

# DAIMLER

---

Metriken zur Qualitätsmessung von Simulink-Modellen in  
der modellgetriebenen Softwareentwicklung

Master-Thesis

## Inhaltsübersicht

- Motivation & Ziel
- Simulink
- Modellqualität
- Metriken für Simulink-Modelle
- Zusammenfassung

## Motivation und Ziel der Arbeit

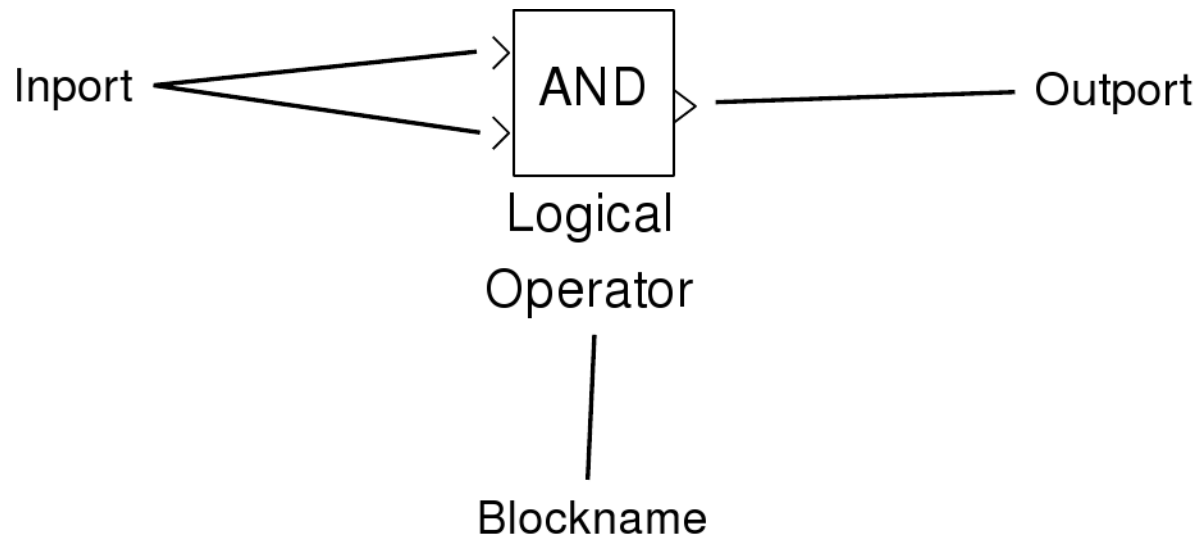
### Motivation:

- Immer größer werdende Modelle
- Steigende Bedeutung der Modelle
- Qualität schwer zu fassen

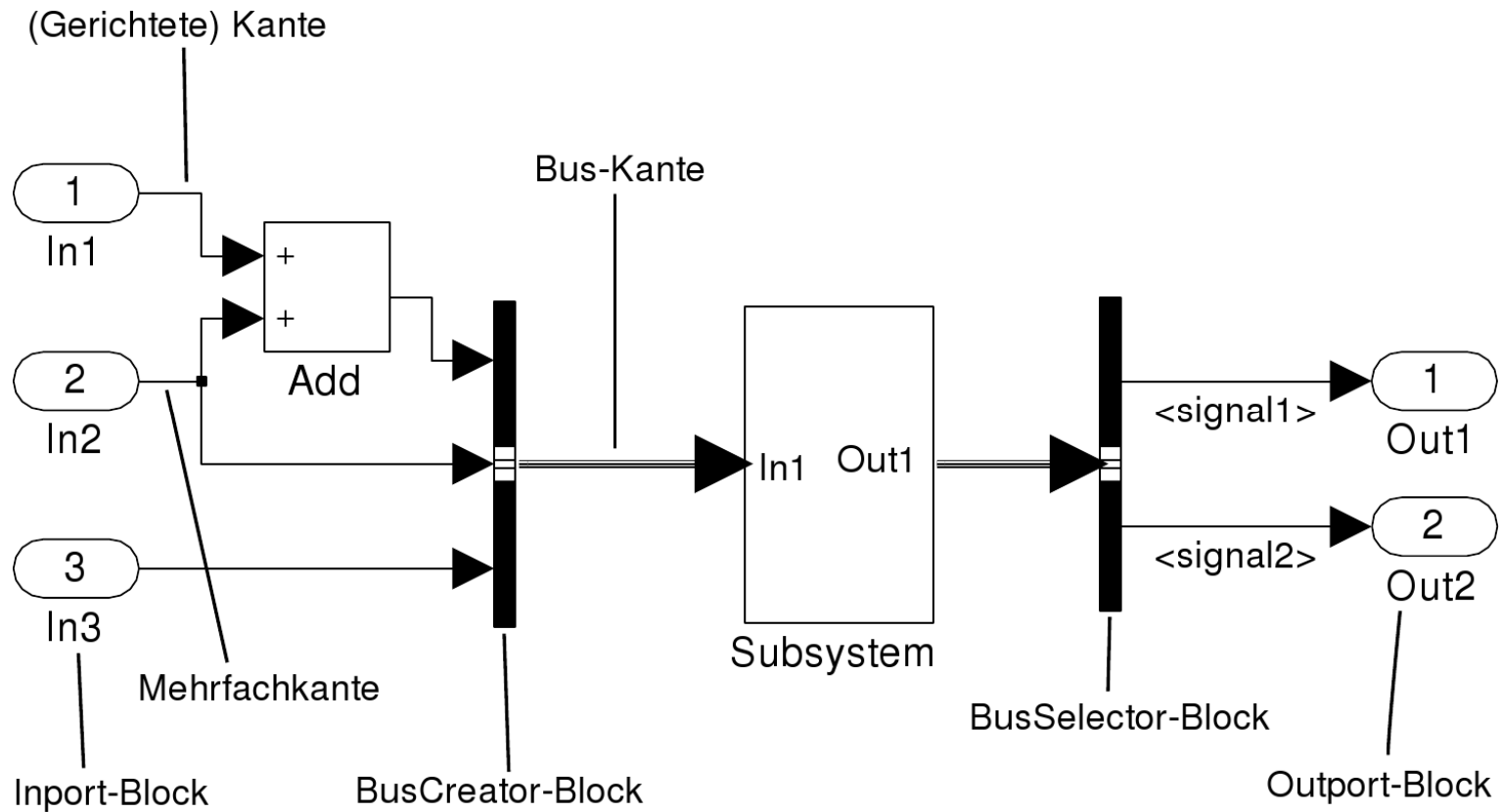
### Ziel:

- Analyse, Adaption, Konzeption und Implementierung von Metriken, zur Messung der Qualität von Simulink-Modellen

## Simulink Begrifflichkeiten



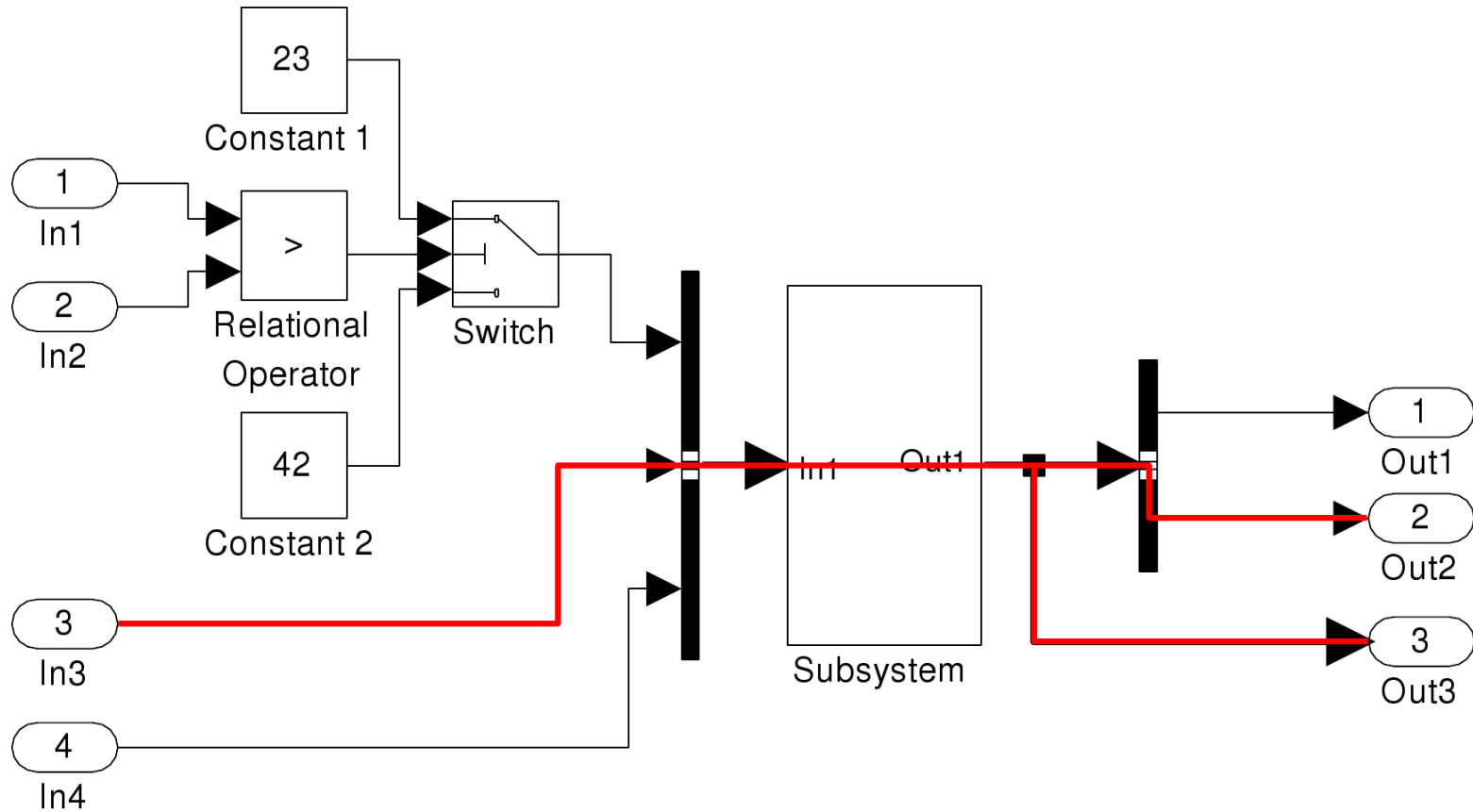
## Simulink Begrifflichkeiten



## Signale

- Stellt Fluss einer Information dar
- Signalquelle → Signalträger → Signalsenke
- Mehrfachkante → neues Signal

