

# Grundbegriffe der Informatik

## Tutorium 33

Lukas Bach, [lukas.bach@student.kit.edu](mailto:lukas.bach@student.kit.edu) | 28.10.2016



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

### ■ Vorlesung und Übung

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

### ■ Vorlesung und Übung

- Mittwoch 9:45 - 11:15 Vorlesung
- Freitag 9:45 - 11:15 abwechselnd Vorlesung und Übung

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Vorlesung und Übung
  - Mittwoch 9:45 - 11:15 Vorlesung
  - Freitag 9:45 - 11:15 abwechselnd Vorlesung und Übung
- Tutorium

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Vorlesung und Übung
  - Mittwoch 9:45 - 11:15 Vorlesung
  - Freitag 9:45 - 11:15 abwechselnd Vorlesung und Übung
- Tutorium
  - Donnerstags, 14:00 - 15:30
  - 50.34 Informatikbau, -107

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Vorlesung und Übung
  - Mittwoch 9:45 - 11:15 Vorlesung
  - Freitag 9:45 - 11:15 abwechselnd Vorlesung und Übung
- Tutorium
  - Donnerstags, 14:00 - 15:30
  - 50.34 Informatikbau, -107
- Übungsblätter

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Vorlesung und Übung
  - Mittwoch 9:45 - 11:15 Vorlesung
  - Freitag 9:45 - 11:15 abwechselnd Vorlesung und Übung
- Tutorium
  - Donnerstags, 14:00 - 15:30
  - 50.34 Informatikbau, -107
- Übungsblätter
  - Alle zwei Wochen
  - Ausgabe Mittwochs, Abgabe Donnerstags bis 16:00 zwei Wochen drauf



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

■ min. 50% aller Punkte auf Übungsblättern richtig

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- min. 50% aller Punkte auf Übungsblättern richtig
- Rückgabe im Tutorium

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- min. 50% aller Punkte auf Übungsblättern richtig
- Rückgabe im Tutorium
- Bestehen ist *keine* Voraussetzung für die Klausur

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- min. 50% aller Punkte auf Übungsblättern richtig
- Rückgabe im Tutorium
- Bestehen ist *keine* Voraussetzung für die Klausur, *aber* fürs Modul!

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- min. 50% aller Punkte auf Übungsblättern richtig
- Rückgabe im Tutorium
- Bestehen ist *keine* Voraussetzung für die Klausur, *aber* fürs Modul!
- Gemeinsames Abgeben, Abschreiben verboten

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- min. 50% aller Punkte auf Übungsblättern richtig
- Rückgabe im Tutorium
- Bestehen ist *keine* Voraussetzung für die Klausur, *aber* fürs Modul!
- Gemeinsames Abgeben, Abschreiben verboten
- Übungsblätter und später auch Musterlösungen im ILIAS

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

■ Alle Tutorienfolien auf:



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Alle Tutorienfolien auf:

`http://gbi.lukasbach.com`

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Alle Tutorienfolien auf:

<http://gbi.lukasbach.com>

- Bei Fragen: [lukas.bach@student.kit.edu](mailto:lukas.bach@student.kit.edu)

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Alle Tutorienfolien auf:

`http://gbi.lukasbach.com`

- Bei Fragen: `lukas.bach@student.kit.edu`
- Keine Anwesenheitspflicht

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Alle Tutorienfolien auf:

`http://gbi.lukasbach.com`

- Bei Fragen: `lukas.bach@student.kit.edu`
- Keine Anwesenheitspflicht
- Möglichkeit andere Tutorien zu besuchen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

■ Objekt: 101

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

- Objekt: 101

- Eins null eins

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Objekt: 101

- Eins null eins oder 101 als Zahl



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Objekt: 101

- Eins null eins oder 101 als Zahl oder 5 in binär

## Organisatorisches

## Signale und Nachrichten

## Mengen

## Alphabete

## Relationen und Abbildungen

### ■ Objekt: 101

- Eins null eins oder 101 als Zahl oder 5 in binär oder zwei merkwürdige Striche mit einem Kreis dazwischen?

## Organisatorisches

## Signale und Nachrichten

## Mengen

## Alphabete

## Relationen und Abbildungen

### ■ Objekt: 101

- Eins null eins oder 101 als Zahl oder 5 in binär oder zwei merkwürdige Striche mit einem Kreis dazwischen?
- Vom Kontext abhängig.

