



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>

Institut für Informatik

# Informatik II: Modellierung

## Prof. Dr. Martin Glinz

### Kapitel 5

# Funktionsmodellierung I: Steuerflussmodelle

# Inhalt

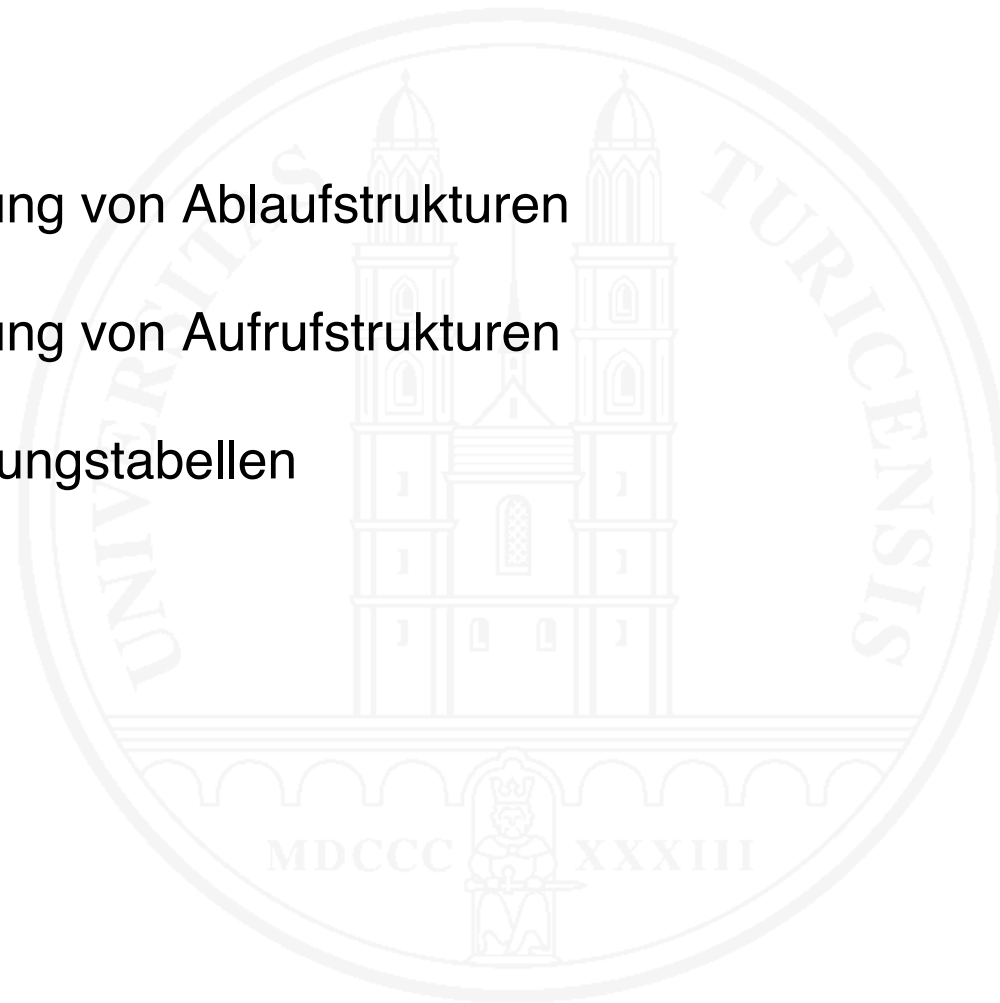
---

5.1 Motivation

5.2 Modellierung von Ablaufstrukturen

5.3 Modellierung von Aufrufstrukturen

5.4 Entscheidungstabellen



# 5.1 Motivation

---

Funktionsmodelle beschreiben und strukturieren die Funktionalität eines Systems („das, was ein System kann“)

Folgende Aspekte können modelliert werden:

- Der **Steuerfluss (control flow)** in einem System oder in einer Funktion eines Systems
  - Ablaufstrukturen
  - Aufrufstrukturen
  - Entscheidungslogik
- Der **Datenfluss (dataflow)** zwischen den Funktionen eines Systems bzw. innerhalb einer Funktion
- **Arbeitsprozesse** sind ebenfalls mit Flussmodellen beschreibbar (wird später behandelt)

## 5.2 Modellierung von Ablaufstrukturen

---

- Programmablaufpläne (flow charts)
- Strukturierte Modellierung von Programmabläufen
  - Jackson-Diagramme
  - Nassi-Shneiderman-Diagramme
  - Aktigramme, Pseudocode
- Aktivitätsmodelle

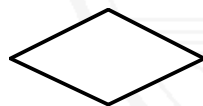
# Programmablaufpläne (flow charts)

---

- Ältestes Mittel zur graphischen Visualisierung von Programmabläufen (Goldstine und von Neumann 1947)
- Beliebige Strukturen können modelliert werden
- Gefahr der Modellierung von „Spaghetti“-Strukturen
- Ist veraltet und sollte nicht mehr verwendet werden
- Symbole in Programmablaufplänen:



