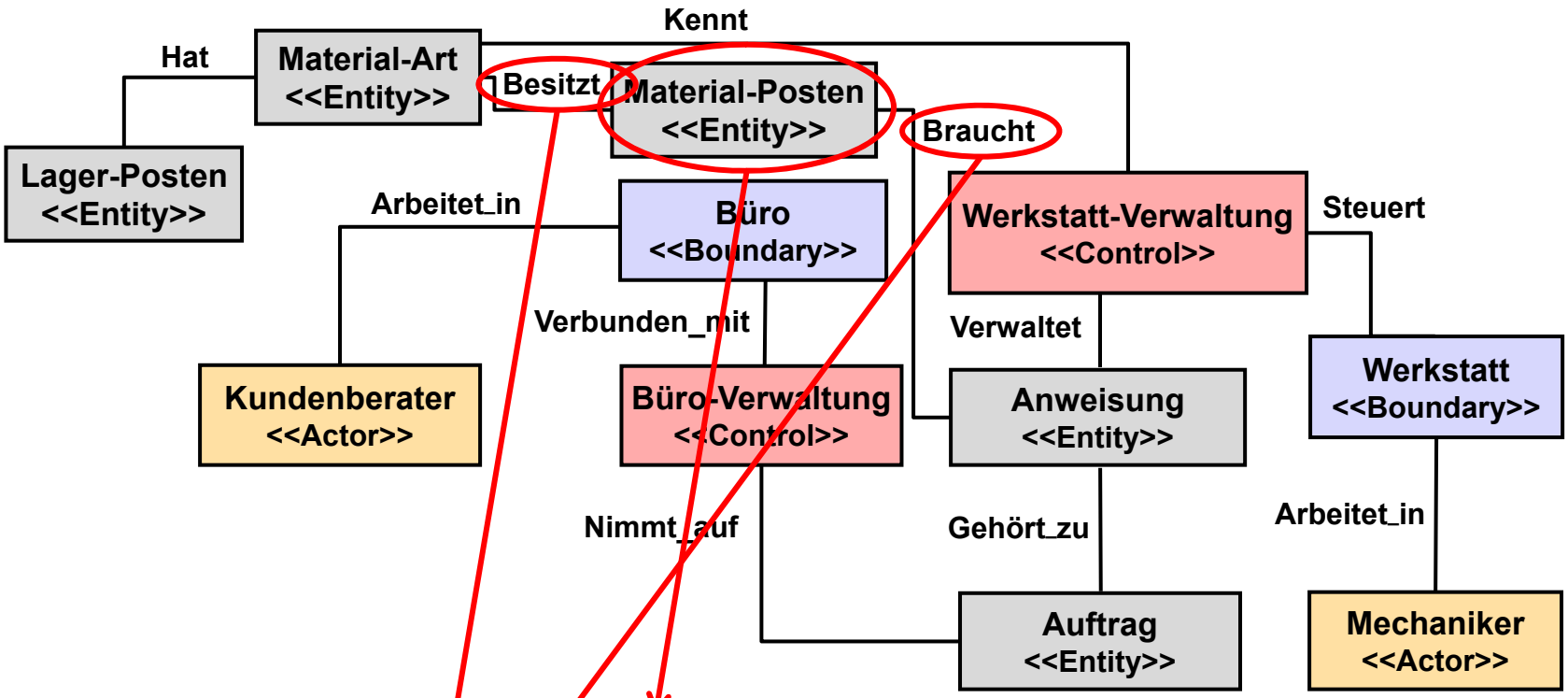


Schritt 3: Ableitung des Reads-Teiles



Reads = w : Werkstatt-Verwaltung, Anweisung,
Lager-Posten, Verwaltet, Kennt, Material-Art, Hat,
an : Anweisung **with** an.id = anweisung_id $\wedge$ (w,an) $\in$ Verwaltet
mat : Material-Art **with** mat.id = material_id $\wedge$ (w,mat) $\in$ Kennt

Schritt 3: Ableitung des Changes-Teiles



Changes = mp: Material-Posten **type**, Material-Posten
Braucht,
Besitzt

Erstellung eines Operationsschemas

	Operation	=	Name der Operation
	Description	=	informelle Beschreibung
	Input	=	Eingabeparameter
	Sends	=	erzeugte Ausgabeereignisse
	Reads	=	(nur) gelesene Objekte / Attribute
	Changes	=	(möglicherweise) geänderte Objekte / Attribute
	Pre	=	Annahmen an den Vorzustand
4.	**Post**	=	Beziehung zwischen Vor- und Nachzustand

Schritt 4: Ableitung des Pre- und Post-Teiles

Pre = **implicit**

Post = **let**

verfügbar == { |

benötigt == { | Besitzt };

$anzahl_{LP}$ == $\sum_{LP}$ verfügbar;

$anzahl_{MP}$ == $\sum_{MP}$ benötigt

●

($anzahl_{LP} < anzahl_{MP} + anzahl \Rightarrow$

(**is_sent** { material_nicht_verfügbar } $\wedge$

is_sent { bestellung_erforderlich })) $\wedge$

mp **new** $\wedge$ mp.anz‘ = anzahl $\wedge$

is_sent { material_vermerkt } $\wedge$

Braucht‘ = Braucht $\cup$ { (an, mp) } $\wedge$

Besitzt‘ = Besitzt $\cup$ { (mp, mat) }

Es gibt implizite Vorbedingungen aus Reads oder Changes (with)

Schritt 4: Ableitung des Pre- und Post-Teiles

Pre = implicit

Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (l,m) ∈ Hat };
benötigt == { m : Material-Posten | (m,mat) ∈ Besitzt };
$anzahl_{LP}$ == $\sum_{LP}$ verfügbar;
$anzahl_{MP}$ == $\sum_{MP}$ benötigt

●

($anzahl_{LP}$ < anza... ⇒
(**is_sent** { m... nicht_verfügbar } ∧
is_sent ... ∧
mp **new** ∧ mp.
is_sent { material_vermerkt } ∧
Braucht‘ = Braucht ∪ { (an, mp) } ∧
Besitzt‘ = Besitzt ∪ { (mp, mat) }

Abkürzungen mit **let**-Konstrukt einführen!

Schritt 4: Ableitung des Pre- und Post-Teiles

Pre = implicit

Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (l,m) ∈ Hat };
benötigt == { m : Material-Posten | (m,mat) ∈ Besitzt };
$anzahl_{LP}$ == $\sum_{LP}$ verfügbar;
$anzahl_{MP}$ == $\sum_{MP}$ benötigt

●

($anzahl_{LP}$ < $anzahl_{MP}$ + anzahl ⇒
(**is_sent** { material_nicht_verfügbar } ∧
is_sent { bestellung_erforderlich })) ∧

mp **new** ∧ mp.anz‘ = anzahl ∧
is_sent { materia merkt } ∧
Braucht‘ = Brauc
Besitzt‘ = Besit

Fallunterscheidung
zur Bestellung von Material!

Schritt 4: Ableitung des Pre- und Post-Teiles

Pre = implicit

Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (l,m) ∈ Hat };

benötigt == { n | (m,mat) ∈ Besitzt };

$anzahl_{LP}$ == ...