## Organisatorisches

## Signale und Nachrichten

## Mengen

## Alphabete

## Relationen und Abbildungen

### ■ Objekt: 101

- Eins null eins oder 101 als Zahl oder 5 in binär oder zwei merkwürdige Striche mit einem Kreis dazwischen?
- Vom Kontext abhängig.
- Zunächst einfach ein konkretes Objekt.

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## ■ Signal

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Signal
  - Physikalische Veränderung

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:
  - Notfallalarm in Serverraum

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:
  - Notfallalarm in Serverraum



## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten
- Für Security die Information, zu kommen

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten
- Für Security die Information, zu kommen
- Für Techniker die Information, Ausrüstung zu holen

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten
- Für Security die Information, zu kommen
- Für Techniker die Information, Ausrüstung zu holen

## ■ Nachricht

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten
- Für Security die Information, zu kommen
- Für Techniker die Information, Ausrüstung zu holen

- Nachricht: Objekt wie oben, das von Signal unabhängig ist



## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten
- Für Security die Information, zu kommen
- Für Techniker die Information, Ausrüstung zu holen

## ■ Nachricht: Objekt wie oben, das von Signal unabhängig ist

- Roter Notfallalarm ist ein anderes Signal als ein blauer Notfallalarm

## ■ Signal

- Physikalische Veränderung
- Lässt sich verschieden interpretieren.
- Beispiele:

- Notfallalarm in Serverraum



- Für Besucher nur schönes Leuchten
- Für Security die Information, zu kommen
- Für Techniker die Information, Ausrüstung zu holen

## ■ Nachricht: Objekt wie oben, das von Signal unabhängig ist

- Roter Notfallalarm ist ein anderes Signal als ein blauer Notfallalarm, aber vielleicht dieselbe Nachricht.

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

■ Der interessante Teil:

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## ■ Der interessante Teil: Informationen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

## Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:



## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal (blaue Signalleuchte in Raum nebendran vielleicht auch)

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal (blaue Signalleuchte in Raum nebendran vielleicht auch)
  - “Alarm”: Nachricht

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal (blaue Signalleuchte in Raum nebendran vielleicht auch)
  - “Alarm”: Nachricht
  - Information:

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal (blaue Signalleuchte in Raum nebendran vielleicht auch)
  - “Alarm”: Nachricht
  - Information: Security soll herkommen

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal (blaue Signalleuchte in Raum nebendran vielleicht auch)
  - “Alarm”: Nachricht
  - Information: Security soll herkommen, Techniker sollen das Werkzeug bereit halten

## Organisatorisches

### Signale und Nachrichten

### Mengen

### Alphabete

### Relationen und Abbildungen

- Der interessante Teil: Informationen
- Bedeutung einer Nachricht
- Der vorher fehlende Kontext.
- Im obigen Beispiel:
  - Rote Alarmleuchte ist ein Signal (blaue Signalleuchte in Raum nebendran vielleicht auch)
  - “Alarm”: Nachricht
  - Information: Security soll herkommen, Techniker sollen das Werkzeug bereit halten, Besucher sollten Platz machen.

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

**Mengen**

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

■ Erster wirklich wichtiger Teil.

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Zeichnung

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Definition: Mengen

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

**Mengen**

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten



“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden)

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

■ Beispiel:

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

■ Beispiel:  $\{a, b, c, d\}$

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

■ Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

■ Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten



## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$ ,  $c \in B$

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$ ,  $c \in B$ ,  $c \notin C$

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$ ,  $c \in B$ ,  $c \notin C$
- Reihenfolge gleich

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$ ,  $c \in B$ ,  $c \notin C$
- Reihenfolge gleich:  $\{a, b\} = \{b, a\}$

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$ ,  $c \in B$ ,  $c \notin C$
- Reihenfolge gleich:  $\{a, b\} = \{b, a\}$
- Elemente doppelt?

## Definition: Mengen

“Unter einer Menge verstehen wir jede Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder unseres Denkens (welche die Elemente dieser Menge genannt werden) zu einem Ganzen.”