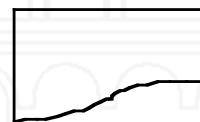
Aktion



Entscheidung



Eingabe

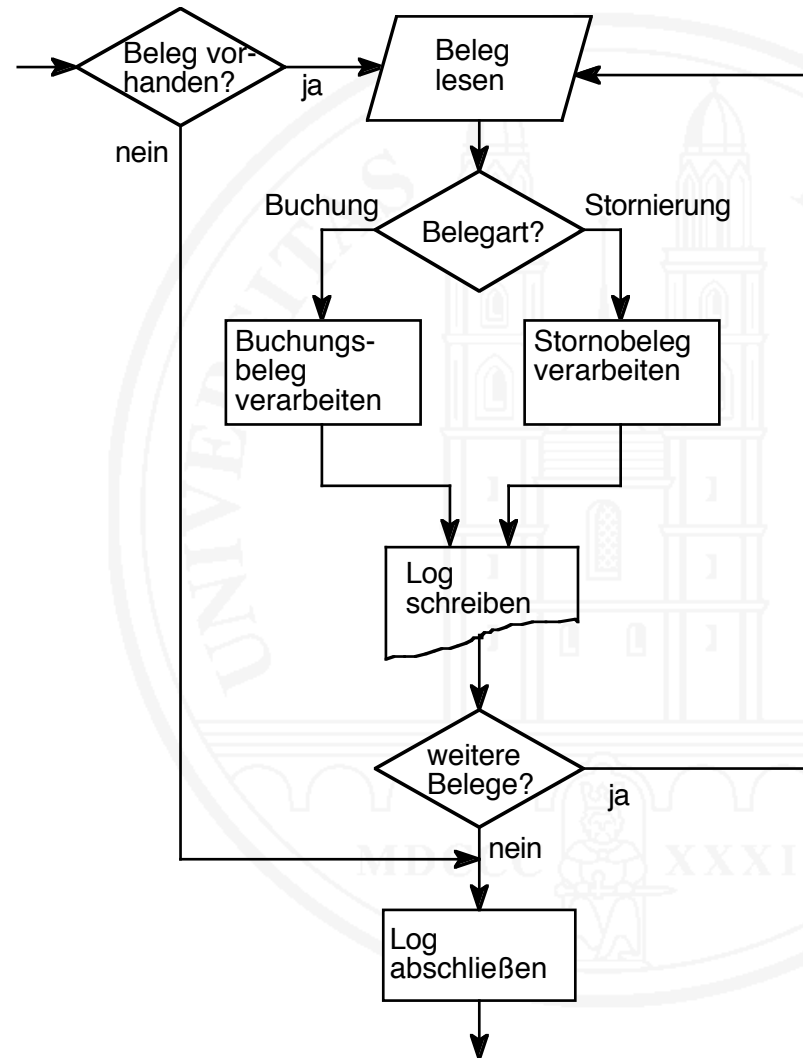


Ausgabe



Steuerfluss

# Beispiel eines Programmablaufplans



# Strukturierte Modellierung von Programmabläufen

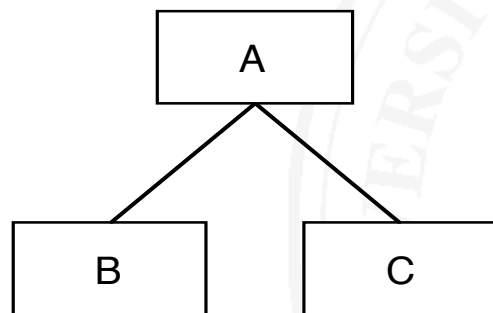
---

- Jedes sequenzielle Programm kann aus
  - Anweisungssequenzen,
  - Alternativen (Fallunterscheidungen) und
  - Iterationenzusammengesetzt werden (Böhm und Jacopini 1966).
- Dies ist die Grundlage der **strukturierten Programmierung**.
- Gebräuchliche Notationen zur graphischen Modellierung strukturierter Abläufe:
  - Jackson-Diagramme
  - Nassi-Shneiderman-Diagramme
  - Aktigramme (oder Aktionsdiagramme, action diagrams)

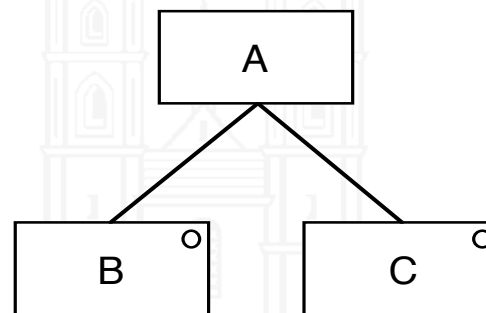
# Jackson-Diagramme

---

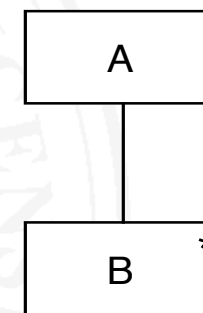
- **Jackson-Diagramme** (Jackson 1975) bestehen aus **drei Grundelementen**. Jedes Rechteck steht für eine Aktion. Die obenstehende Aktion wird durch die untenstehenden Komponenten-Aktionen definiert.