$anzahl_{MP}$ == ...

●

($anzahl_{LP}$ < anz... $_{MP}$ + anzahl ⇒

(**is_sent** { material_nicht_verfügbar } ∧

is_sent { bestellung_erforderlich })) ∧

mp **new** ∧ mp.anz‘ = anzahl ∧

is_sent { material_vermerkt } ∧

Braucht‘ = Braucht ∪ { (an, mp) } ∧

Besitzt‘ = Besitzt ∪ { (mp, mat) }

Erstellung eines neuen Objekts und Initialisierung

Schritt 4: Ableitung des Pre- und Post-Teiles

Pre = implicit

Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (l,m) ∈ Hat };

benötigt == { m : Material-Posten | (m,mat) ∈ Besitzt };

$anzahl_{LP}$ == $\sum_{LP}$ verfügbar;

$anzahl_{MP}$ == $\sum_{MP}$ benötigt

●

($anzahl_{LP}$ < $anzahl_{MP}$ + anzahl ⇒

(**is_sent** { material_nicht_verf

is_sent { bestellung_erforderl }))

mp **new** ∧ mp.anz‘ = anzahl ∧

is_sent { material_vermerkt } ∧

Braucht‘ = Braucht ∪ { (an, mp) } ∧

Besitzt‘ = Besitzt ∪ { (mp, mat) }

Versenden einer Nachricht

Schritt 4: Ableitung des Pre- und Post-Teiles

Pre = implicit

Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (

benötigt == { m : Material-Poste

zt };

$anzahl_{LP} == \sum_{LP}$ verfügbar;

$anzahl_{MP} == \sum_{MP}$ benötigt

●

$(anzahl_{LP} < anzahl_{MP} + anzahl \Rightarrow$

(**is_sent** { material_nicht_verfügbar } $\wedge$

is_sent { bestellung_erforderlich })) $\wedge$

mp **new** $\wedge$ mp.anz‘ = anzahl $\wedge$

is_sent { material_vermerkt } $\wedge$

Braucht‘ = Braucht $\cup$ { (an, mp) } $\wedge$

Besitzt‘ = Besitzt $\cup$ { (mp, mat) }

Definition neuer Operatoren ?

Erweitern von Assoziationen

Einschub: Definitionen für Operatoren in Z

$$\Sigma_{LP} : \mathbb{P}\ \text{Lager-Posten} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$\Sigma_{LP}(\{\}) = 0$$

$$\forall\ M : \mathbb{P}_1\ \text{Lager-Posten} \bullet$$
$$\forall\ m : M \bullet$$
$$\Sigma_{LP}(M) = \Sigma_{LP}(M \setminus \{m\}) + m.anz$$

Axiomatische Beschreibung
ohne generische Typen!

Einschub: Definitionen für Operatoren in Z

Axiomatische Beschreibung
mit generischen Typen!

$[\mathbf{T}]$

$$\Sigma : \mathbb{P}\, \mathbf{T} \times (\mathbf{T} \to \mathbb{N}) \to \mathbb{N}$$

$$\forall op : (\mathbf{T} \to \mathbb{N}) \bullet$$
$$\Sigma\,(\{\},op) = 0 \wedge$$
$$\forall\, M : \mathbb{P}_1\, \mathbf{T} \bullet$$
$$\forall\, m : M \bullet$$
$$\Sigma\,(M,op) = \Sigma\,(M \setminus \{m\},op) + op(m)$$

Anwendung von generischen Operatoren

Pre = implicit

Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (l,m) ∈ Hat };

benötigt == { m : Material-Posten | (m,mat) ∈ Besitzt };

anzahl $_{LP}$ == ∑ verfügbar (λ l : Lager-Posten • l.anz);

anzahl $_{MP}$ == ∑ benötigt (λ m : Material-Posten • m.anz)

•

(anzahl $_{LP}$ < anzahl $_{MP}$ + anzahl ⇒

(**is_sent** { material_nicht_verfügbar } ∧

is_sent { bestellung_erforderlich })) ∧

mp **new** ∧ mp.n‘ = anzahl ∧

is_sent { material_vermerkt } ∧

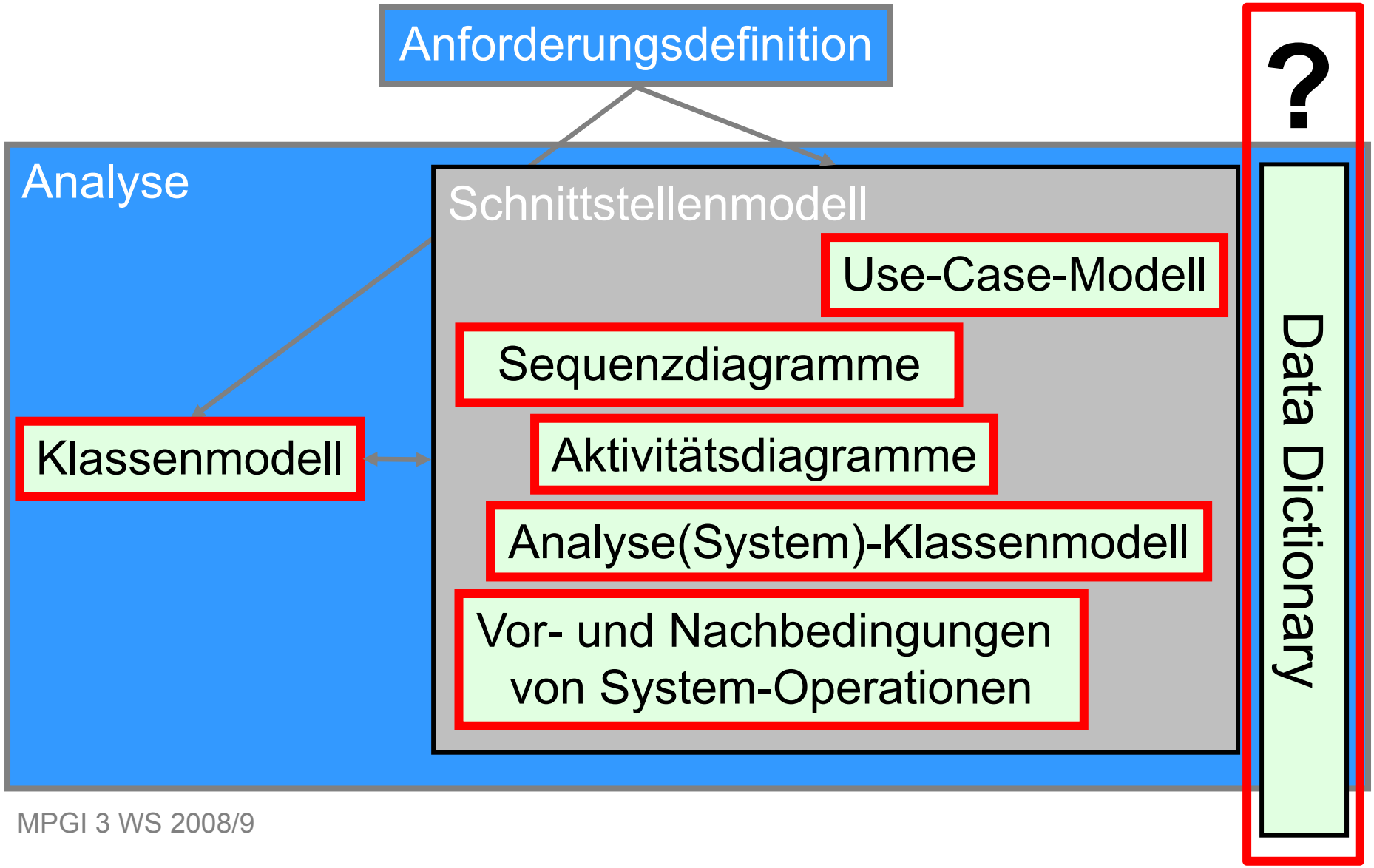
Braucht‘ = Braucht ∪ { (an, mp) } ∧

Besitzt‘ = Besitzt ∪ { (mp, mat) }

Die Analyse haben wir geschafft!