## Signale

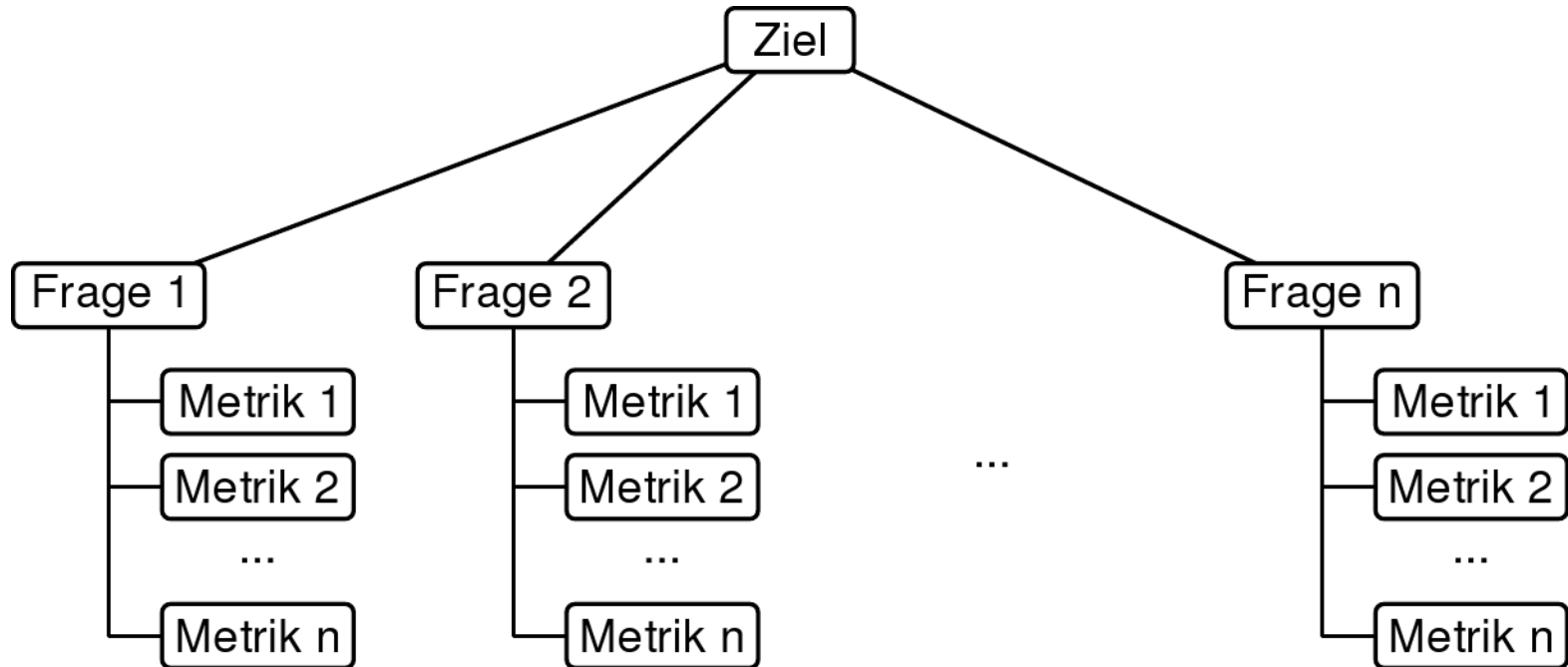


## Was ist Modellqualität?

- Verfeinerung des Begriffs „Modellqualität“
  - ➔ Goal/Question/Metric-Ansatz



## Struktur des Goal/Question/Metric-Ansatz



## Qualität in Normen

DIN 66272 und ISO/IEC 9126:

- Funktionalität
- Zuverlässigkeit
- Benutzbarkeit
- Effizienz
- Änderbarkeit → Dokumentation, Komplexität
- Übertragbarkeit → Modularisierung, Wartbarkeit

## Verwendeter Ansatz

Ziel:

- Modellqualität

Fragen:

- Wie gut ist die Dokumentation?
- Wie komplex ist das Modell?
- Wie gut ist das Modell modularisiert?
- Wie gut ist das Modell wartbar?
- Wie effizient ist das Modell in der Ausführung?

## Durchschnittliche Kommentarlänge pro Block

Umsetzung:

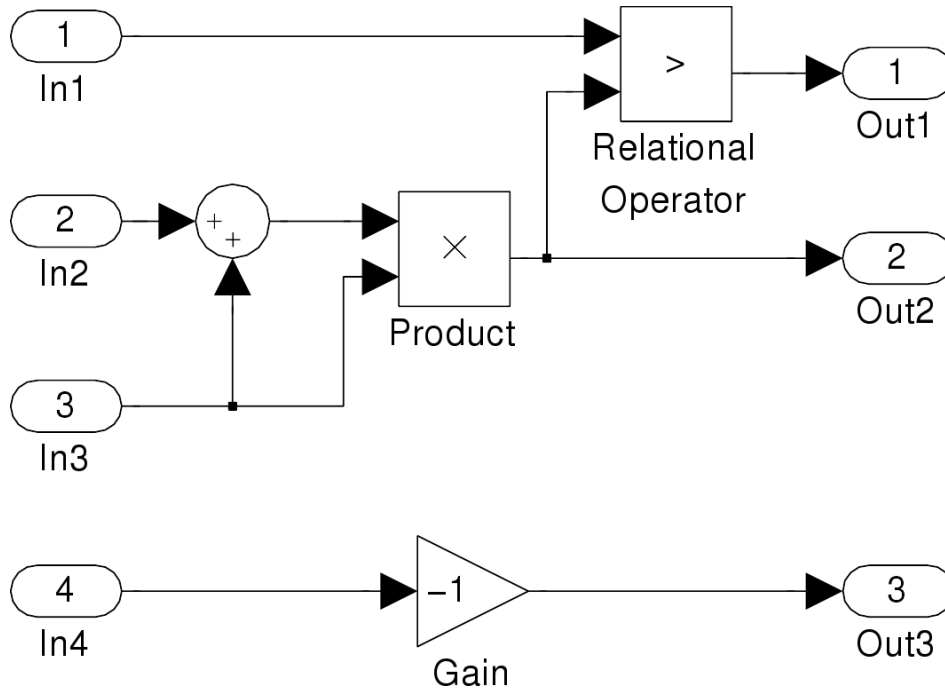
$$\frac{\sum_{k \in K} \text{Länge}(k)}{|B|}$$

## Unabhängige Pfade

### Umsetzung:

1. Für jeden Startblock: Berechne Menge aller Endblöcke
2. Vereinige alle Mengen die sich überschneiden
3. Anzahl der Mengen = Anzahl der unabhängigen Pfade