Sequenz:  
A ist B gefolgt von C



Alternative:  
A ist entweder B oder C

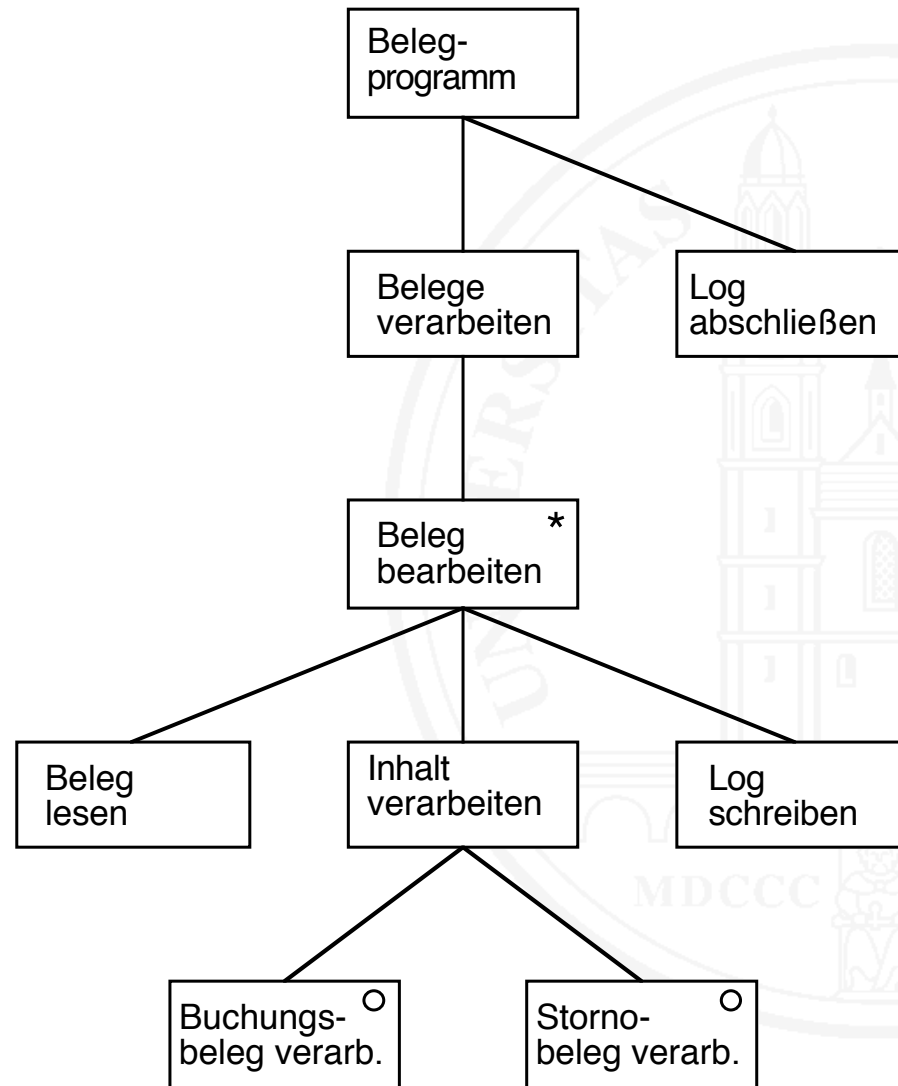


Iteration:  
A ist mehrfache  
Wiederholung  
von B

- Diagramme entstehen durch **Verschachtelung**: Jede Komponenten-Aktion kann durch ein Grundelement ersetzt werden. Dieser Vorgang ist beliebig oft wiederholbar.



# Beispiel eines Jackson-Diagramms



## Hinweis:

In der Programmentwicklungsmethode von Jackson (Jackson Structured Programming, JSP) werden zunächst die Datenstrukturen, die ein Programm verarbeiten soll, mit den gleichen Mitteln modelliert. Daraus wird eine Programmstruktur abgeleitet, die den zu verarbeitenden Datenstrukturen entspricht (Jackson 1975).

# Modelltheoretische Konzepte in Jackson-Diagrammen

---

## Modellelement

Aktion

Iterationssymbol

Alternativsymbol

Komponenten-Beziehung

Zu schreibendes Programm

Abbildung der Programmstruktur

Keine Programmdetails

Granularität der Darstellung

Rechteck, Linie, Stern, ...

## Modelltheoretisches Konzept

Individuum

Attribut

Attribut

Attribut

Original

Abbildungsmerkmal

Verkürzungsmerkmal

Pragmatisches Merkmal

Notation

# Aufgabe 5.1

---

In einer Bibliothek werden Bücher wie folgt behandelt: Ein Buch wird beschafft und dann katalogisiert. Anschließend steht es im Lesesaal zum Betrachten und Ausleihen bereit.

Ein Buch kann beliebig oft betrachtet oder ausgeliehen werden. Ist ein Buch ausgeliehen, so muss es zurückgegeben werden, bevor es erneut betrachtet oder ausgeliehen werden kann.

Modellieren Sie die Funktionalität eines einzelnen Buches als Jackson-Diagramm.

# Nassi-Shneiderman-Diagramme

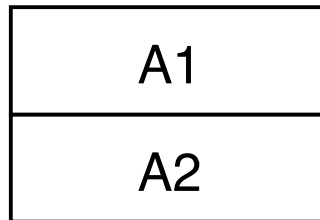
---

- **Nassi-Shneiderman-Diagramme**, auch **Struktogramme** genannt, (Nassi und Shneiderman, 1973) sind konzeptionell eng mit den Jackson-Diagrammen verwandt.
- Sie verwenden jedoch eine **andere Notation** für die Grundelemente und stellen die Verschachtelung von Aktionen graphisch auch als solche dar.
- Ferner gibt es zusätzliche Elemente, mit denen Prozeduren, das Verlassen von Prozeduren und das Verlassen von Schleifen modelliert werden können.