Wir glauben jetzt zu wissen,
was das System tun soll.

Diese Modelle dokumentieren unser Wissen …



Aufbau des Datenlexikons (Data Dictionary)

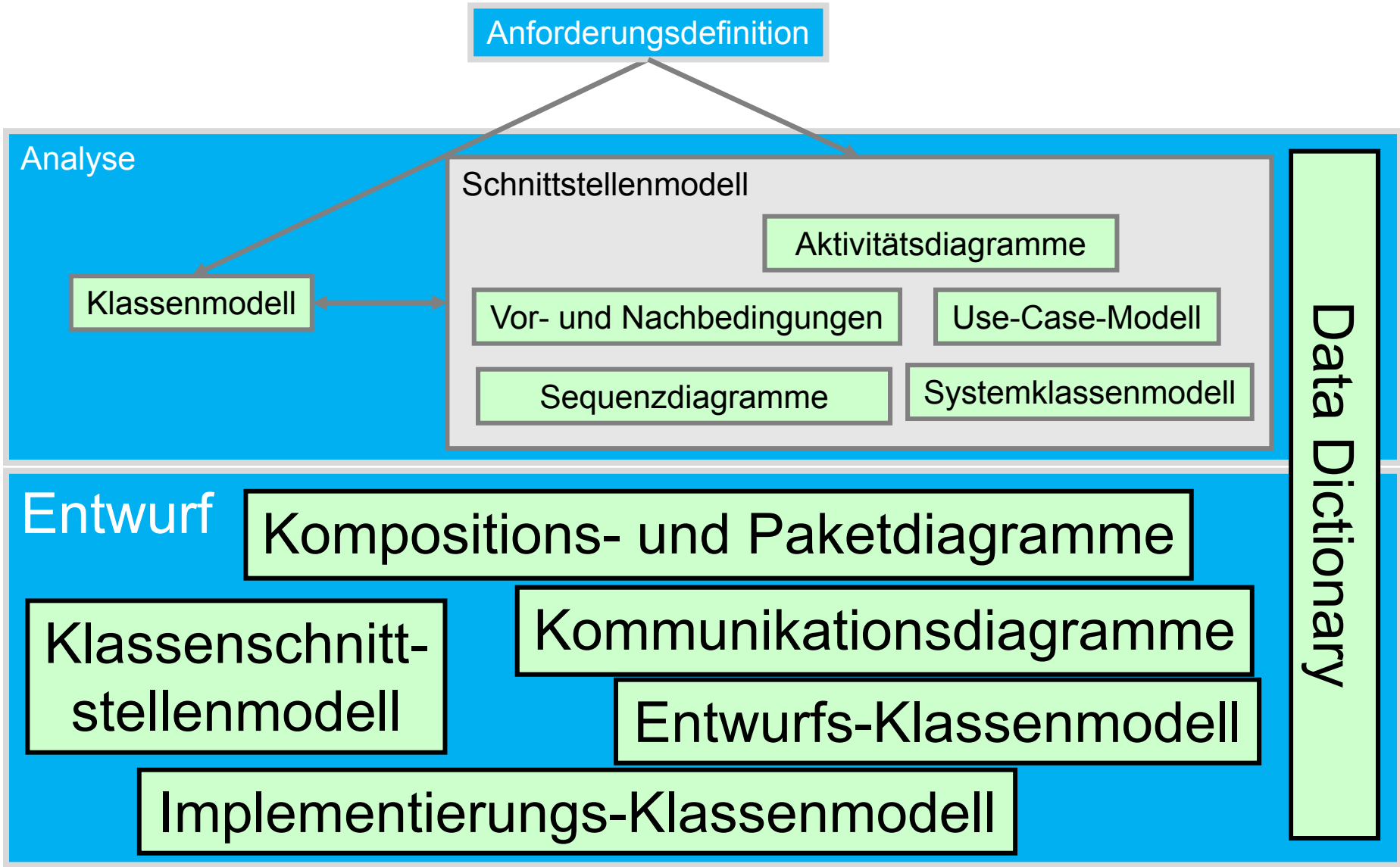
Name	Art	Beschreibung	Quelle
Büro	Boundary-Klasse	Schnittstelle, über die die Bürokräfte mit dem System kommunzieren	Systemklassen-modell
Werkstatt	Boundary-Klasse	Schnittstelle, über die die Meachaniker mit dem System kommunzieren	Systemklassen-modell
Auftrag	Entity-Klasse	Datenklasse, in der Informationen über einen Auftrag abgelegt sind	Systemklassen-modell
Status	Aufzählungs-typ	Status einer Reparaturanweisung (bereit zur Bearbeitung, momentan in Bearbeitung, Bearbeitung beendet)	Systemklassen-modell
…			

Tut alles, damit die TutorInnen sehr leicht und schnell alle Begriffe finden!

Der Entwurf beginnt!

Wie erfüllt unser System die gewünschten Aufgaben?

Entwurfsmodelle in der UML



Methodisches Vorgehen im Entwurf

1. **Festlegen der Systemarchitektur**

   Kompositions- oder Paketdiagramme

2. **Klassenentwurf**

   Entwurfs-Klassenmodell

3. **Spezifikation von Schnittstellen**

   Kommunikations- und Sequenzdiagramme

4. **Detailentwurf**

   Implementierungs-Klassenmodell,
   Klassenschnittstellenmodell

Schritt 1: Festlegen der Systemarchitektur

- Identifiziere Komponenten (Subsysteme)
- Überprüfe alle Analyse-Klassen, ob sie Subsysteme repräsentieren
- Beschreibe die Architektur mit Kompositions- oder Paketdiagrammen
- Verwende Architektur-Muster, z.B.
  - Client/Server (technisch)
  - 3-Schichten-Architektur (sehr verbreitet) Boundary/Control/Entity

Schritt 2: Klassenentwurf

- Verfeinere solche Analyse-Klassen, die als Komponenten identifiziert wurden
- Beschreibe diese Analyse-Klassen durch mehrere Entwurfs-Klassen
- Entwickle detaillierte Beschreibungen für die Entwurfs-Klassen
  - alle Attribute
  - alle Operationen/Methoden