## Beispiel: Unabhängige Pfade



In1

{Out1}

In2

{Out1, Out2}

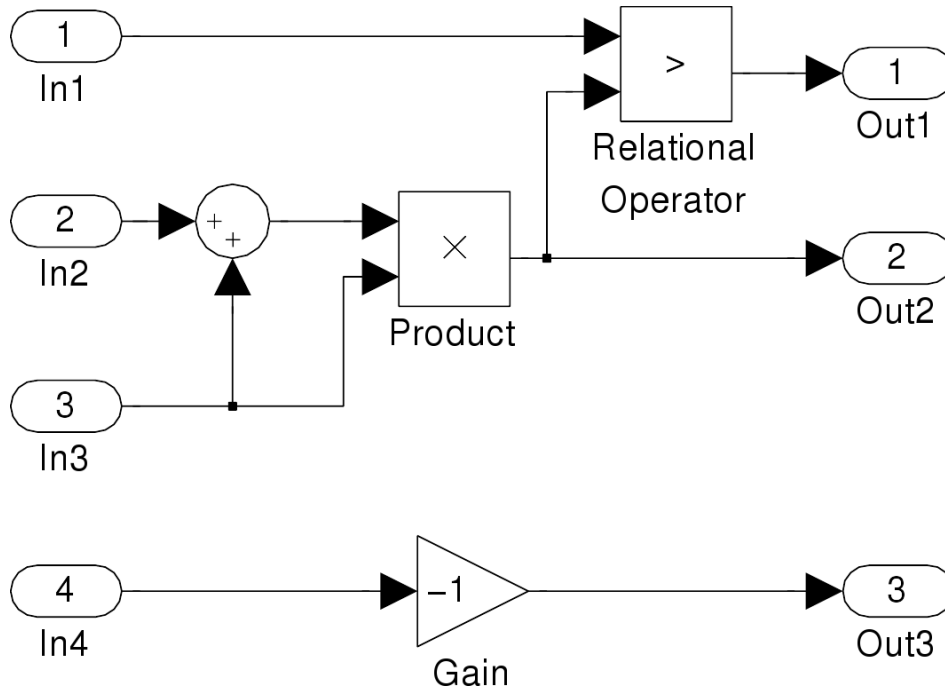
In3

{Out1, Out2}

In4

{Out3}

## Beispiel: Unabhängige Pfade



In1, In2

{Out1, Out2}

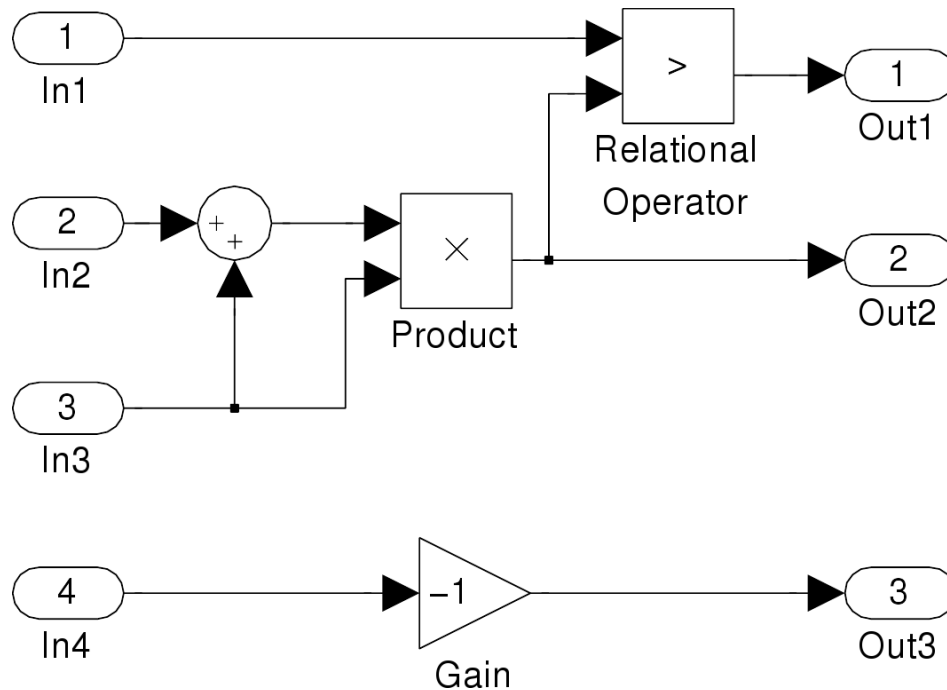
In3

{Out1, Out2}

In4

{Out3}

## Beispiel: Unabhängige Pfade



In1, In2, In3

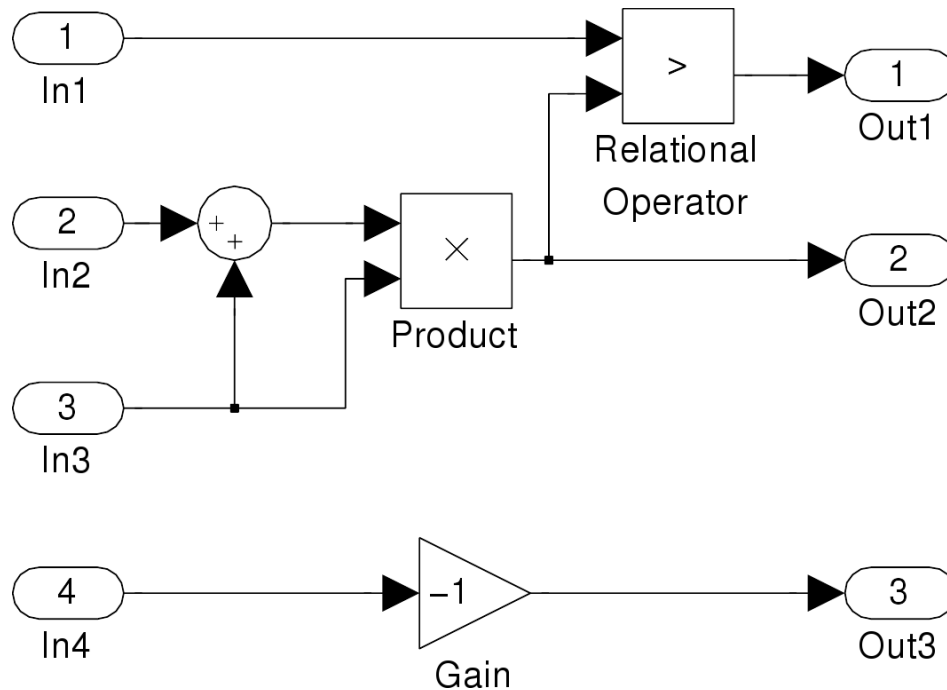
{Out1, Out2}

In4

{Out3}



## Beispiel: Unabhängige Pfade



In1, In2, In3

{Out1, Out2}

In4

{Out3}

Ergebnis = 2

## Klonerkennung

Klondefinition: Teilmodelle  $K$  und  $K'$  sind Klone, wenn gilt:

- Zusammenhängend
- Keine Überschneidung
- „Äquivalente“ Knotenmenge
- „Äquivalente“ Kantenmenge
- Mindestgröße
- „Äquivalente“ Ausdehnung

## Klonerkennung

„Äquivalente“ Blöcke:

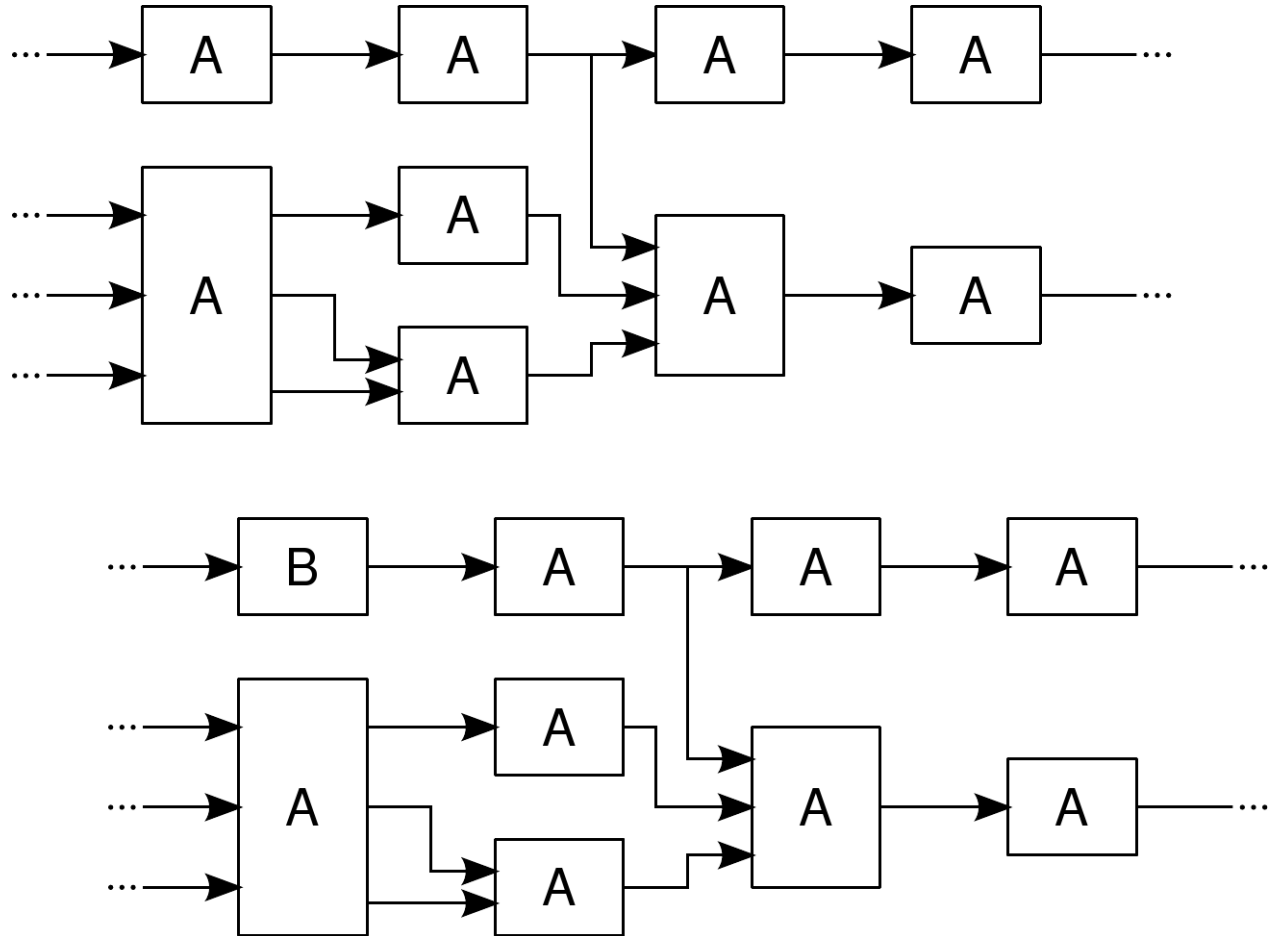
- Blocktyp
- Anzahl Blöcke (Subsystem)
- Anzahl Inports
- Anzahl Outports
- Operator (logisch & relational)

## Klonerkennung

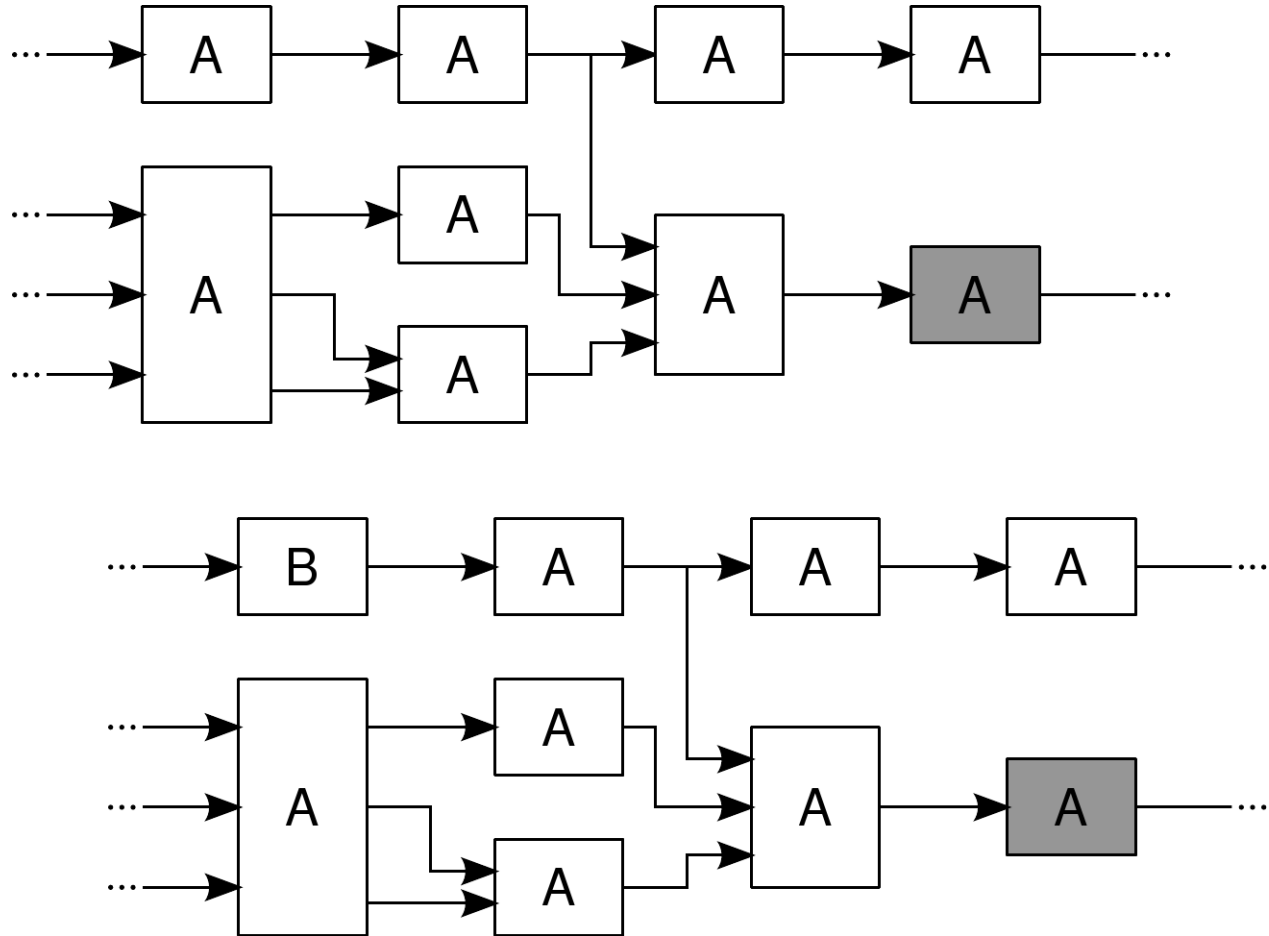
### Umsetzung:

1. Vergleiche jeden Block mit jedem anderen Block
2. Berechne „äquivalentes“ Netz (rückwärts)
3. Vereinige dieses Netz mit der Menge aller Klone