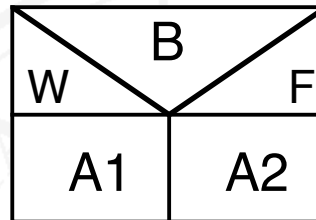
# Grundelemente von Nassi-Shneiderman-Diagrammen

---

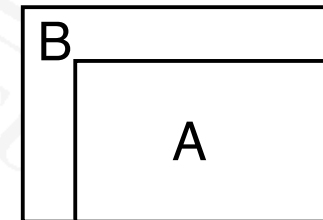
## Grundsymbole:



Sequenz:  
A2 folgt auf A1

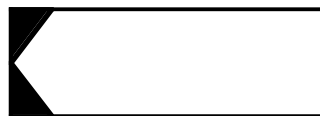


Alternative:  
Wenn B dann  
A1 sonst A2

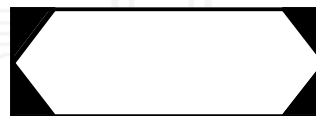


Iteration:  
Solange B wahr  
ist, führe A aus

## Zusatzsymbole:



Verlassen einer  
Schleife



Verlassen einer  
Prozedur

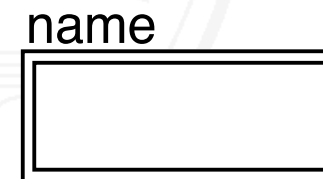
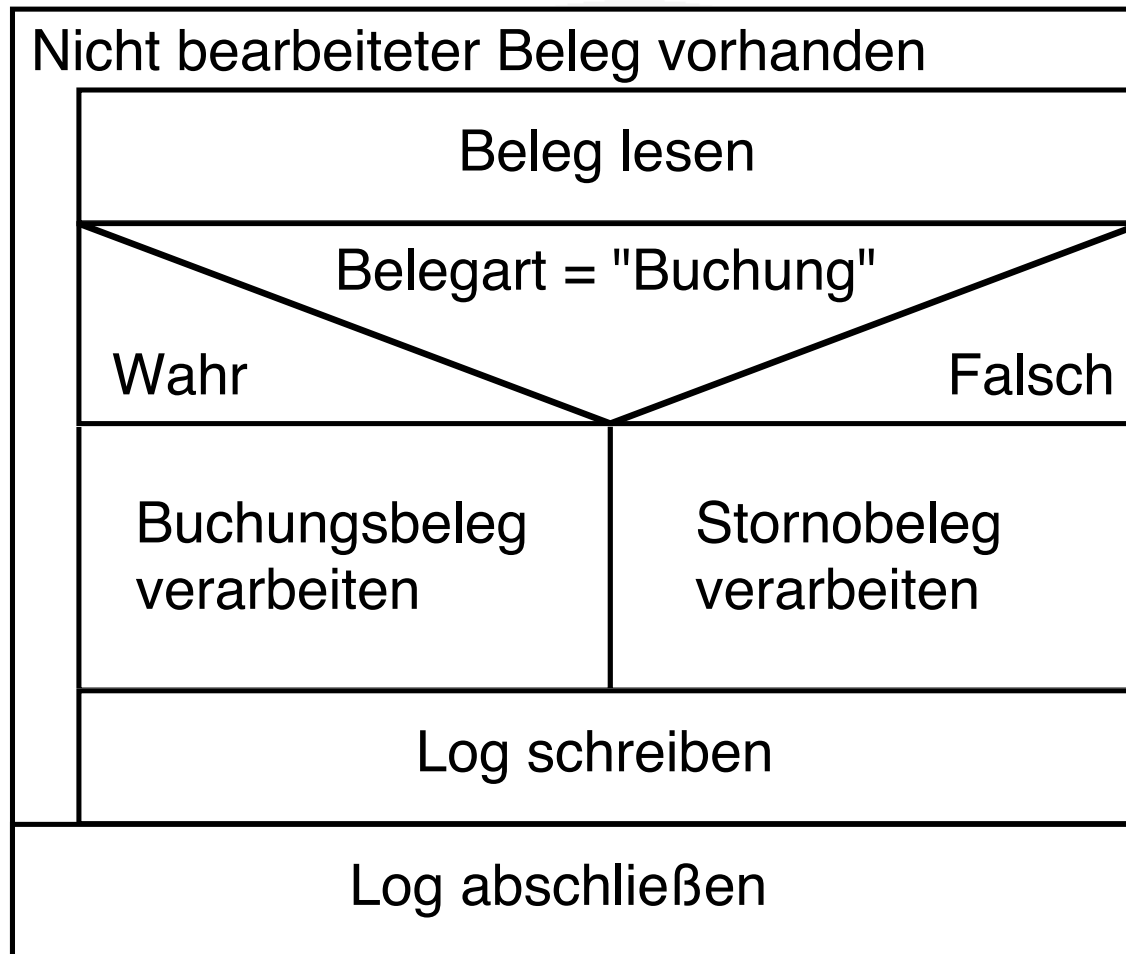