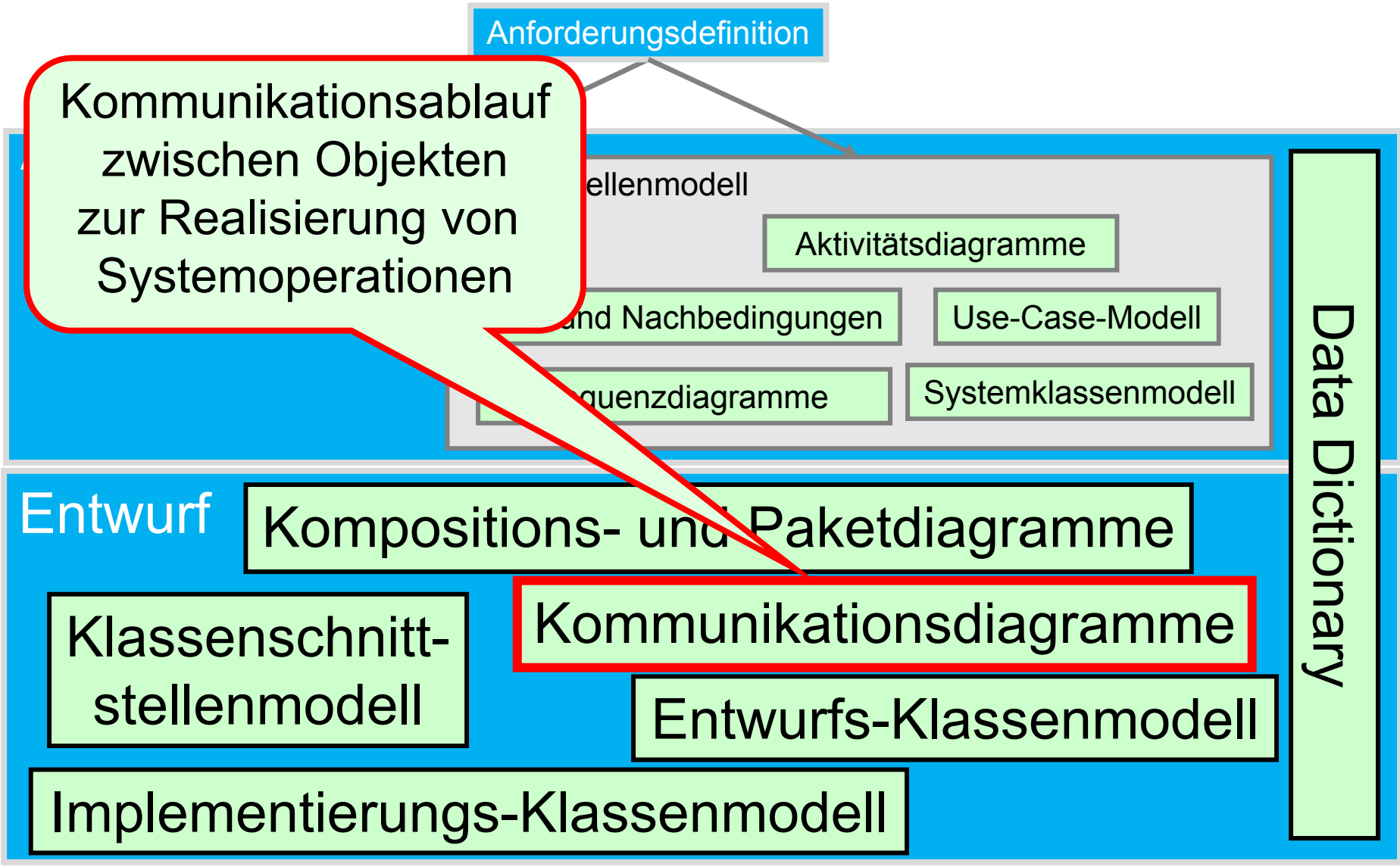
Schritt 3: Spezifikation von Schnittstellen

- Beschreibe Kommunikation zwischen Systemkomponenten und Objekten
- Entwickle hierfür Kommunikations- und Sequenzdiagramme
- Überprüfe Konsistenz zum Entwurfs-Klassenmodell
- Übertrage alle bei der Kommunikation verwendeten Attribute und Methoden

Schritt 4: Detailentwurf

- Berücksichtige erstmalig zu verwendende Programmiersprache (z.B. Mehrfachvererbung)
- Beschreibe alle Klassenelemente mit Sichtbarkeiten und detaillierten Datentypen
- Erstelle Implementierungs-Klassenmodell
- Leite daraus Klassenschnittstellenmodell ab
- Beschreibe das Verhalten ausgewählter Methoden durch Zustandsautomaten zur Codegenerierung