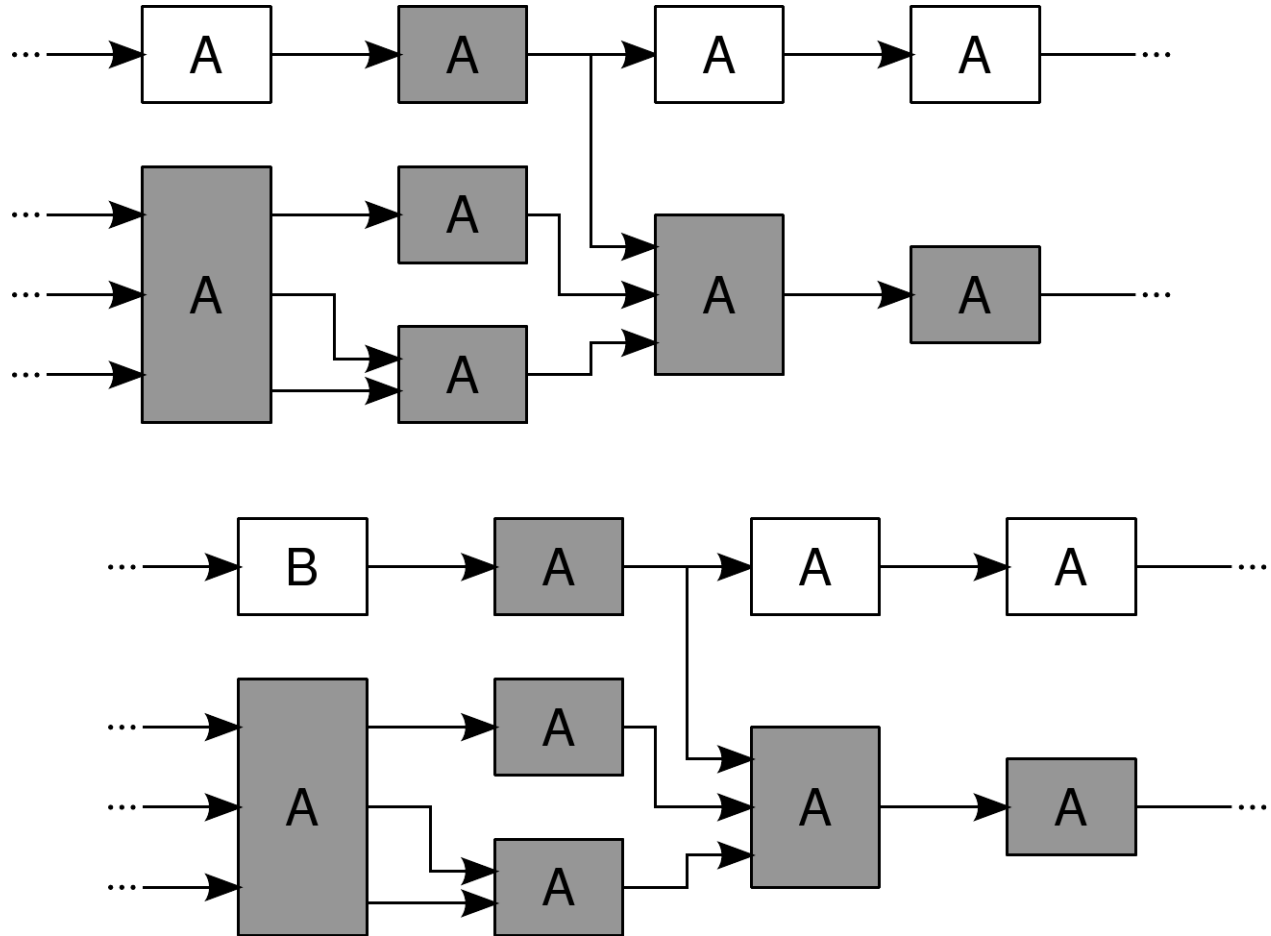
## Beispiel: Klonerkennung



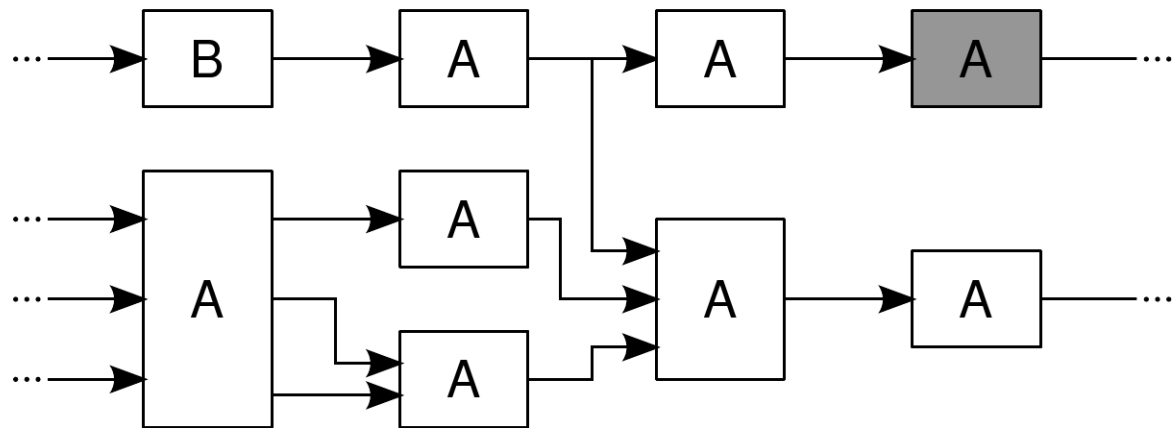
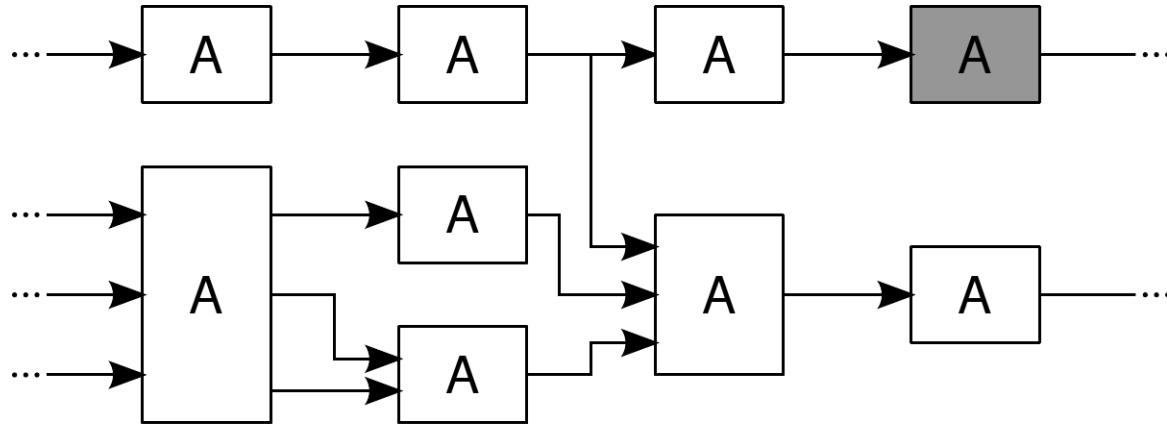
## Beispiel: Klonerkennung