Diagramm einer  
Prozedur

# Beispiel eines Nassi-Shneiderman-Diagramms

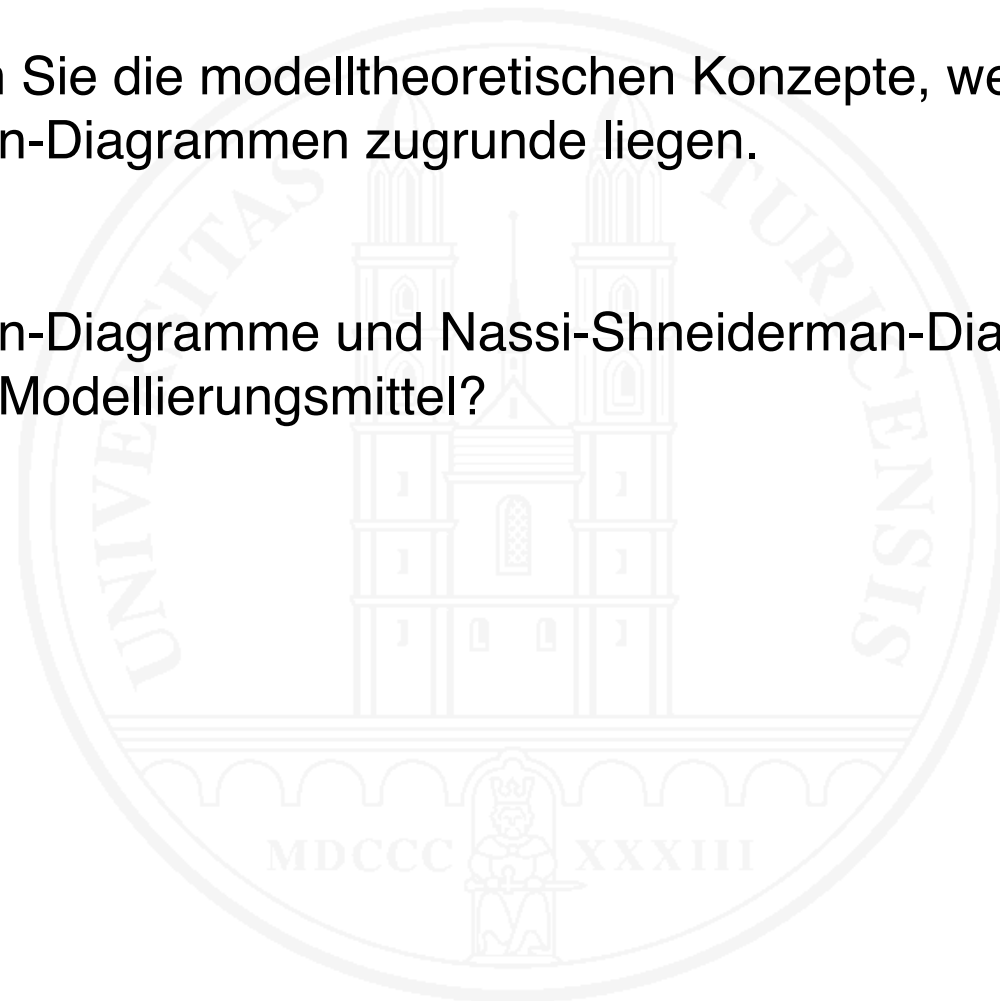
---



## Aufgabe 5.2

---

- a) Beschreiben Sie die modelltheoretischen Konzepte, welche den Nassi-Shneiderman-Diagrammen zugrunde liegen.
- b) Sind Jackson-Diagramme und Nassi-Shneiderman-Diagramme äquivalente Modellierungsmittel?



# Aktigramme, Pseudocode

---

- **Aktigramme** (action diagrams) sind eine Mischung aus einer **programmartigen Text-Notation**, unterstützt durch graphische Elemente.
- **Konzeptionell** sind sie mit **Jackson-Diagrammen** und **Nassi-Shneiderman-Diagrammen** **vergleichbar**

Beispiel:

```
WHILE Nicht bearbeiteter Beleg vorhanden
  Beleg lesen
  IF Belegart = Buchung
    Buchungsbeleg verarbeiten
  ELSE
    Stornobeleg verarbeiten
  ENDIF
  Log schreiben
END
Log abschließen
```



# Erstellung strukturierter Ablaufmodelle

---

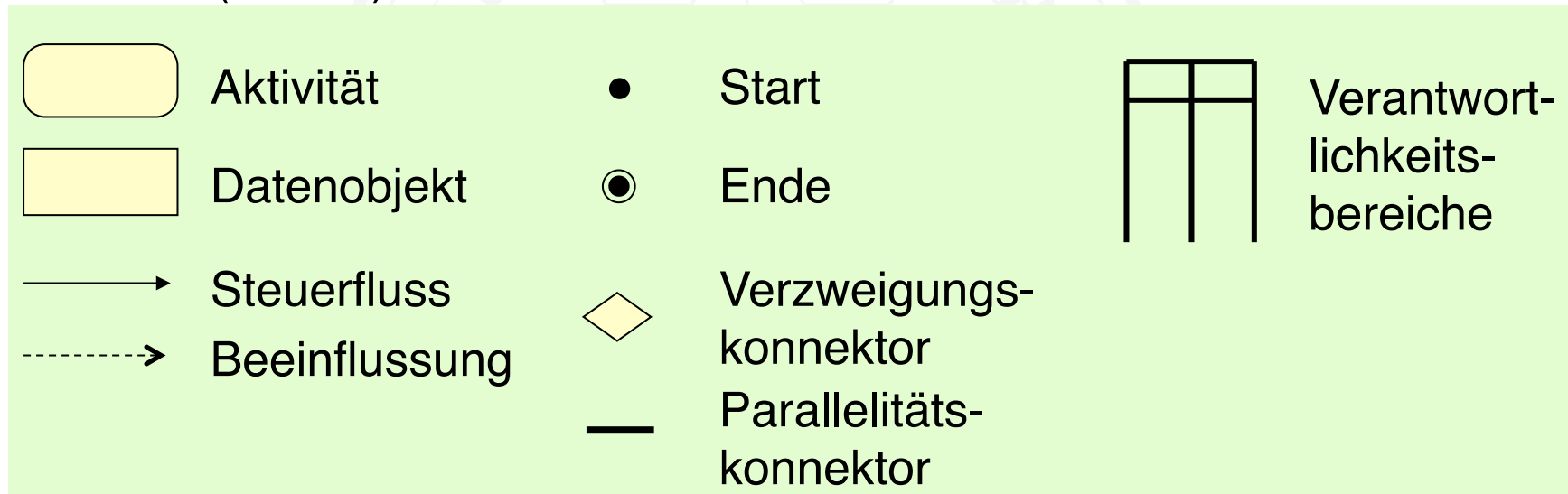
Klassischer Ansatz: **Schrittweise Verfeinerung** (stepwise refinement)  
(Wirth 1971, Dijkstra 1976, Wirth 1983)