Entwurfsmodelle in der UML



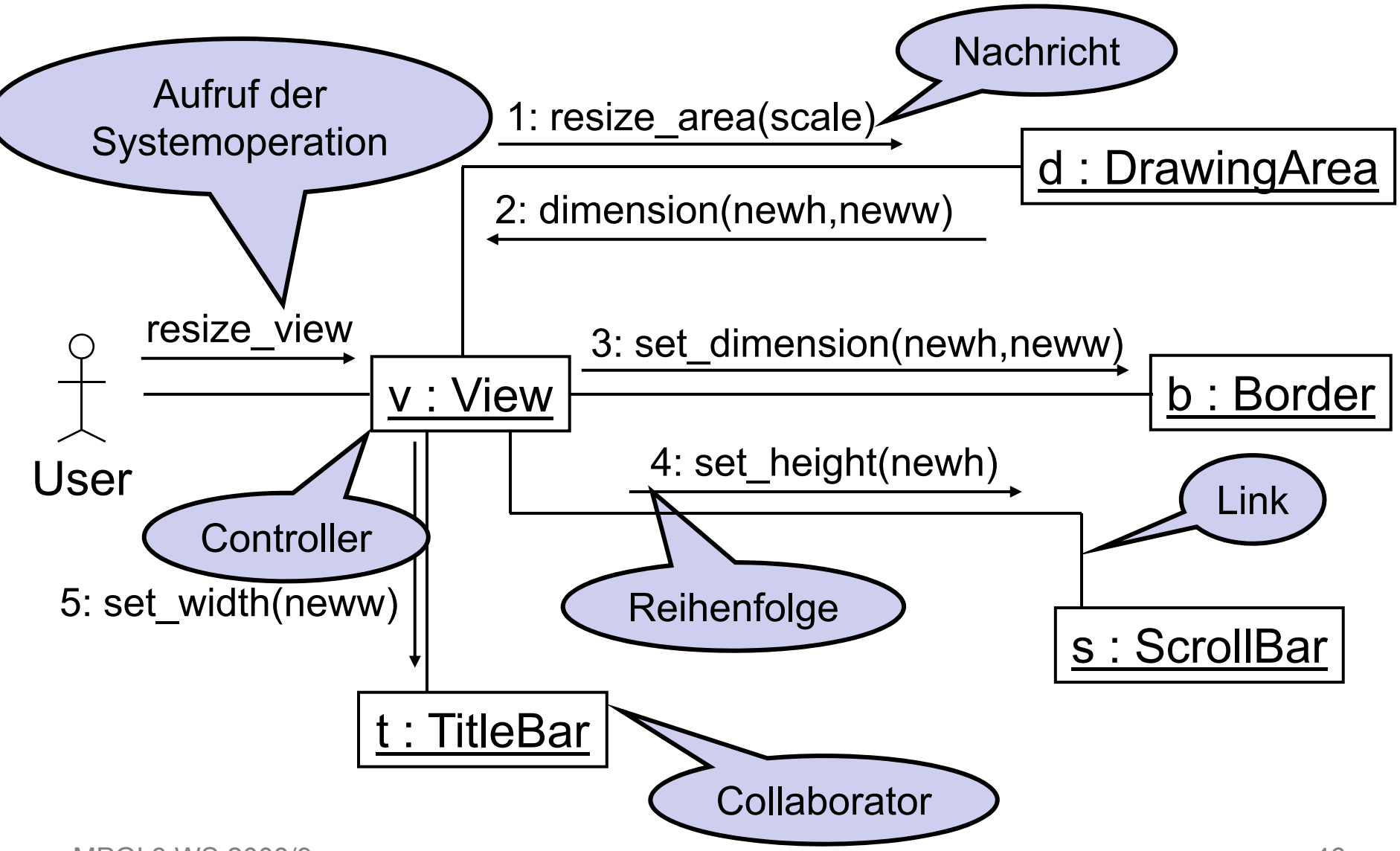
Entwurf mit Kommunikationsdiagrammen

- Modellierung auf Objektebene, nicht auf Klassenebene
- Zu **jeder** Systemoperation **ein** Kommunikationsdiagramm
  - Beschreibe **Kommunikationsstruktur** von allen beteiligten Objekten und Links
  - Untersuche **Ablauf der Kommunikation (synchron)** zwischen den Objekten entlang der Links zur Realisierung der Systemoperation

Bestandteile von Kommunikationsdiagrammen

- **Kontext (*collaboration*):**
  - Gruppe von Objekten (controller und collaborators)
  - durch Links verbunden
- **Nachricht (*message*):**
  - gerichteter Pfeil entlang eines Links
  - Name und Parameter der Nachricht
- **Sequenzierung:**
  - Nummern vor den Nachrichten

Beispiel für ein Kommunikationsdiagramm



Aufstellen eines Kommunikationsdiagramms

1. Bestimmen der Eingaben

- aus dem Operationsschema

2. Festlegen des Control-Objekts

- Kommunikation zwischen Boundary und Controller nicht behandeln

3. Behandeln von Fallunterscheidungen

- Identifizieren beteiligter Objekte
- Kommunizieren von Daten zwischen den Objekten
- Verarbeiten/Speichern von Daten in den Objekten
- Erzeugen/Löschen von Objekten
- Versenden von Rückmeldungen an Akteure

4. Prüfen auf Konformität zum Systemklassenmodell

- Aufbau eines Entwurf-Klassenmodells

Ausgangspunkt: Analysiere Operationsschema
Beispiel: nächste_anweisung_holen

Operation = nächste_anweisung_holen

Description = Ein Mechaniker druckt sich die nächste vorhandene Anweisung aus. Ist keine aktive Anweisung vorhanden, so bekommt er eine entsprechende Fehlermeldung.

Input = ***keine***

Reads = :Werkstatt-Verwaltung
Anweisung,
Verwaltet

Changes = an: Anweisung

Menge von Objekten (collection)

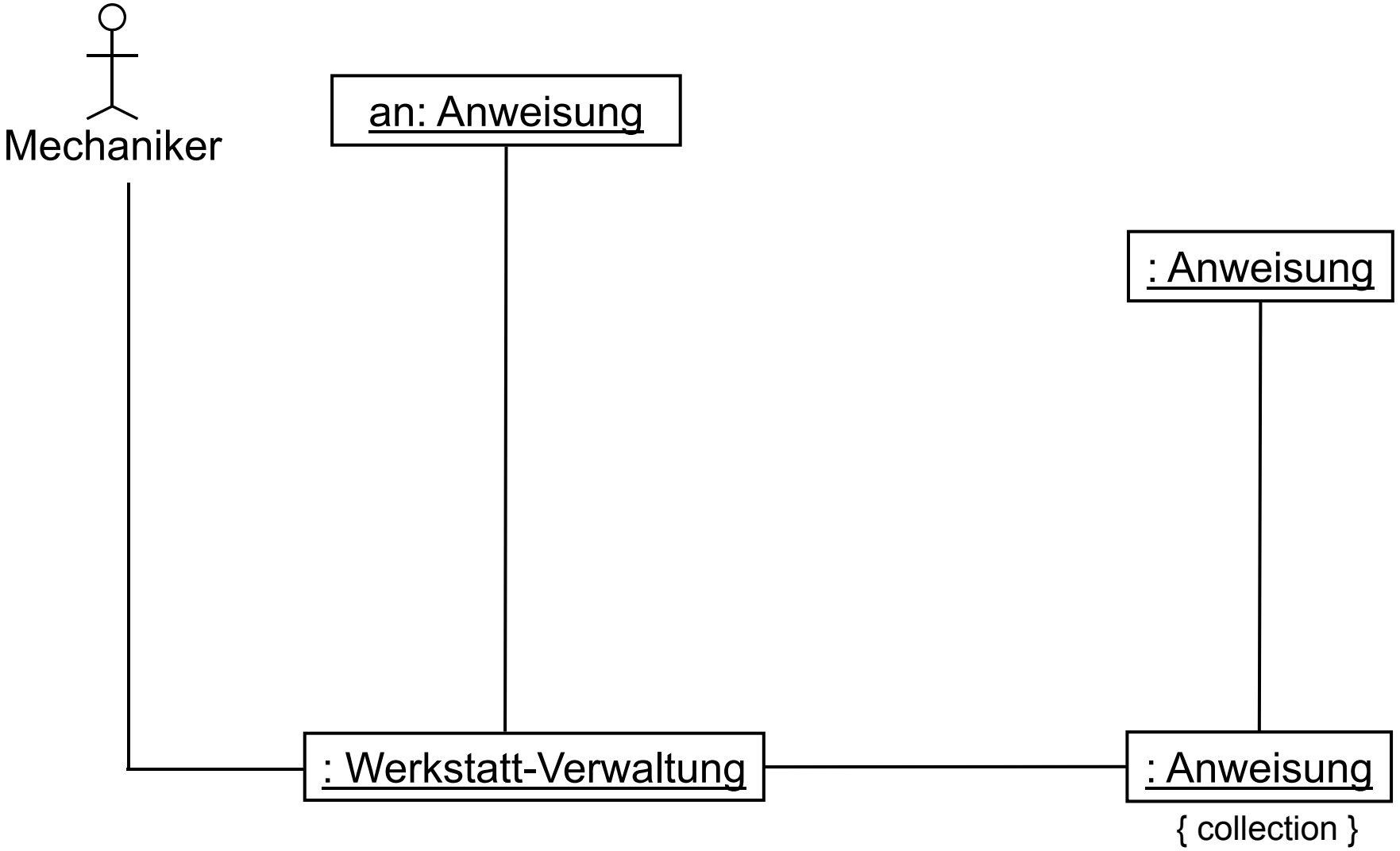
controller

Menge von Links

Object (collaborator)

Struktur: Welche Objekte sind beteiligt?