- Beispiel:  $\{a, b, c, d\} =: A$   $\{a, c, 4\} =: B$ ,  $\{10, 11\} =: C$
- Das Objekt  $c$  ist in  $A$  enthalten:  $c \in A$ ,  $c \in B$ ,  $c \notin C$
- Reihenfolge gleich:  $\{a, b\} = \{b, a\}$
- Elemente doppelt?  $\{a, a, b, a\} = \{a, b\}$

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

**Mengen**

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

■ **Kardinalität**

Signale und  
Nachrichten

**Mengen**

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## ■ Kardinalität oder Größe

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

- Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge
  - $A := \{a, b, c\}$

- Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge
  - $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

■  $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$

■  $B := \{c, d\}$

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

■  $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$

■  $B := \{c, d\}. |B| = 2$

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ?



## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}|$ ?

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}|$ ? 0

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}|$ ? 0

## Leere Menge

Die Menge, die nichts enthält, nennen wir die leere Menge

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}|$ ? 0

## Leere Menge

Die Menge, die nichts enthält, nennen wir die leere Menge, und schreiben sie als  $\{\}$  oder  $\emptyset$ .

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}\|$ ? 0

## Leere Menge

Die Menge, die nichts enthält, nennen wir die leere Menge, und schreiben sie als  $\{\}$  oder  $\emptyset$ .

Was ist  $|\{\{\}\}|$ ?

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}. |A| = 3$
- $B := \{c, d\}. |B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}\|$ ? 0

## Leere Menge

Die Menge, die nichts enthält, nennen wir die leere Menge, und schreiben sie als  $\{\}$  oder  $\emptyset$ .

Was ist  $|\{\{\}\}|$ ? 1!

## ■ Kardinalität oder Größe: Die Anzahl der Elemente der Menge

- $A := \{a, b, c\}$ .  $|A| = 3$
- $B := \{c, d\}$ .  $|B| = 2$
- Was ist  $|\{1, 2, 3, 2\}|$ ? 3!
- Was ist  $|\{\}\|$ ? 0

## Leere Menge

Die Menge, die nichts enthält, nennen wir die leere Menge, und schreiben sie als  $\{\}$  oder  $\emptyset$ .

Was ist  $|\{\{\}\}|$ ? 1!  $\{\emptyset\}$  enthält eine leere Menge, die selbst ein Element ist.



Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Zeichnung

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

**Mengen**

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

## ■ Teilmenge

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$ , also alle Elemente in  $A$ , die nicht in  $B$  sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$ , also alle Elemente in  $A$ , die nicht in  $B$  sind.
- Komplementärmenge:

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$ , also alle Elemente in  $A$ , die nicht in  $B$  sind.
- Komplementärmenge:  $\bar{A}$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$ , also alle Elemente in  $A$ , die nicht in  $B$  sind.
- Komplementärmenge:  $\bar{A}$  enthält alle Elemente des *Universums*, die nicht in  $A$  sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



# Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$ , also alle Elemente in  $A$ , die nicht in  $B$  sind.
- Komplementärmenge:  $\bar{A}$  enthält alle Elemente des *Universums*, die nicht in  $A$  sind. Angenommen, Universum = Lateinisches Alphabet:

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Mehr über Mengen

Seien  $A := \{a, b, c\}$ ,  $B := \{b, c\}$ ,  $C := \{c, b\}$ ,  $D := \{b, c, d\}$ .

- Teilmenge:  $A \subseteq B$ , also  $A$  ist Teilmenge von  $B$  genau dann, wenn alle Elemente aus  $A$  auch in  $B$  sind.
- Echte Teilmenge:  $A \subset B$  genau dann, wenn  $A \subseteq B$  und  $A \neq B$ .
  - Beispiele:  $B \subseteq A$ , sogar  $B \subset A$ .  
 $C \subseteq B$  und  $B \subseteq C$ , aber  $C \not\subseteq B$  und  $B \not\subseteq C$ .
- Schnittmenge:  $A \cap B = \{b, c\}$ .  
 $A \cap B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  und in  $B$  sind.
- Vereinigungsmenge:  $A \cup D = \{a, b, c, d\}$ .  
 $A \cup B$  enthält *genau* die Elemente, die in  $A$  oder in  $B$  sind.
- Mengendifferenz:  $A \setminus B = \{a\}$ , also alle Elemente in  $A$ , die nicht in  $B$  sind.
- Komplementärmenge:  $\bar{A}$  enthält alle Elemente des *Universums*, die nicht in  $A$  sind. Angenommen, Universum = Lateinisches Alphabet:  
 $\bar{A} = \{d, e, f, g, \dots, y, z\}$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

**Mengen**

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Potenzmenge

### Die Potenzmenge

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Potenzmenge

### Die Potenzmenge $2^M$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel:

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?
  - Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $\{0, 1\} \in 2^M$ .