- 1 Wähle eine Aktion, welche den **gesamten Ablauf** repräsentiert
  - 2 **Zerlege diese Aktion** entsprechend der Problemstellung in eine **Sequenz**, eine **Alternative** oder ein **Iteration**
  - 3 **Wiederhole Schritt 2** für jede beim Zerlegen neu entstandene Aktion, bis das Modell hinreichend detailliert ist
- **Zerlegungsfehler** zu Beginn sind später **kaum** mehr **reparierbar**
  - Funktioniert nur für kleine Probleme ⇔ sonst **besser**:
    - **Teilprobleme** identifizieren
    - Alle **Teilprobleme** durch schrittweise Verfeinerung **modellieren**
    - **Teilmodelle** durch Verschachtelung **zusammensetzen**

# Aktivitätsmodelle

---

- UML beschreibt Aktivitäten und deren Ablauf in so genannten **Aktivitätsdiagrammen (activity diagrams)**
- Notation (UML 2):



Hinweis: UML Aktivitätsdiagramme umfassen eine Reihe weiterer Sprachkonstrukte, welche grafische Programmierung ermöglichen. Eine genaue Beschreibung würde den Rahmen dieser Vorlesung sprengen.

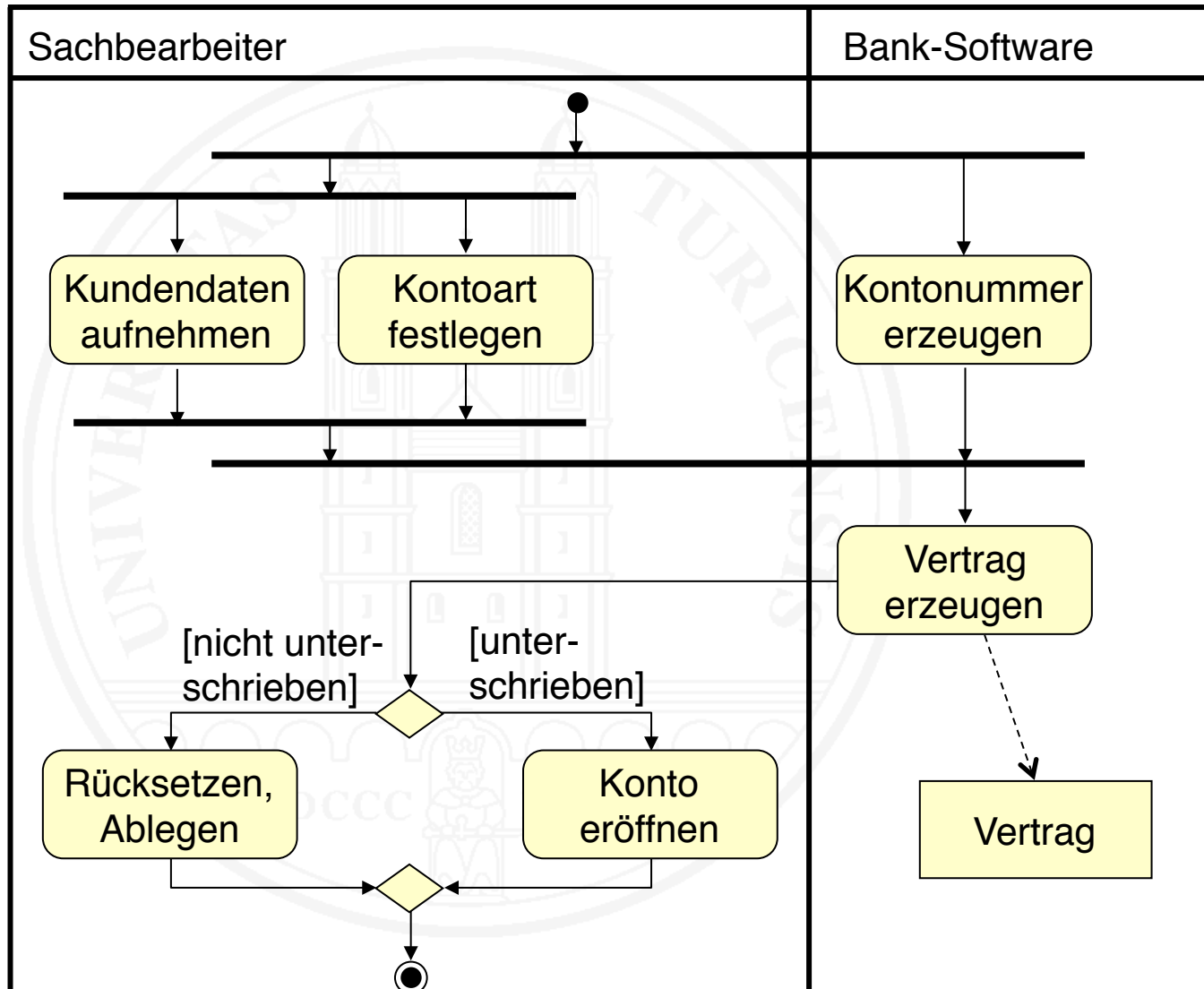
# Eignung

---

- UML-Aktivitätsdiagramme eignen sich zur Modellierung von **Abläufen** aller Art:
  - **Programmabläufe**
  - **Prozessabläufe**
    - in Arbeitsprozessen
    - in technischen Prozessen
- Saubere **Struktur** (mit Sequenz, Alternative, Iteration) wird **nicht erzwungen**: „Spaghetti“-Modelle möglich
- **Parallelität** ist modellierbar
- **Verantwortlichkeitsbereiche** sind abgrenzbar

# Beispiel: Modell eines Prozessablaufs

Prozess zur Eröffnung eines Kontos:



## Aufgabe 5.3

Dieter Dollmaier geht jeden Morgen als erstes zum Kaffeeautomaten. Wenn dieser noch ausgeschaltet ist, schaltet er ihn ein. Während der Automat aufwärmt, spült er seine Tasse und schäkert mit seiner Kollegin Claudia Kussmaul. Dann lässt er seinen Kaffee heraus, nimmt sich Milch und Zucker, verabredet sich gleichzeitig mit Claudia Kussmaul zum Abendessen und kehrt anschließend beschwingt in sein Büro zurück.