## Beispiel: Klonerkennung

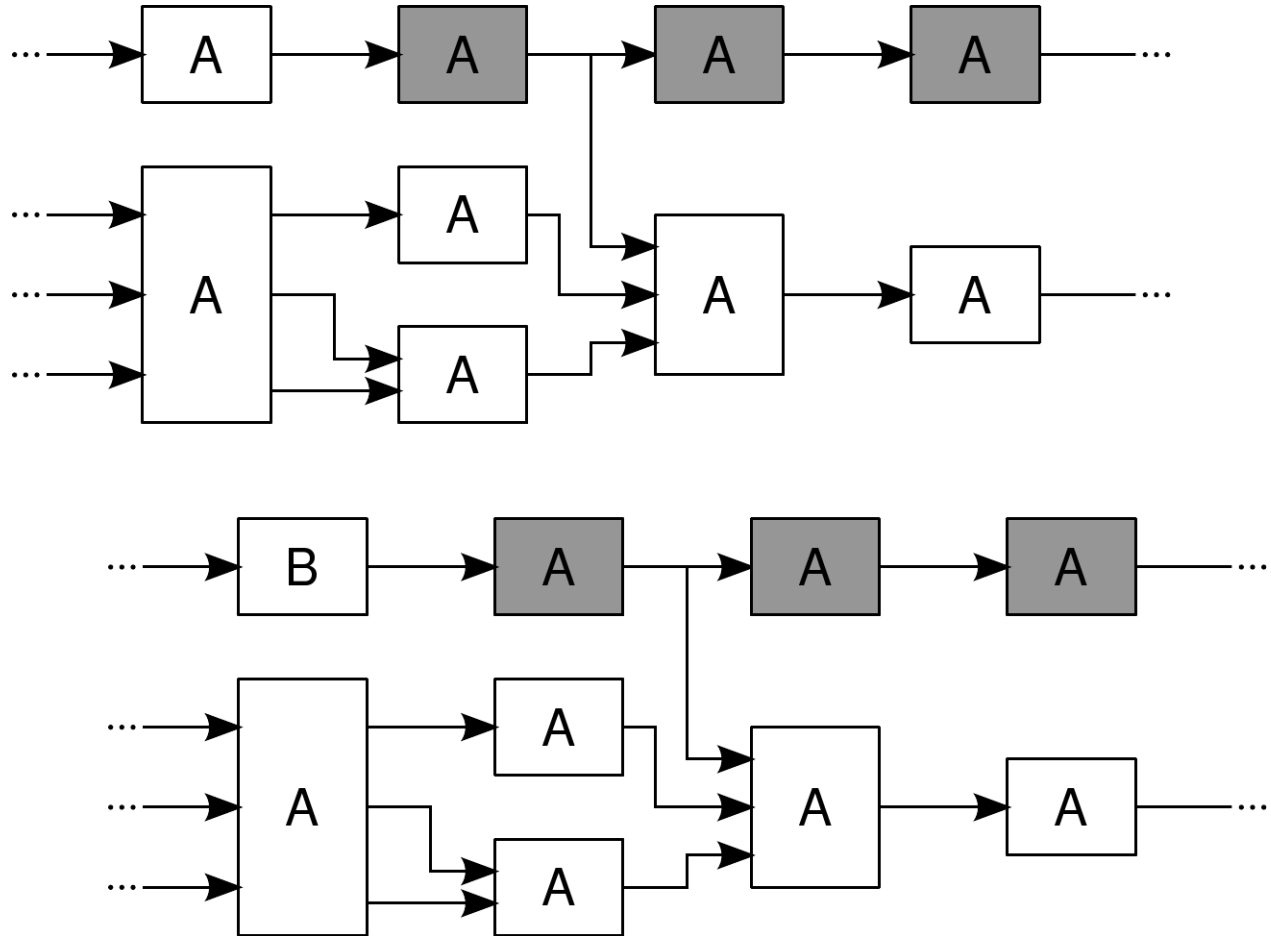


## Beispiel: Klonerkennung

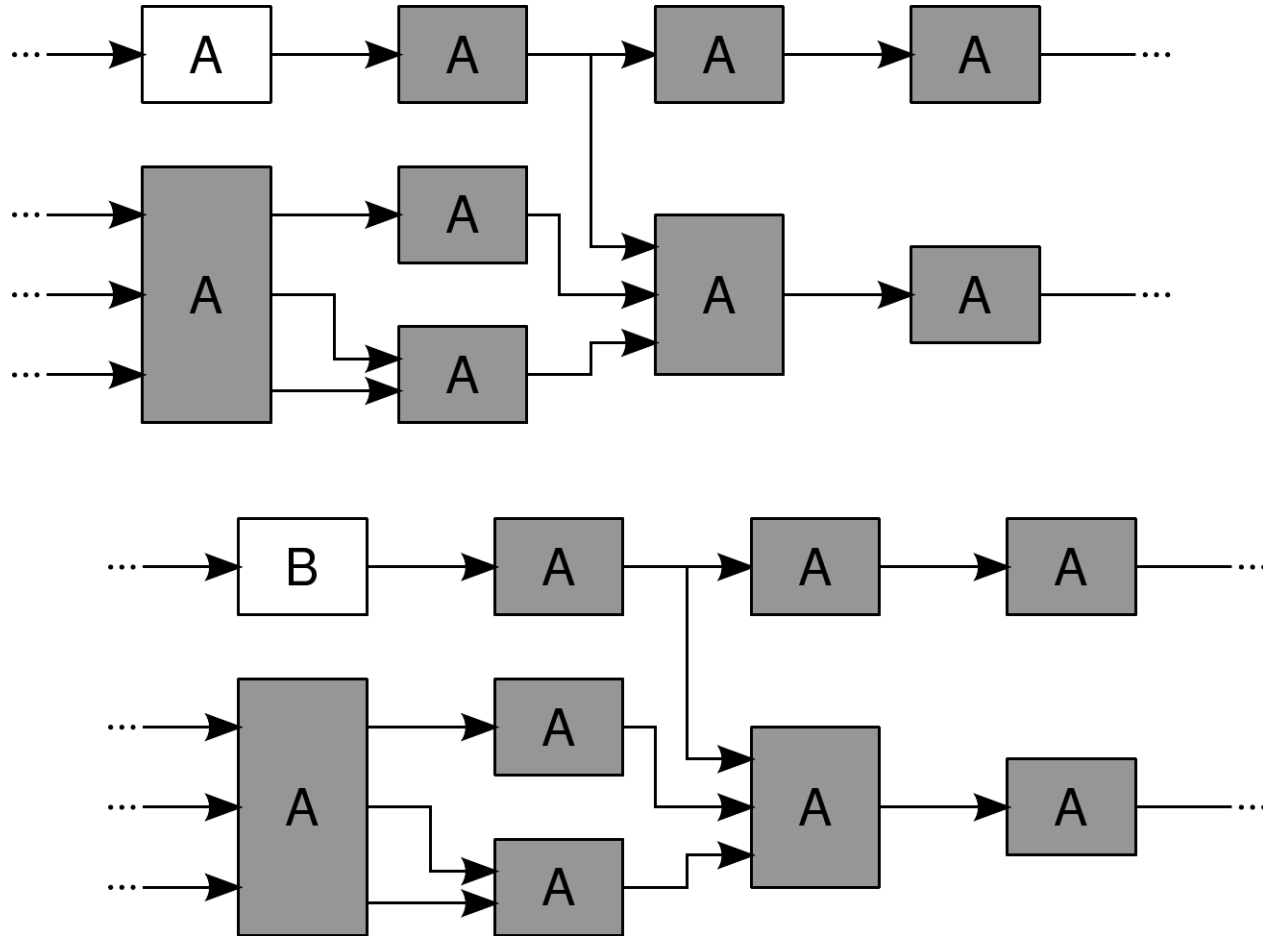




## Beispiel: Klonerkennung



## Beispiel: Klonerkennung

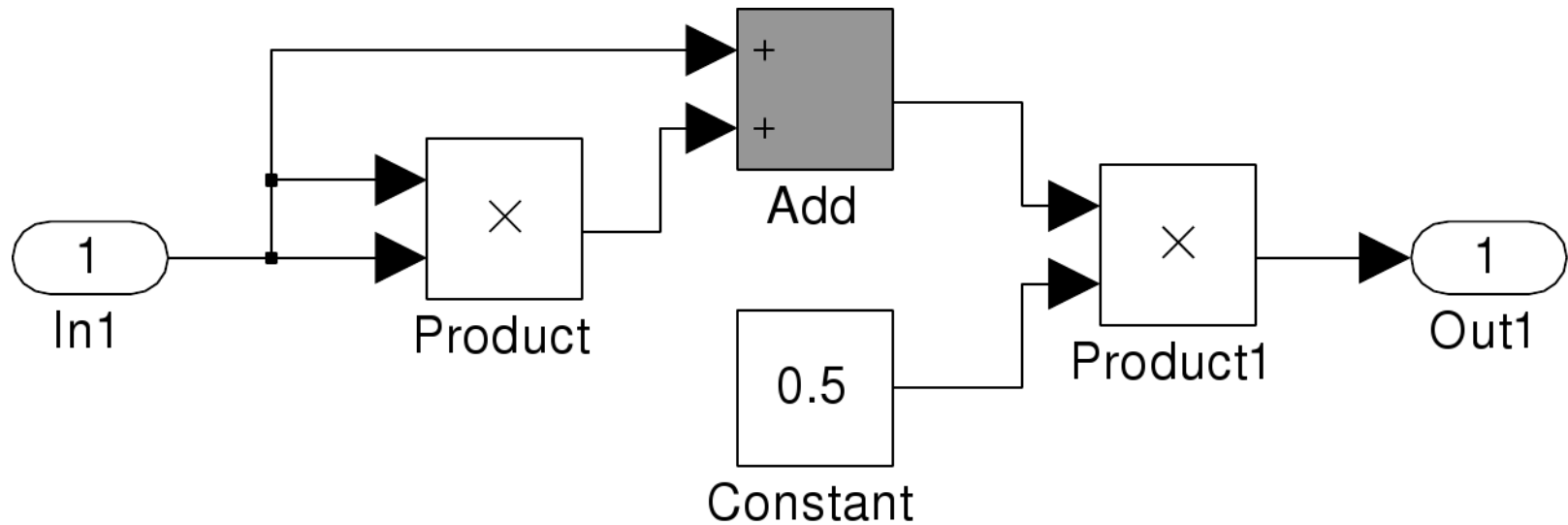


## Blockinstabilität

Umsetzung:

$$IOB(b) = \frac{Quellblöcke(b)}{Quellblöcke(b) + Zielblöcke(b)}$$

## Beispiel: Blockinstabilität



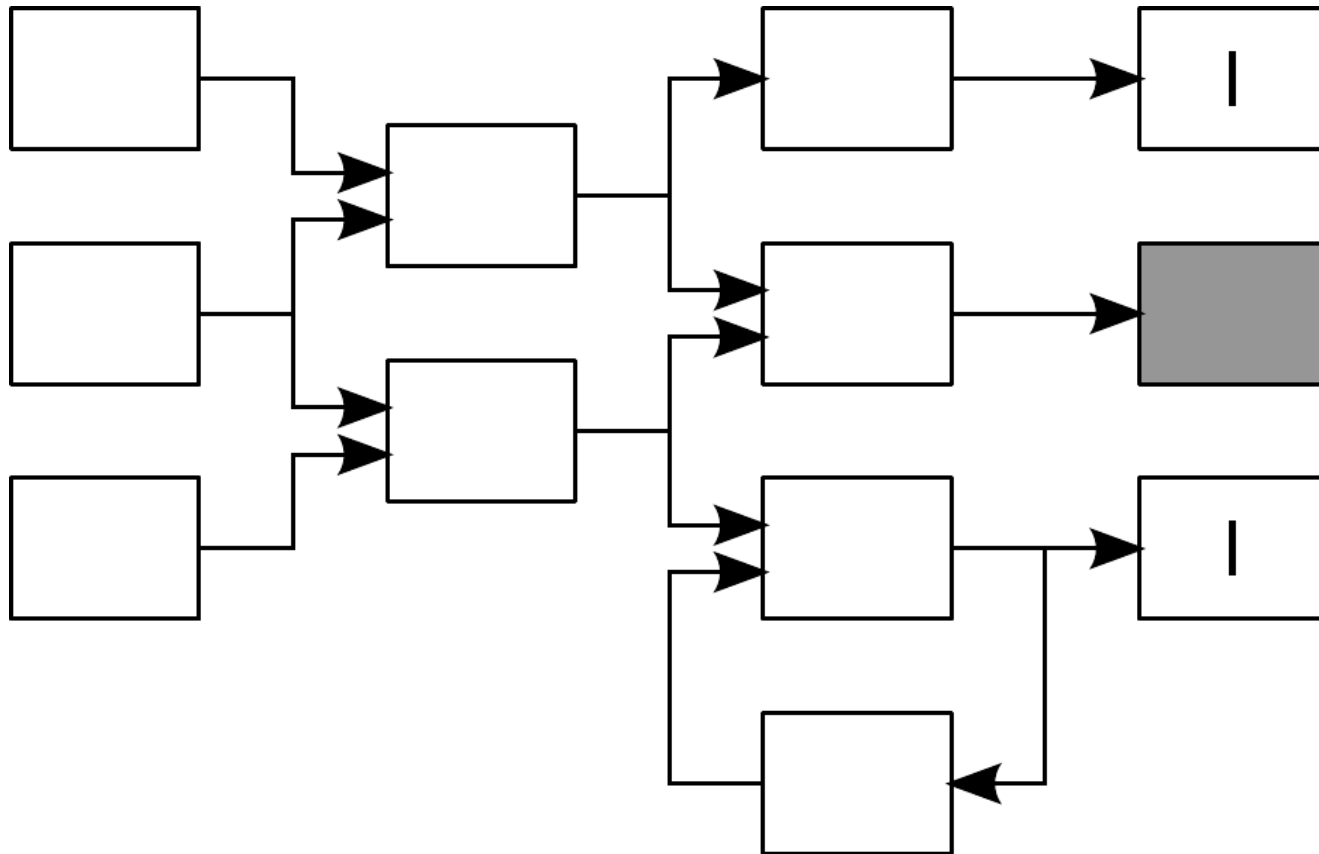
$$IOB(Add) = \frac{Quellblöcke(Add)}{Quellblöcke(Add) + Zielblöcke(Add)} = \frac{2}{2+1} = \frac{2}{3}$$