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?
  - Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $\{0, 1\} \in 2^M$ .
  - $\{0\} \in 2^M$

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?
  - Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $\{0, 1\} \in 2^M$ .
  - $\{0\} \in 2^M$  und  $\{1\} \in 2^M$ .

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?
  - Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $\{0, 1\} \in 2^M$ .
  - $\{0\} \in 2^M$  und  $\{1\} \in 2^M$ .
  - Weitere?



## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?
  - Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $\{0, 1\} \in 2^M$ .
  - $\{0\} \in 2^M$  und  $\{1\} \in 2^M$ .
  - Weitere? Nein, diese vier Mengen sind alle möglichen Teilmengen.

## Potenzmenge

Die Potenzmenge  $2^M$  einer Menge  $M$  enthält genau alle Mengen, die Teilmenge von  $M$  sind.

Was bedeutet das allgemein?

- $M \in 2^M$
- $\emptyset \in 2^M$
- Konkretes Beispiel: Was ist  $2^M$  mit  $M = \{0, 1\}$ ?
  - Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $\{0, 1\} \in 2^M$ .
  - $\{0\} \in 2^M$  und  $\{1\} \in 2^M$ .
  - Weitere? Nein, diese vier Mengen sind alle möglichen Teilmengen.
  - $\Rightarrow 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}$ .

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

$$M = \{0, 1\}$$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}.$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}.$
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}.$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}.$
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}.$

$2^{2^M}$



$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}.$
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}.$

$$2^{2^M} = \{$$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}.$
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}.$

$$2^{2^M} = \{ \\ \{\},$$

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}$ .
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}$ .

$$2^{2^M} = \{ \\ \{\}, \\ \{\{\}\}, \{\{0\}\}, \{\{1\}\}, \{\{0, 1\}\},$$

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}$ .
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}$ .

$$2^{2^M} = \{$$
$$\{\},$$
$$\{\{\}\}, \{\{0\}\}, \{\{1\}\}, \{\{0, 1\}\},$$
$$\{\{\}, \{0\}\}, \{\{\}, \{1\}\}, \{\{\}, \{0, 1\}\}, \{\{0\}, \{1\}\},$$
$$\{\{0\}, \{0, 1\}\}, \{\{1\}, \{0, 1\}\},$$

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

- Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}$ .
- Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}$ .

$$2^{2^M} = \{$$
$$\{\},$$
$$\{\{\}\}, \{\{0\}\}, \{\{1\}\}, \{\{0, 1\}\},$$
$$\{\{\}, \{0\}\}, \{\{\}, \{1\}\}, \{\{\}, \{0, 1\}\}, \{\{0\}, \{1\}\},$$
$$\{\{0\}, \{0, 1\}\}, \{\{1\}, \{0, 1\}\},$$
$$\{\{\}, \{0\}, \{1\}\}, \{\{\}, \{0\}, \{0, 1\}\}, \{\{\}, \{1\}, \{0, 1\}\}, \{\{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\},$$

$$M = \{0, 1\}, 2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}.$$

Was ist  $2^{2^M}$ ?

■ Also  $2^{\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}}.$

■ Natürlich  $\emptyset \in 2^M$  und  $2^M = \{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \in 2^{2^M}.$

$$2^{2^M} = \{ \begin{aligned} &\{\}, \\ &\{\{\}\}, \{\{0\}\}, \{\{1\}\}, \{\{0, 1\}\}, \\ &\{\{\}, \{0\}\}, \{\{\}, \{1\}\}, \{\{\}, \{0, 1\}\}, \{\{0\}, \{1\}\}, \\ &\quad \{\{0\}, \{0, 1\}\}, \{\{1\}, \{0, 1\}\}, \\ &\{\{\}, \{0\}, \{1\}\}, \{\{\}, \{0\}, \{0, 1\}\}, \{\{\}, \{1\}, \{0, 1\}\}, \{\{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\}, \\ &\{\{\}, \{0\}, \{1\}, \{0, 1\}\} \end{aligned} \}$$

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

**Alphabete**

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

- $\{d, 34, \pi, \%\}$  und  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$  sind Alphabete.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

- $\{d, 34, \pi, \%\}$  und  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$  sind Alphabete.
- $\emptyset$  ist leer und damit kein Alphabet.