Modellieren Sie diesen Ablauf mit einem UML-Aktivitätsdiagramm.

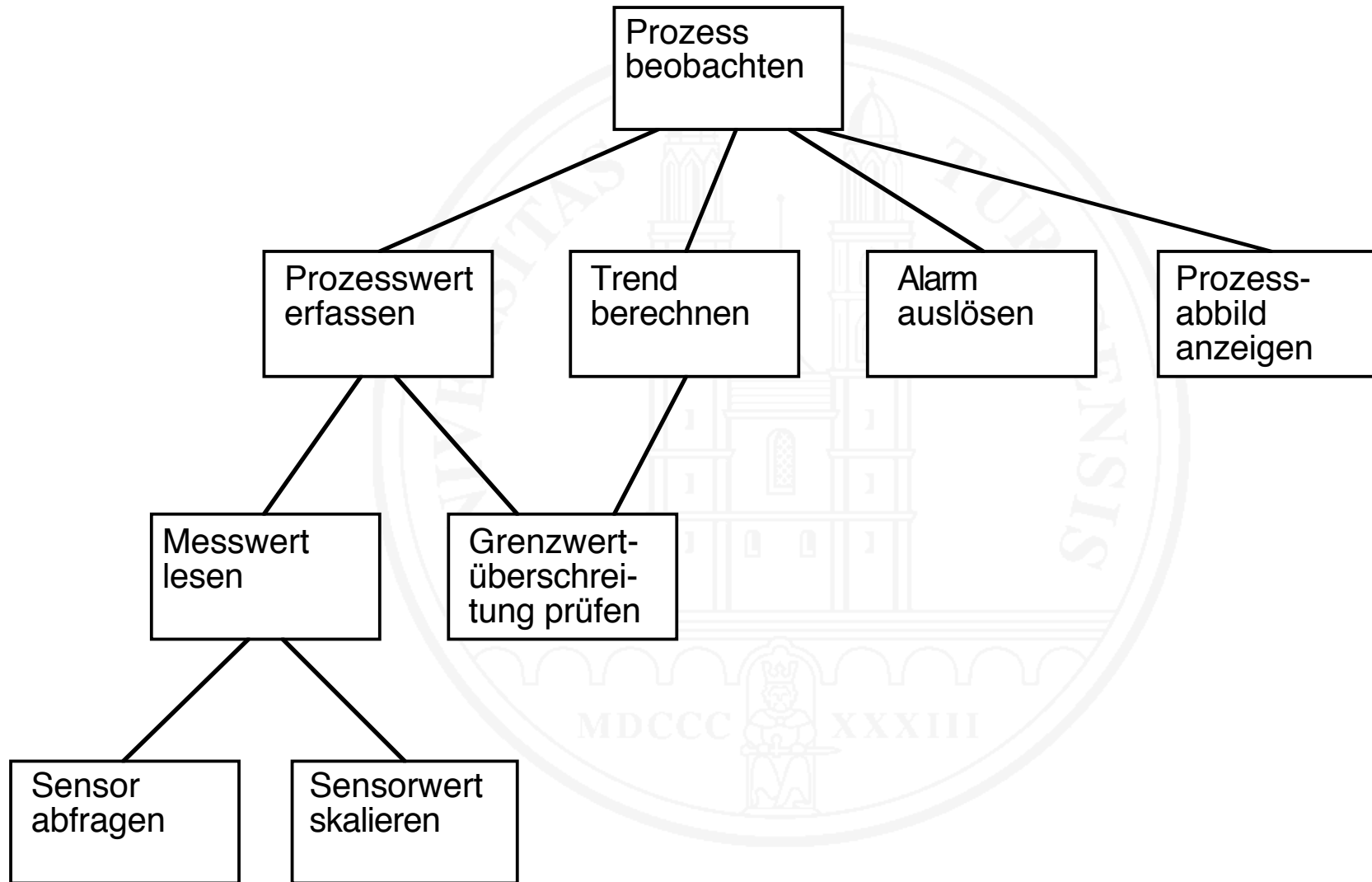
## 5.3 Modellierung von Aufrufstrukturen

---

- **Prozeduraufrufgraphen** (structure charts, call graphs) modellieren die **statische Aufrufhierarchie** der Prozeduren (Unterprogramme) eines Programms.
- Das zugrunde liegende Konzept ist, nur die **Prozedurnamen** und die **Aufrufbeziehungen** zwischen den Prozeduren zu modellieren.
  - Von den Prozedurrümpfen wird **abstrahiert**.
  - Je nach Notation werden zusätzlich **Prozedurparameter** modelliert.
- Prozeduraufrufgraphen sind ein Mittel, um die statische **Struktur** von Programmen **begrenzter Größe** zu visualisieren.
- Sie sind **automatisch** aus dem Programm-Code **erzeugbar** und können daher auch beim **Reverse-Engineering** bestehender Software eingesetzt werden.
- **Dynamische Bindung** in objektorientierter Software ist **nicht modellierbar**.