## Verfallene Ergebnisse

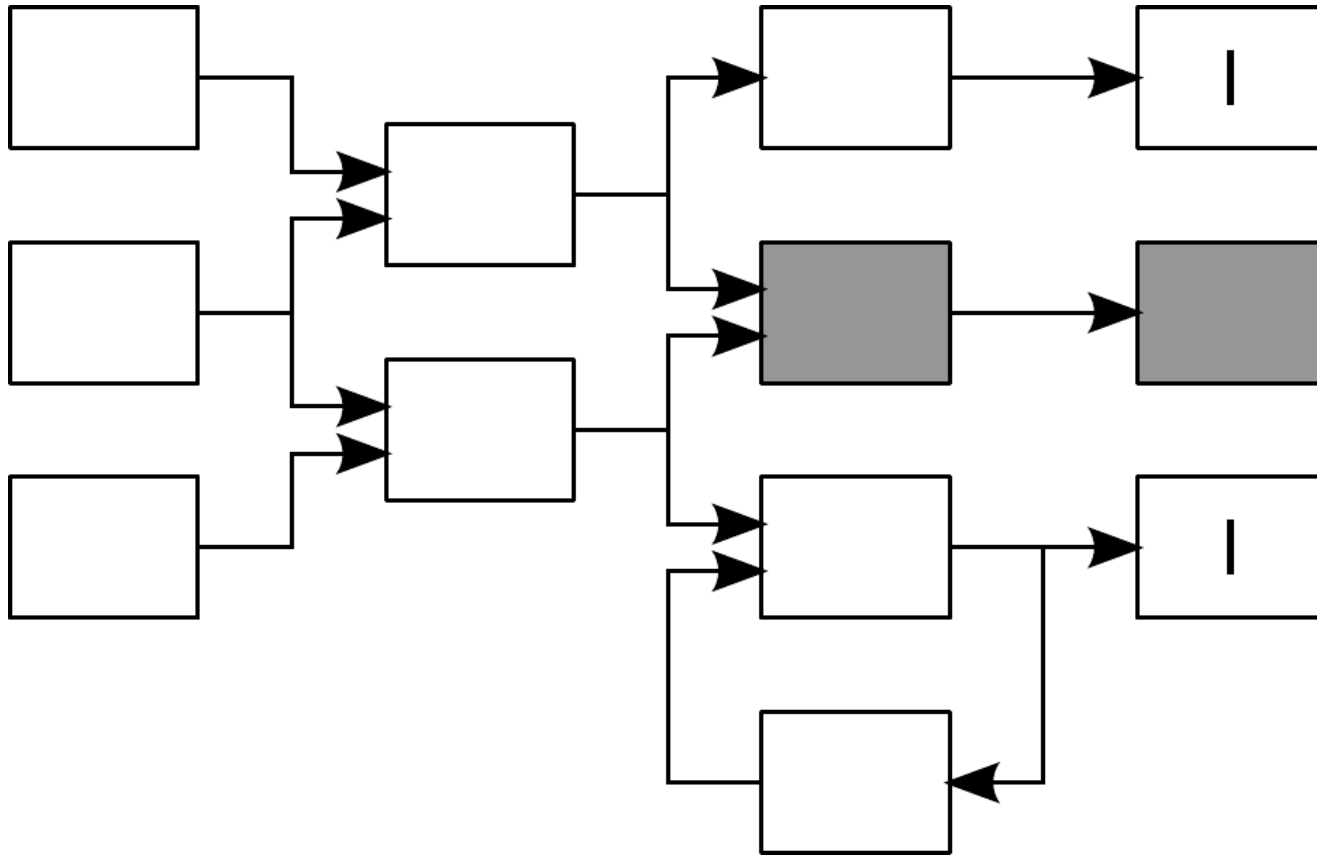
### Umsetzung:

1. Betrachte nur Blöcke die Signale starten oder beenden (Signal-Konnektoren)
2. Markiere definierte Blöcke als aktiv
3. Vorhergehende Blöcke → aktiv