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

- $\{d, 34, \pi, \%\}$  und  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$  sind Alphabete.
- $\emptyset$  ist leer und damit kein Alphabet.
- $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \dots\}$  enthält alle natürlichen Zahlen und ist damit nicht endlich, also kein Alphabet.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

- $\{d, 34, \pi, \%\}$  und  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$  sind Alphabete.
- $\emptyset$  ist leer und damit kein Alphabet.
- $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \dots\}$  enthält alle natürlichen Zahlen und ist damit nicht endlich, also kein Alphabet.
- $\{0, 1\}$  ist das Alphabet, das alle Binärzahlen enthält.

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

- $\{d, 34, \pi, \%\}$  und  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$  sind Alphabete.
- $\emptyset$  ist leer und damit kein Alphabet.
- $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \dots\}$  enthält alle natürlichen Zahlen und ist damit nicht endlich, also kein Alphabet.
- $\{0, 1\}$  ist das Alphabet, das alle Binärzahlen enthält.
- $\{., +, -, /\} =: R$  ist ein Alphabet von Rechenzeichen.

## Alphabet

Ein Alphabet ist eine *endliche, nichtleere* Menge von Zeichen.

Was davon sind Alphabete?  $\{d, 34, \pi, \%\}$ ,  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$ ,  $\emptyset$ ,  $\mathbb{N}$ .

- $\{d, 34, \pi, \%\}$  und  $\{a, b, c, \dots, y, z\}$  sind Alphabete.
- $\emptyset$  ist leer und damit kein Alphabet.
- $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \dots\}$  enthält alle natürlichen Zahlen und ist damit nicht endlich, also kein Alphabet.
- $\{0, 1\}$  ist das Alphabet, das alle Binärzahlen enthält.
- $\{\cdot, +, -, /\} =: R$  ist ein Alphabet von Rechenzeichen.  $R \cup \{0, 1, \dots, 9\}$  ist ein Alphabet, das ein Taschenrechner als Eingabealphabet benutzen könnte.

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Paar

Ein Paar ist eine geordnete Menge

## Paar

Ein Paar ist eine geordnete Menge der Kardinalität 2.

## Paar

Ein Paar ist eine geordnete Menge der Kardinalität 2.

Schreibweise mit runden Klammern  $()$ .

## Paar

Ein Paar ist eine geordnete Menge der Kardinalität 2.

Schreibweise mit runden Klammern ().

- Beispiel:  $(a, 4)$



## Paar

Ein Paar ist eine geordnete Menge der Kardinalität 2.

Schreibweise mit runden Klammern ().

■ Beispiel:  $(a, 4) \neq (4, a)$

## Paar

Ein Paar ist eine geordnete Menge der Kardinalität 2.

Schreibweise mit runden Klammern ().

- Beispiel:  $(a, 4) \neq (4, a)$
- Beispiel für eine Menge aus Tupeln:  $\{ ("AgeOfEmpires", "Strategie"), ("Battlefield", "Shooter"), ("SeriousSam", "Shooter") \}$

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Tupel

Ein Tupel ist eine geordnete Menge.

## Tupel

Ein Tupel ist eine geordnete Menge. Konkret ist ein  $n$ -Tupel ein Tupel der Kardinalität  $n$ .

## Tupel

Ein Tupel ist eine geordnete Menge. Konkret ist ein  $n$ -Tupel ein Tupel der Kardinalität  $n$ .

Also wie ein Paar, nur mit beliebiger Kardinalität.

## Tupel

Ein Tupel ist eine geordnete Menge. Konkret ist ein  $n$ -Tupel ein Tupel der Kardinalität  $n$ .

Also wie ein Paar, nur mit beliebiger Kardinalität. Ein Paar ist spezifisch ein 2-Tupel.

## Tupel

Ein Tupel ist eine geordnete Menge. Konkret ist ein  $n$ -Tupel ein Tupel der Kardinalität  $n$ .

Also wie ein Paar, nur mit beliebiger Kardinalität. Ein Paar ist spezifisch ein 2-Tupel.

Beispiel:  $(4tb, 512gb, 128gb, 4mb)$



## Tupel

Ein Tupel ist eine geordnete Menge. Konkret ist ein  $n$ -Tupel ein Tupel der Kardinalität  $n$ .

Also wie ein Paar, nur mit beliebiger Kardinalität. Ein Paar ist spezifisch ein 2-Tupel.