# Beispiel eines Prozeduraufrufgraphen

---



## 5.4 Entscheidungstabellen

---

- **Entscheidungstabellen** (decision tables) modellieren komplexe Entscheidungsabläufe in tabellarischer Form
- Eine Entscheidungstabelle besteht aus
  - einem **Bedingungsteil** (mögliche Bedingungskombinationen)
  - und einem **Aktionsteil** (auszuführende Aktion(en))
- **Einsatz:** Anschauliche tabellarische Darstellung komplexer Entscheidungsstrukturen mit vielen Bedingungen



# Beispiel einer Entscheidungstabelle

---

	1	2	3	4	5	6	7
Bestellbetrag > Kreditlimite	N	J	J	J	J	J	J
Bestellbetrag > 1.5 * Kreditlimite	-	N	N	J	J	J	J
Sonderkunde	-	J	N	J	N	N	N
Jahresumsatz > 50000	-	-	-	-	N	J	N
2-Monats-Umsatz > 20000	-	-	-	-	J	-	N
Bestellung ausliefern	X	X					
Bestellung an Verkaufsleiter			X	X	X	X	
Bestellung zurückweisen							X

# Vereinfachung von Entscheidungstabellen

---

- Bei  $n$  binären Bedingungen hat die volle Tabelle  $2^n$  Spalten
- Durch Zusammenfassung von Bedingungskombinationen, die gleiche Aktionen auslösen, wird die Tabelle kompakter.
- Beim Zusammenfassen muss sichergestellt werden, dass
  - es keine Bedingungskombination gibt, für die mehr als eine Spalte zutrifft (Widerspruchsfreiheit)
  - für jede Bedingungskombination mindestens eine Spalte zutrifft (Vollständigkeit)

# Vollständigkeit / Widerspruchsfreiheit: Beispiel

	1		3	4	5	6	7
Bestellbetrag > Kreditlimite	N		J	J	J	J	J
Bestellbetrag > 1.5 * Kreditlimite	-		N	J	J	J	J
Sonderkunde	-		N	J	N	N	N
Jahresumsatz > 50000	-		-	-	N	J	N
2-Monats-Umsatz > 20000	-		-	-	J	-	-
Bestellung ausliefern	X						
Bestellung an Verkaufsleiter			X	X	X	X	
Bestellung zurückweisen							X

Die Behandlung der Bestellung von Sonderkunden, deren Bestellwert über der Limite, aber unterhalb der 1,5 fachen Limite liegt, ist nicht spezifiziert.

Widerspruch!

# Methodik der Erstellung von Entscheidungstabellen

---

- **Alle Bedingungen** (und deren mögliche Werte) **ermitteln**
- Vollständigen **Bedingungsteil** (ohne „egal“-Werte) aufbauen; Bedingungswerte systematisch variieren
- **Aktionsteil** aufbauen: Zu jeder Bedingungskombination die zu treffende (n) Aktion(en) notieren
- Tabelle durch **Zusammenfassen** von Spalten mit gleichem Aktionsteil **vereinfachen**

## Aufgabe 5.4

---

Franziska Freitag hat folgendes Problem mit der Vorlesung Informatik II am Dienstag Nachmittag:

- Wenn sie Lust auf Lernen hat und ihr Freund Abendschicht hat, besucht sie die ganze Vorlesung.
- Wenn sie Lust auf Lernen hat und ihr Freund keine Abendschicht hat, besucht sie die Vorlesung, geht aber in der Pause.
- Wenn sie keine Lust auf Lernen hat und nicht an die Prüfung denkt, geht sie nicht zur Vorlesung.
- Wenn sie keine Lust auf Lernen hat, aber an die Prüfung denkt, besucht sie die die ganze Vorlesung, wenn ihr Freund Abendschicht hat. Hat er keine Abendschicht, bleibt sie nur bis zur Pause.

Modellieren Sie das Verhalten von Franziska Freitag als Entscheidungstabelle. Vereinfachen Sie die Tabelle so weit wie möglich.

# Literatur

---

- Böhm, C. G. Jacopini (1966). Flow Diagrams, Turing Machines and Languages With Only Two Formation Rules. *Communications of the ACM* **9**, 5 (May 1966). 366-371.
- Chvalovski, V. (1983). Decision Tables. *Software Practice and Experience* **13**, 5 (Mai 1983). 423-429.
- Dijkstra, E.W. (1976). *A Discipline of Programming*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Goldstine, H.H., J. von Neumann (1947). *Planning and Coding of Problems for an Electronic Computing Instrument*. Institute for Advanced Study, Princeton N. J.
- Jackson, M. (1975). *Principles of Program Design*. New York: Academic Press.
- Nassi, I., B. Shneiderman (1973). Flowchart Techniques for Structured Programming. *SIGPLAN Notices* August 1973. 12-26.
- Oestereich, B. (2006). *Objektorientierte Softwareentwicklung: Analyse und Design mit der UML 2.1*. 8. Auflage. München: Oldenbourg Verlag.
- Object Management Group (2010). *Unified Modeling Language: Superstructure*, version 2.3. OMG document formal/2010-05-05. <http://www.omg.org/spec/UML/2.3/Superstructure/PDF>
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G. (1999). *The Unified Modeling Language Reference Manual*. Reading, Mass. : Addison-Wesley.
- Wirth, N. (1971). Program Development by Stepwise Refinement. *Communications of the ACM* **14**, 4 (April 1971). 221-227.
- Wirth, N. (1983). *Systematisches Programmieren*. Stuttgart: Teubner.