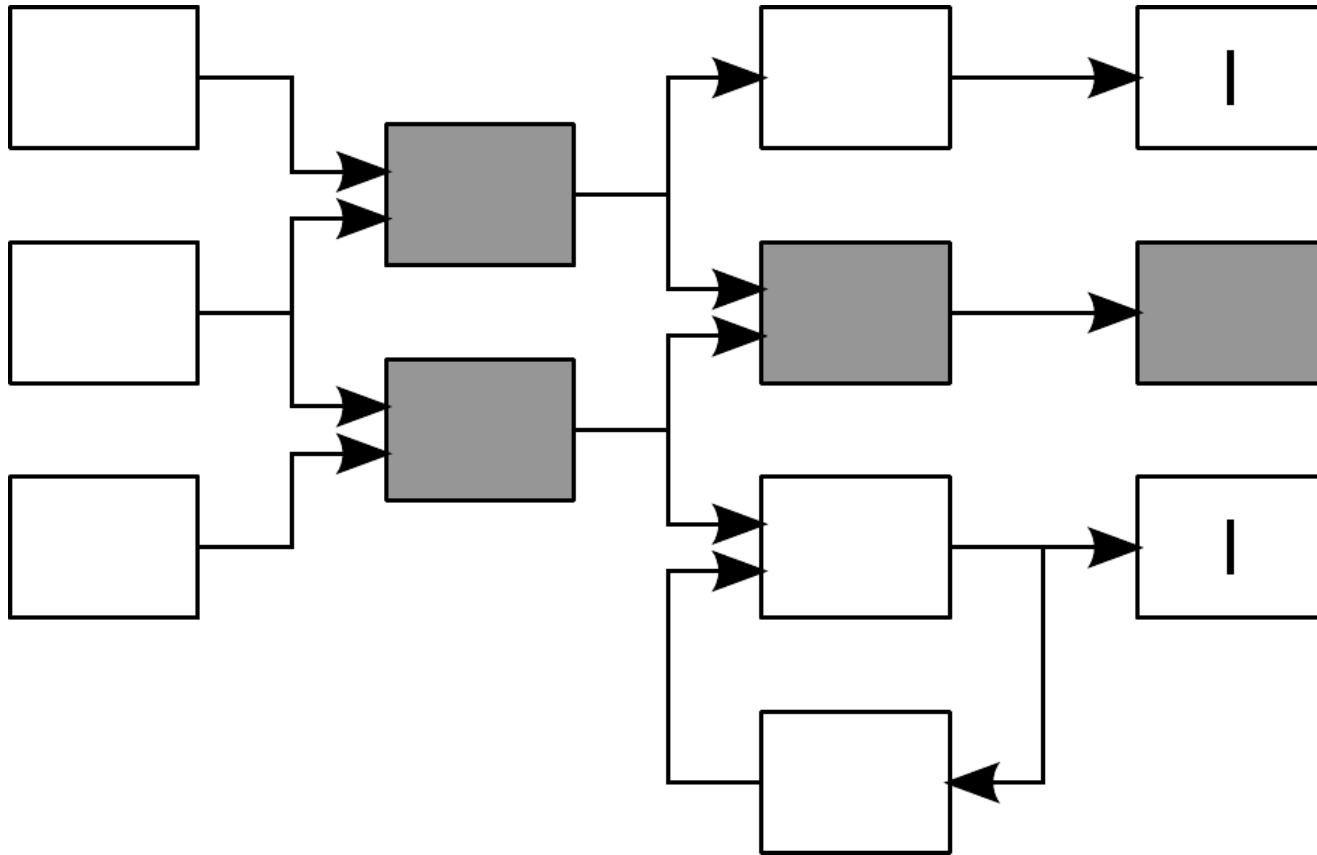
## Beispiel: Verfallene Ergebnisse



## Beispiel: Verfallene Ergebnisse

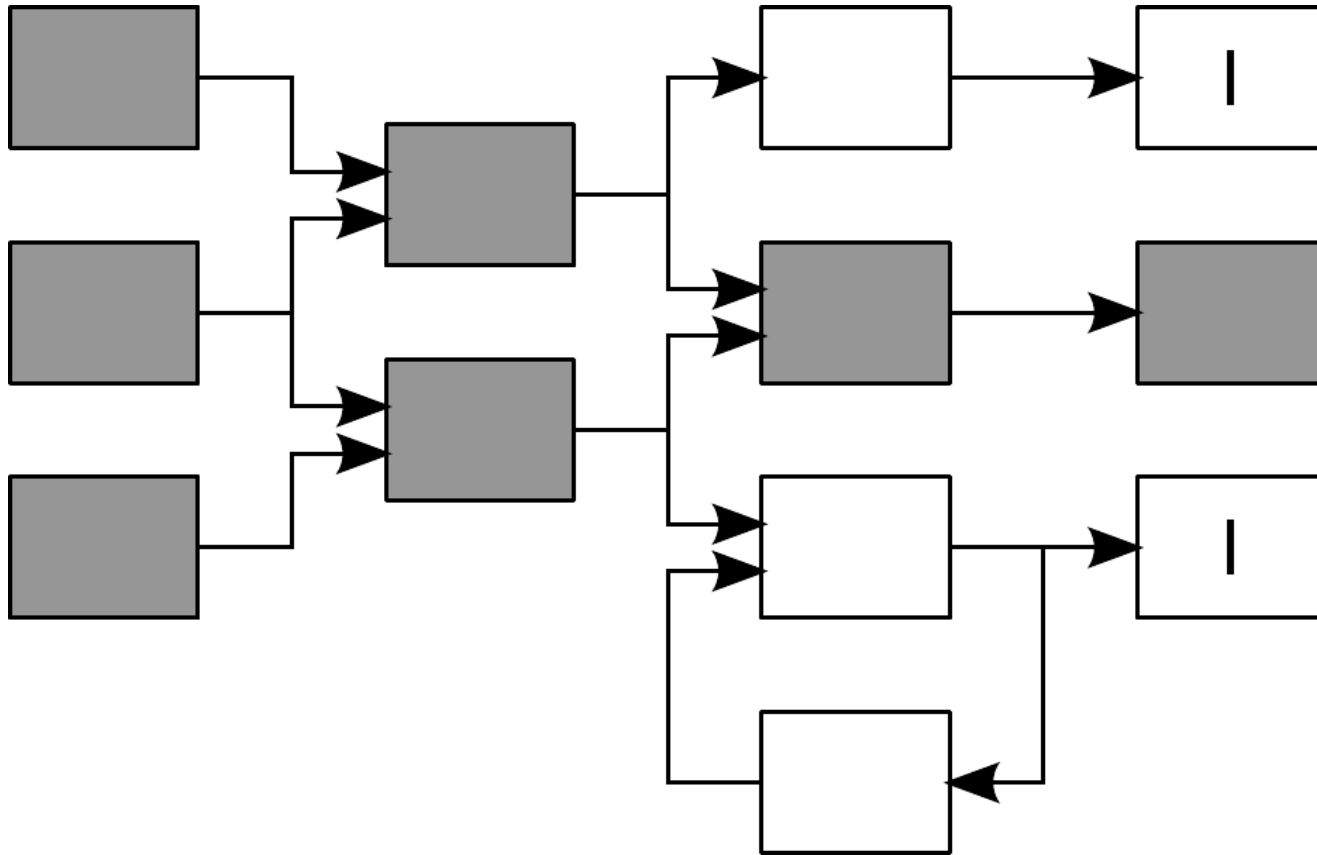


## Beispiel: Verfallene Ergebnisse

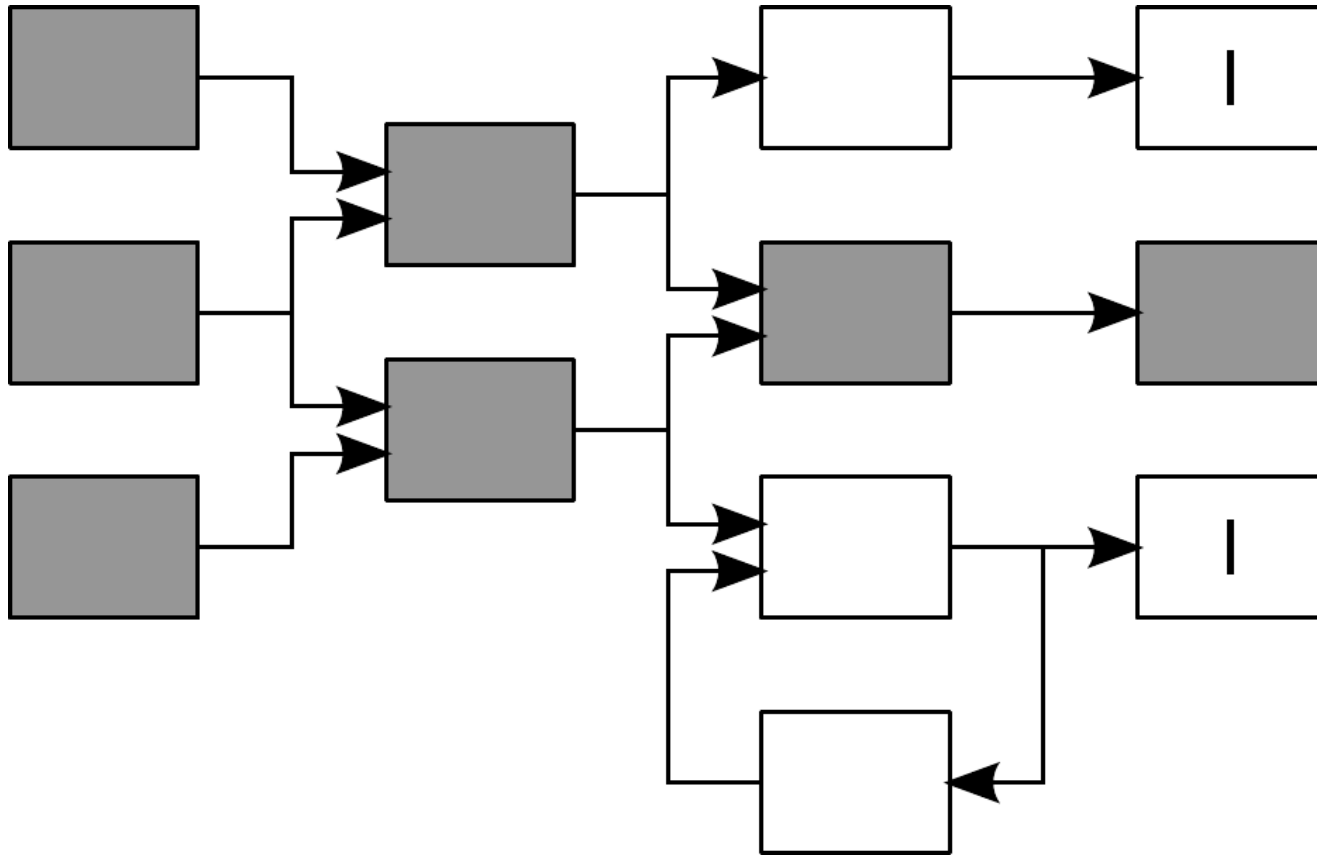




## Beispiel: Verfallene Ergebnisse



## Beispiel: Verfallene Ergebnisse



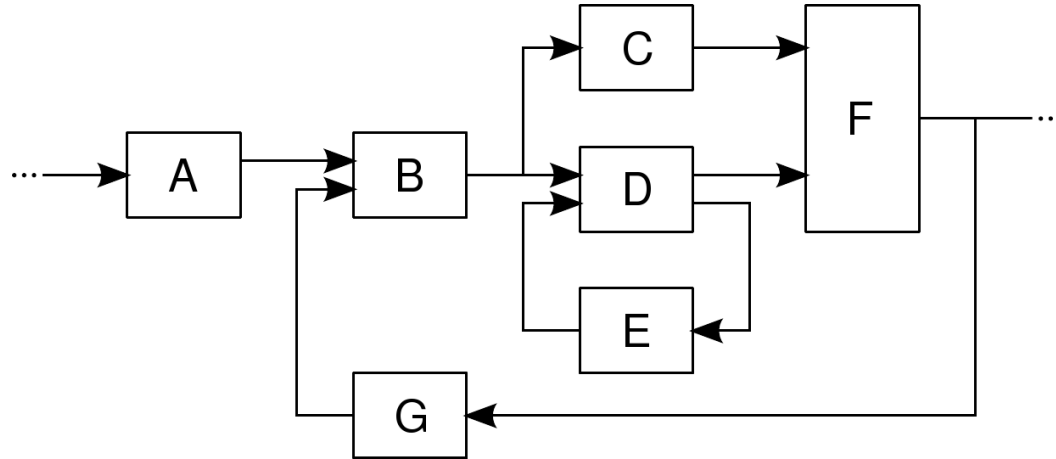
Ergebnis = 3

## Anzahl Zyklen

### Umsetzung:

- Gehe rekursiv durch das Modell
- Wenn Block bereits besucht → Zyklus gefunden

## Beispiel: Anzahl Zyklen



1. Rekursionsweg

2. Rekursionsweg

3. Rekursionsweg

0 {A} – B

1 {A, B} – C, D

2 {A, B, C} – F

{A, B, D} – E, F

3 {A, B, C, F} – G

{A, B, **D**, E} – **D**

{A, B, D, F} – G

4 {A, **B**, C, F, G} – **B**

{A, **B**, D, F, G} – **B**

## Beispiel: Anzahl Zyklen

Gefundene Zyklen:

- B, C, F, G
- D, E
- B, D, F, G

## Durchschnittliche Signallänge

Umsetzung:

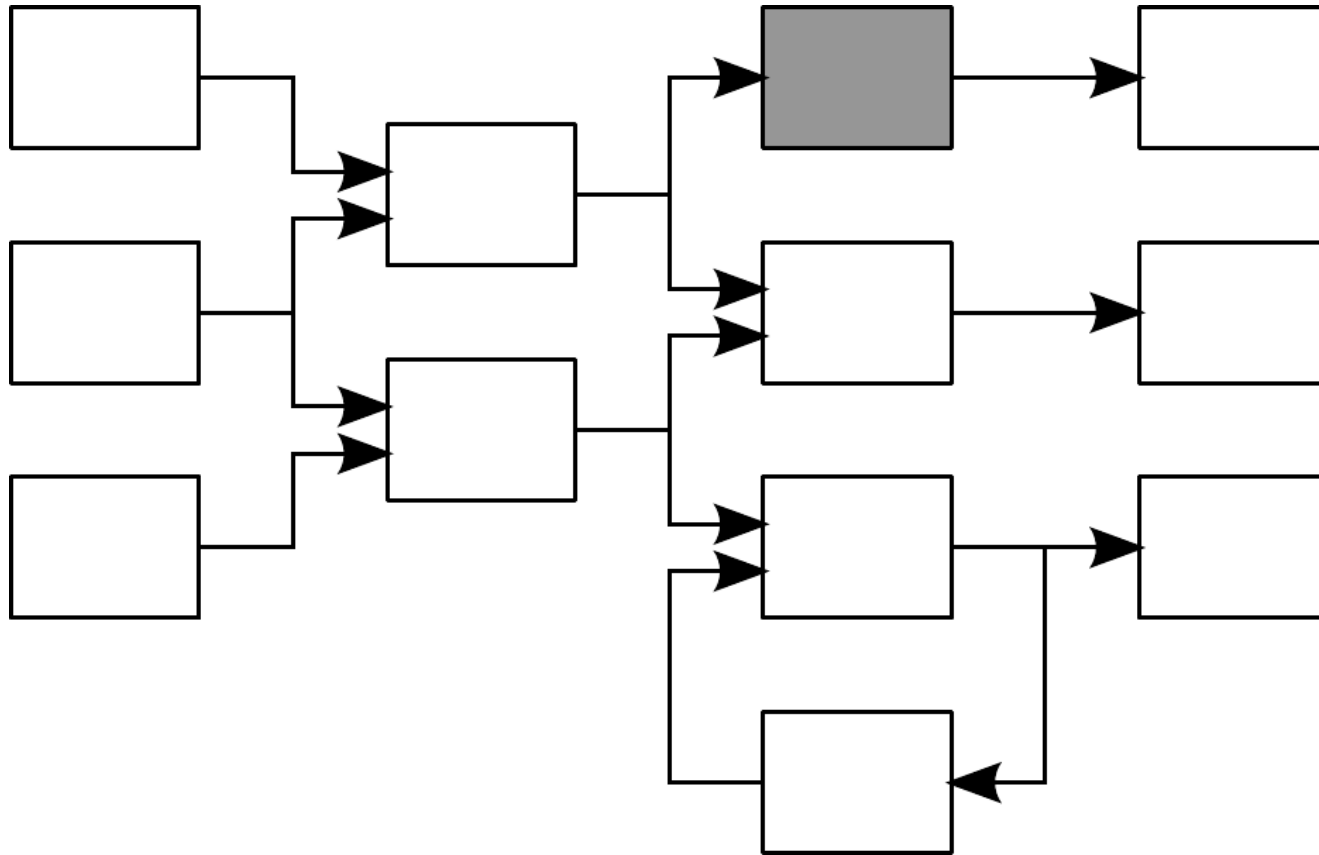
$$\frac{\sum_{s \in S} \text{AnzahlKanten}(s)}{|S|}$$