Beispiel: nächste_anweisung_holen



Kommunikation: Dynamischer Nachrichtenfluss

- beginnt durch Aufruf der Systemoperation
- empfangendes Objekt ist **Control-Objekt**
- Nachrichten können **nur vom jeweils aktiven Objekt** ausgehen
- Nachrichten können **nur entlang von Links** gesendet werden

Notation: Objekterzeugung und -vernichtung

Nachrichten (Operationen) im Nachrichtenfluss

- **Objekterzeugung**
  - **create** - mit Parametern
- **Objektvernichtung**
  - **destroy**

Notation: Bedingter Nachrichtenfluss

***nr* [*Bedingung*]: *var* := *Name* (*Parameter*)**

- **Nachrichten können bedingt gesendet werden**
  - Bedingung muss *lokal* überprüfbar sein
  - keine if-then-else *Blöcke*,
    d.h. Bedingungen müssen u.U. mehrfach überprüft werden.
- **Nachrichten können Ergebnisse speichern**
  - in lokalen Variablen Speichern
- **bis auf Name und Nummerierung sind alle Bestandteile optional**

zurück zum Ausgangspunkt: Operationsschema
Beispiel: nächste_anweisung_holen

Sends = Mechaniker : { anweisung_gedruckt,
keine_anweisung_vorhanden}

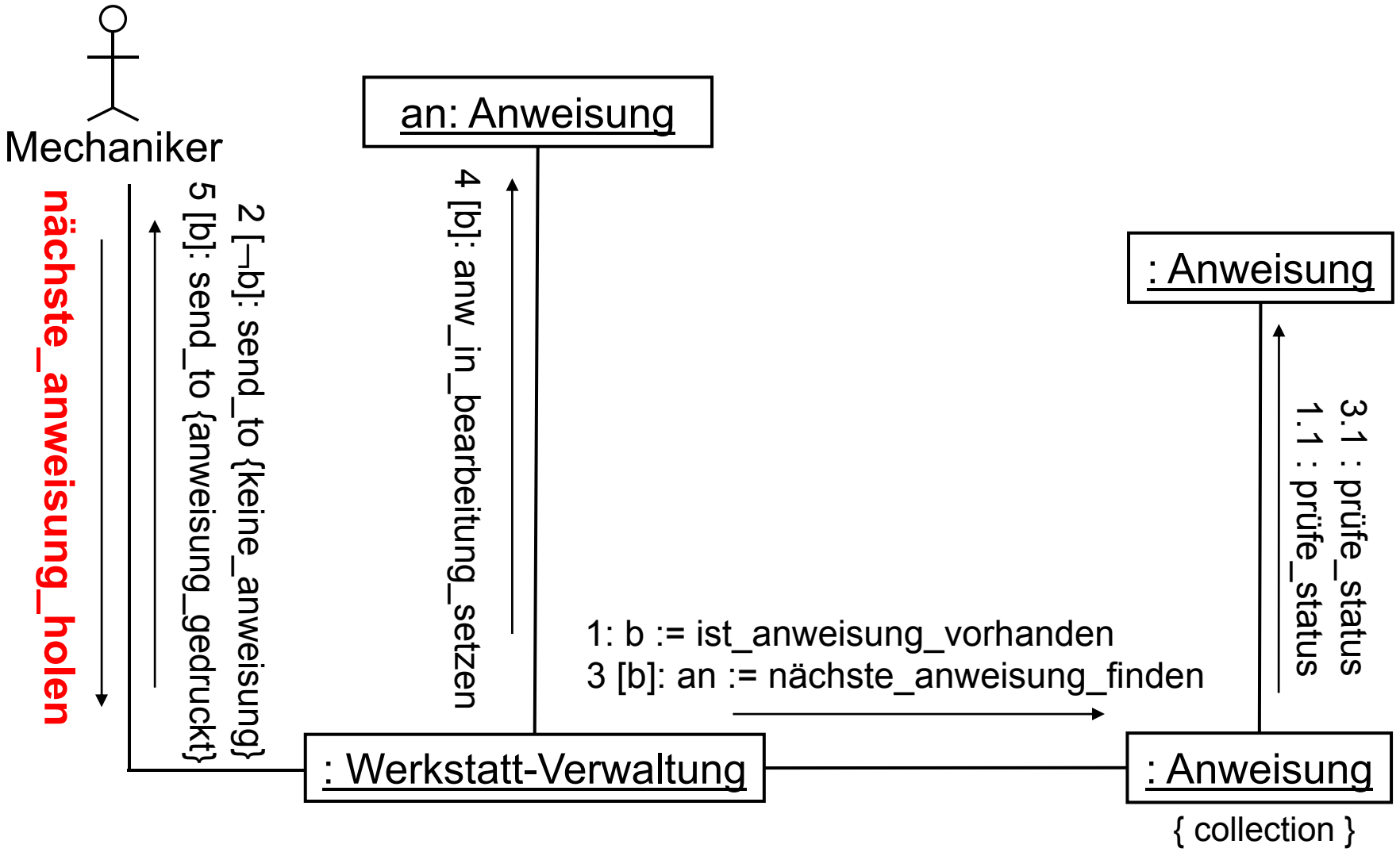
Pre = **implicit**

Post = **let**
bereite_anw == {a:Anweisung |
a.status = bereit_zur_bearbeitung}
•
(bereite_anw = ∅ ⇒
is_sent {keine_anweisung_vorhanden} ∧
no_effect) ∧

(bereite_anw ≠ ∅ ⇒
an ∈ bereite_anw ∧
an.status‘ = in_bearbeitung ∧
no_effect ∧
is_sent {anweisung_gedruckt})

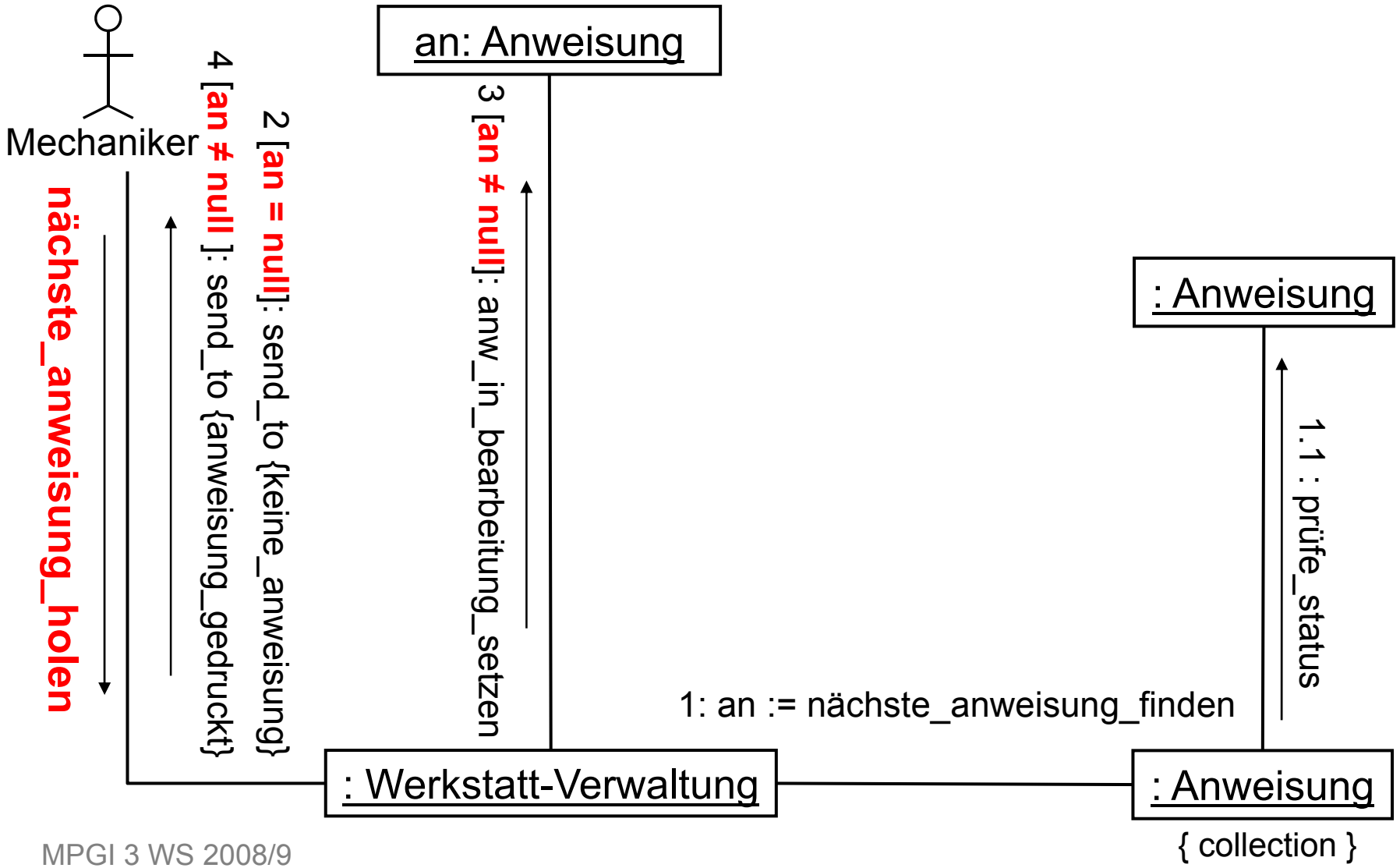
Umsetzung: Dynamischer Nachrichtenfluss

Beispiel: nächste_anweisung_holen



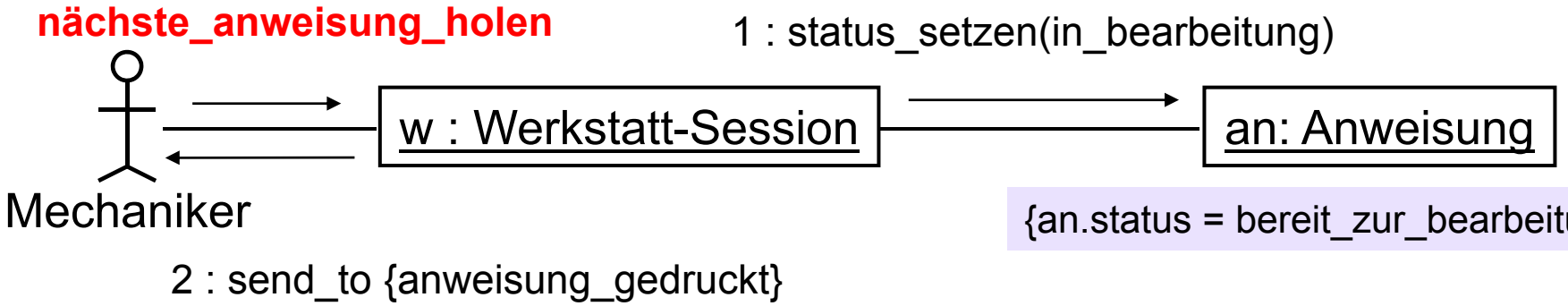
Alternative: Suchen und Finden Zusammenfassen

Beispiel: nächste_anweisung_holen



Alternative: Abstrakte Darstellung
Beispiel: nächste_anweisung_holen

Die ***Collection*** wird nicht mehr explizit dargestellt.



Achtung: implizite Vorbedingung

$\exists$ anw : Anweisung • a.status = bereit_zur_bearbeitung

Achtung: Diese abkürzende Schreibweise nicht in den Übungsaufgaben verwenden!

Zurück zum Beispiel vom Beginn der Vorlesung

material_eintragen

Ausgangspunkt: Operationsschema
Beispiel: material_eintragen

Reads = w : Werkstatt-Verwaltung,
Lager-Posten, Verwaltet, Kennt,
Material-Art, Hat, Anweisung,
an : Anweisung **with**
an.id = anweisung_id $\wedge$ (w,an) $\in$ Verwaltet
mat : Material-Art **with**
mat.id = material_id $\wedge$ (w,mat) $\in$ Kennt