## Slicing

### Umsetzung:

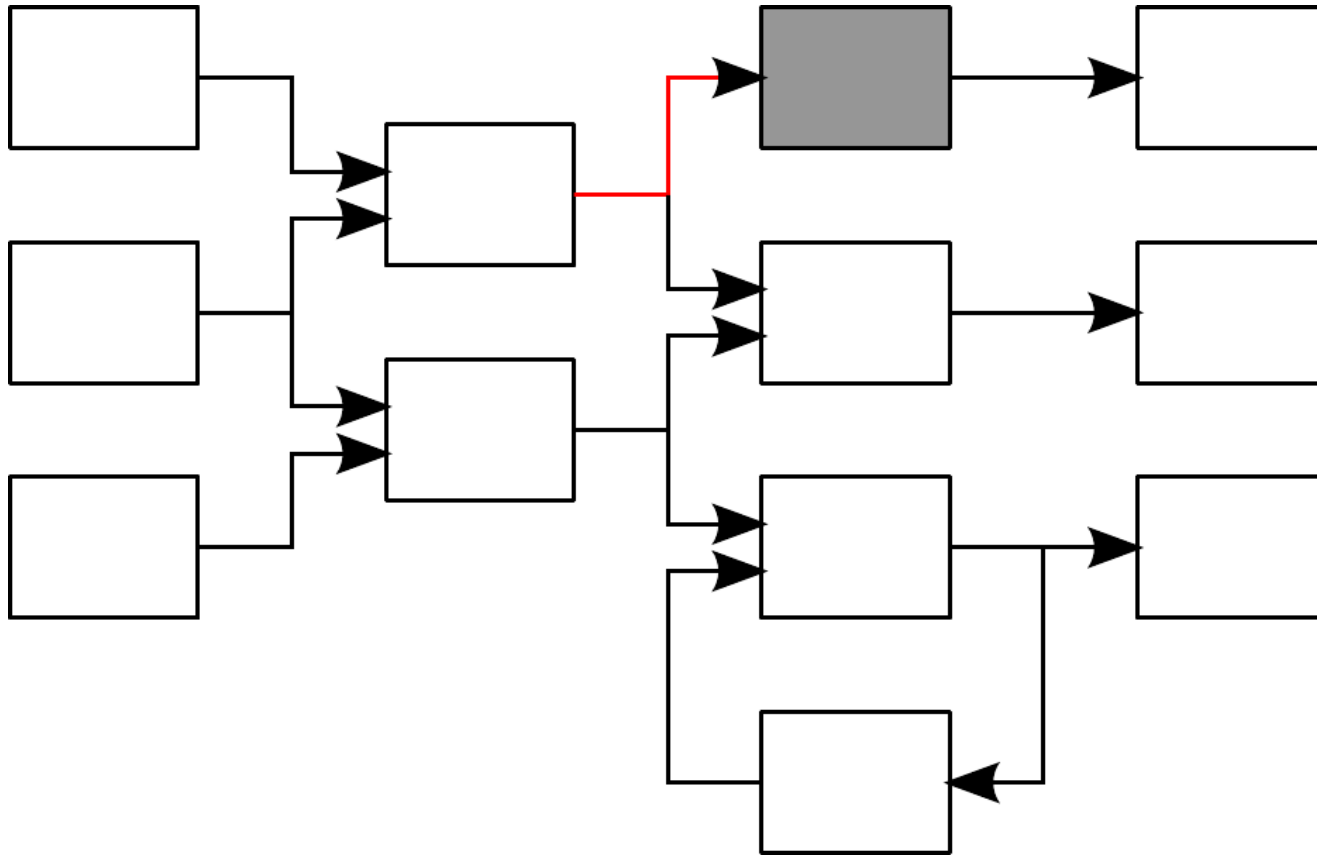
1. Berechne rekursiv alle Signale, die Einfluss auf einen gewählten Block haben

## Beispiel: Slicing

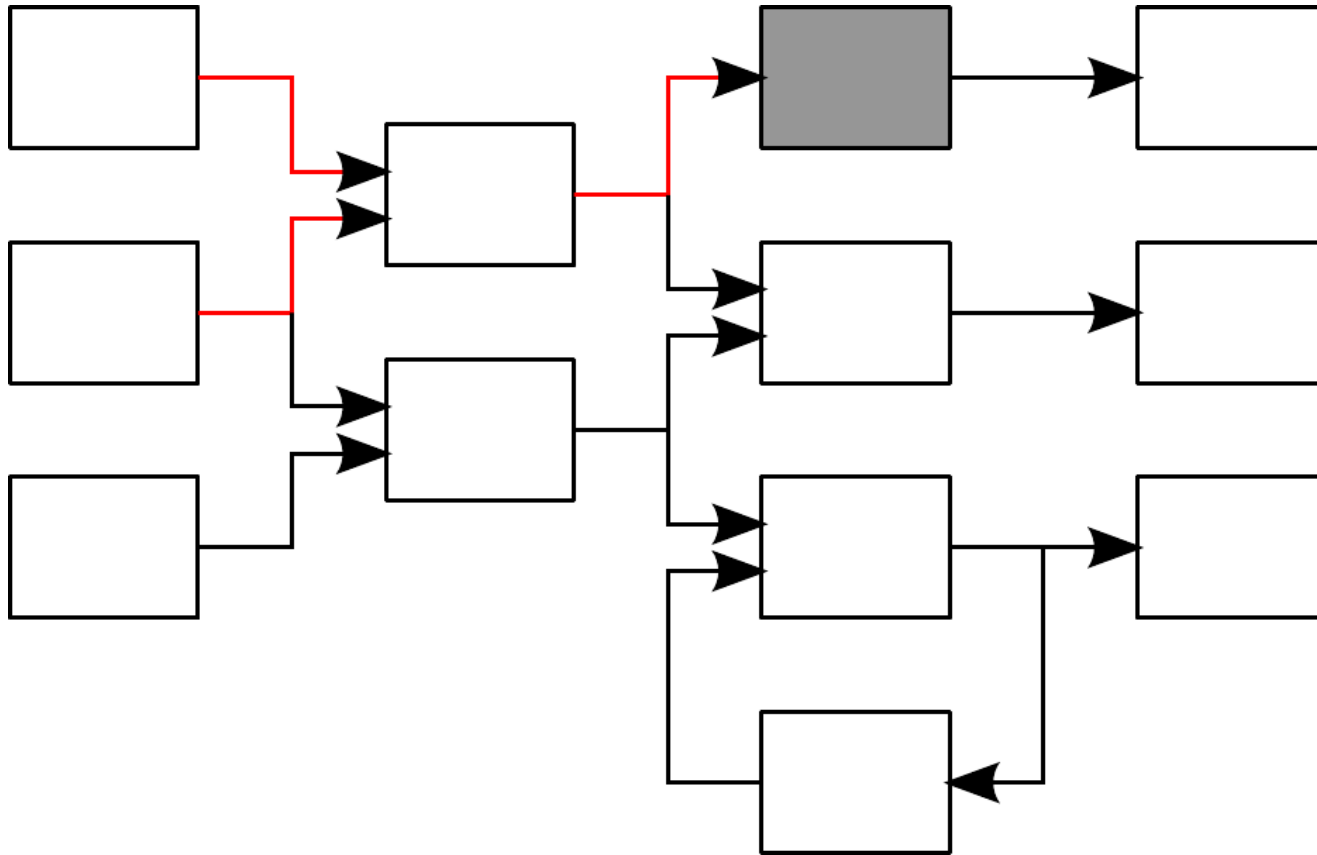




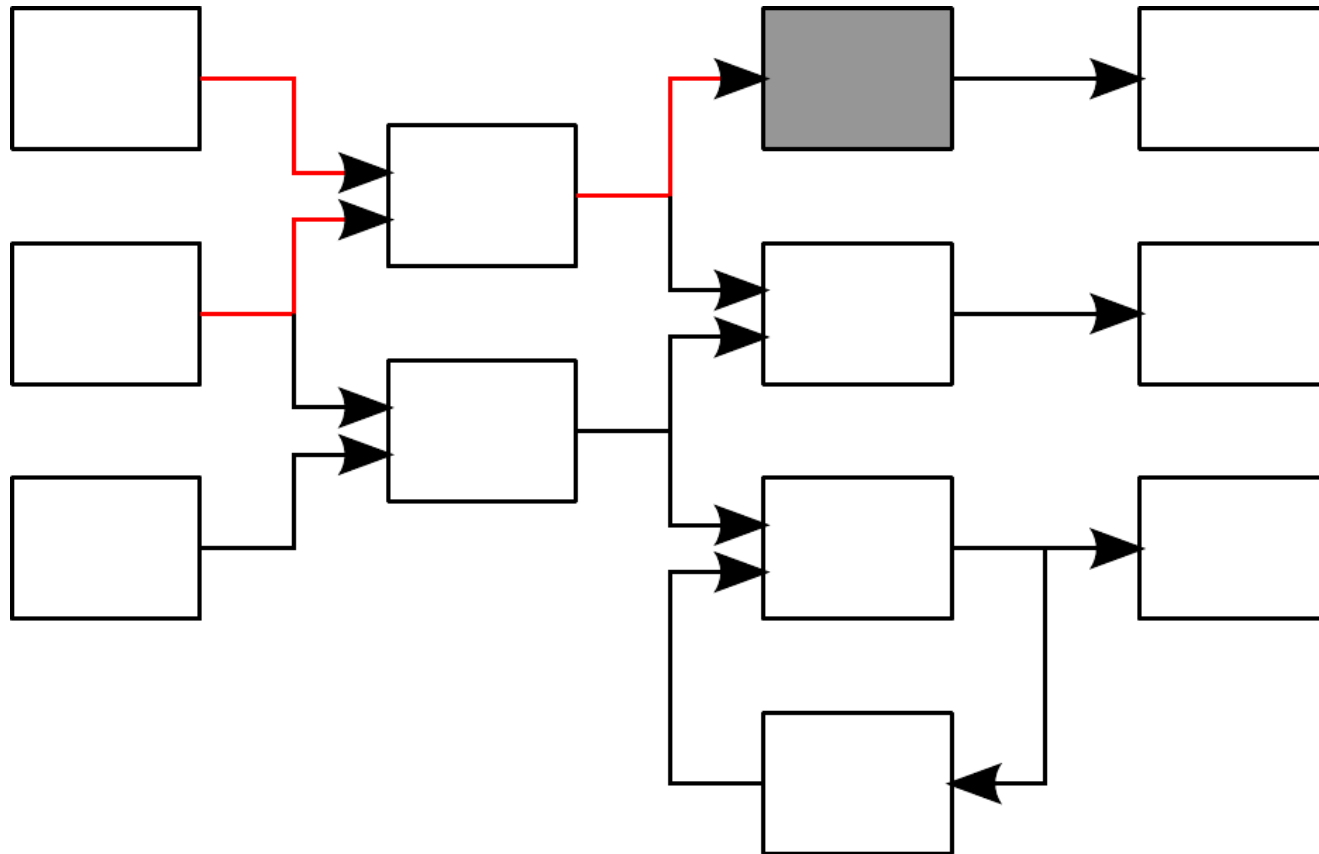
## Beispiel: Slicing



## Beispiel: Slicing



## Beispiel: Slicing



Ergebnis = 3

## Alle implementierten Metriken

- Dokumentation
  - Durchschnittliche Kommentarlänge pro Block
- Modularisierung
  - Unabhängige Pfade
- Wartbarkeit
  - Klonerkennung
  - Blockinstabilität
- Effizienz
  - Verfallene Ergebnisse
- Komplexität
  - Anzahl Zyklen
  - Durchschnittliche Signallänge
  - Slicing

Ende