Changes = mp : Material-Posten **type**, Material-Posten
Braucht,
Besitzt

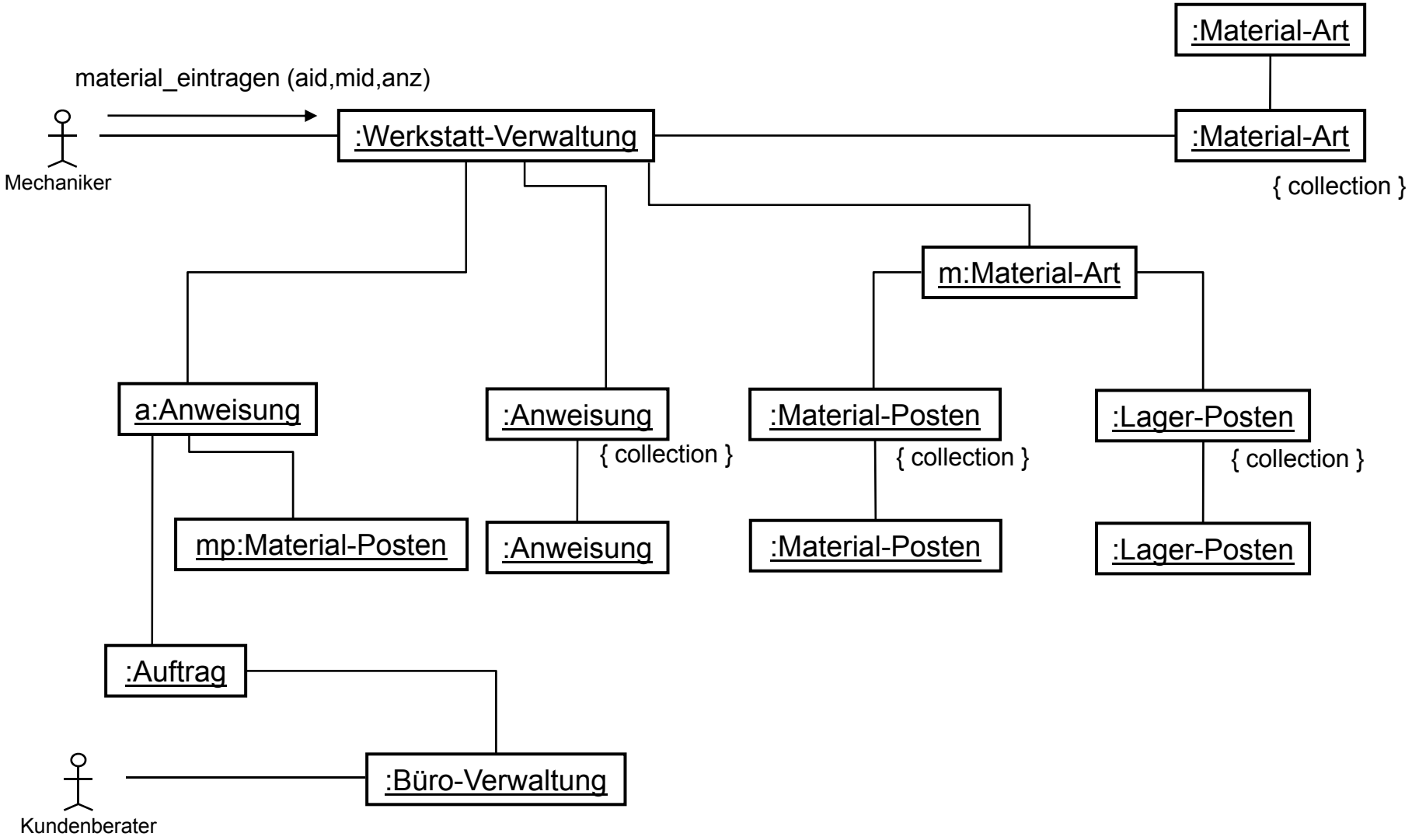
Ausgangspunkt: Operationsschema
Beispiel: material_eintragen

Pre = implicit

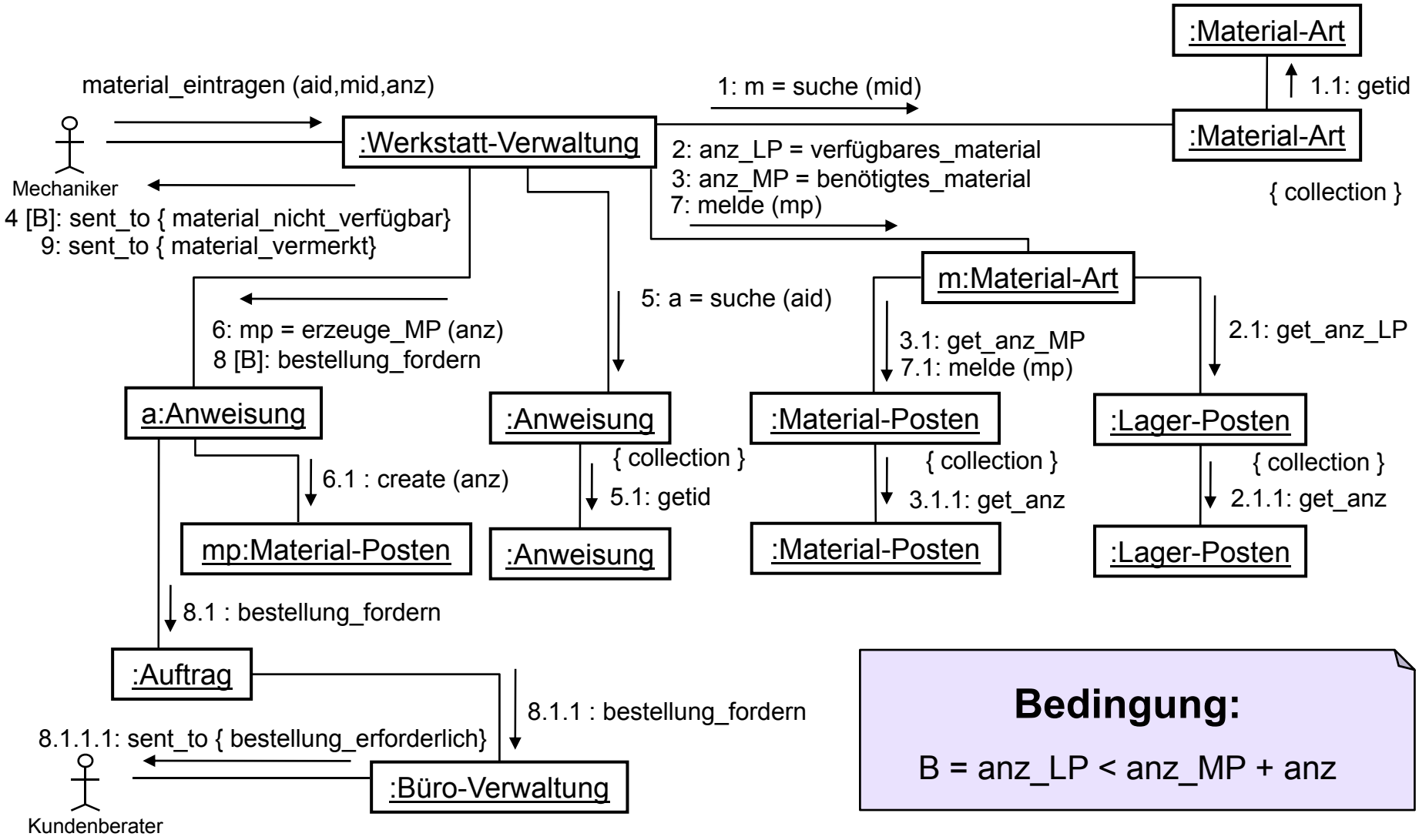
Post = let

verfügbar == { l : Lager-Posten | (l,m) $\in$ Hat };
benötigt == { m : Material-Posten | (m,mat) $\in$ Besitzt };
$anzahl_{LP}$ == $\sum_{LP}$ verfügbar;
$anzahl_{MP}$ == $\sum_{MP}$ benötigt
●
($anzahl_{LP}$ < $anzahl_{MP}$ + anzahl $\Rightarrow$
(**is_sent** { material_nicht_verfügbar } $\wedge$
is_sent { bestellung_erforderlich })) $\wedge$
mp **new** $\wedge$ mp.anz‘ = anzahl $\wedge$
is_sent { material_vermerkt } $\wedge$
Braucht‘ = Braucht $\cup$ { (an, mp) } $\wedge$
Besitzt‘ = Besitzt $\cup$ { (mp, mat) }

Umsetzung: Struktureller Aufbau
Beispiel: material_eintragen



Umsetzung: Dynamischer Ablauf
Beispiel: material_eintragen



Bedingung:

B = anz_LP < anz_MP + anz

Was haben wir bis jetzt erreicht?