Beispiel:  $(4tb, 512gb, 128gb, 4mb) \neq (512gb, 4mb, 4tb, 128gb)$ .

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .  
Wir wollen alle Tupel

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .  
Wir wollen alle Tupel mit erstem Element aus  $A$

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .

Wir wollen alle Tupel mit erstem Element aus  $A$  und zweiten Element aus  $B$ .

## Organisatorisches

## Signale und Nachrichten

## Mengen

## Alphabete

## Relationen und Abbildungen

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .

Wir wollen alle Tupel mit erstem Element aus  $A$  und zweiten Element aus  $B$ .  
 $\{ (a, 1), (a, 2), (a, 3), \quad (b, 1), (b, 2), (b, 3), \quad (c, 1), (c, 2), (c, 3) \}$

Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .

Wir wollen alle Tupel mit erstem Element aus  $A$  und zweiten Element aus  $B$ .  
 $\{ (a, 1), (a, 2), (a, 3), \quad (b, 1), (b, 2), (b, 3), \quad (c, 1), (c, 2), (c, 3) \}$   
 $= A \times B$



Zwei Mengen:  $A := \{a, b, c\}$  und  $B := \{1, 2, 3\}$ .

Wir wollen alle Tupel mit erstem Element aus  $A$  und zweiten Element aus  $B$ .  
 $\{ (a, 1), (a, 2), (a, 3), (b, 1), (b, 2), (b, 3), (c, 1), (c, 2), (c, 3) \}$   
 $= A \times B$

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$  mit  $e_1 \in M_1, e_2 \in M_2, \dots, e_n \in M_n$ .

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$  mit  $e_1 \in M_1, e_2 \in M_2, \dots, e_n \in M_n$ .

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \dots \times A}_{n \times \text{mal}} = A^n.$$

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

$$A := \{a, b\}, B := \{1, 2\}.$$



## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

$$A := \{a, b\}, B := \{1, 2\}. A \times B$$

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Kreuzprodukt von zwei Mengen

Zu zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist das Kreuzprodukt  $A \times B$  definiert als Menge aller Paare  $(a, b)$  mit  $a \in A$  und  $b \in B$ .

$$A := \{a, b\}, B := \{1, 2\}. A \times B = \{(a, 1), (a, 2), (b, 1), (b, 2)\}.$$

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$  mit  $e_1 \in M_1, e_2 \in M_2, \dots, e_n \in M_n$ .

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$  mit  $e_1 \in M_1, e_2 \in M_2, \dots, e_n \in M_n$ .

$$A := \{a, b\}, B := \{1, 2\}, C := \{\omega\}. A \times B \times C$$

## Kreuzprodukt von $n$ Mengen

Zu  $n$  Mengen  $M_1, M_2, \dots, M_n$  ist das Kreuzprodukt  $M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$  definiert als Menge aller  $n$ -Tupel  $(e_1, e_2, \dots, e_n)$  mit  $e_1 \in M_1, e_2 \in M_2, \dots, e_n \in M_n$ .

$$A := \{a, b\}, B := \{1, 2\}, C := \{\omega\}. A \times B \times C \\ = \{(a, 1, \omega), (a, 2, \omega), (b, 1, \omega), (b, 2, \omega)\}.$$



## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n \text{ mal}} = A^n.$$

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n \text{ mal}} = A^n.$$

■  $A := \{a, b\}.$

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n \text{ mal}} = A^n.$$

■  $A := \{a, b\}. A^2$

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n \text{ mal}} = A^n.$$

■  $A := \{a, b\}. A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n\text{mal}} = A^n.$$

■  $A := \{a, b\}. A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$   
 $A^3 = \{(a, a, a), (a, a, b), (a, b, b), \dots\}.$

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n \text{ mal}} = A^n.$$

- $A := \{a, b\}$ .  $A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$   
 $A^3 = \{(a, a, a), (a, a, b), (a, b, b), \dots\}$ .
- $A$  beliebige Menge.

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n\text{mal}} = A^n.$$

- $A := \{a, b\}$ .  $A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$   
 $A^3 = \{(a, a, a), (a, a, b), (a, b, b), \dots\}$ .
- $A$  beliebige Menge.  $A^0$ ?

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n\text{mal}} = A^n.$$

- $A := \{a, b\}$ .  $A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$   
 $A^3 = \{(a, a, a), (a, a, b), (a, b, b), \dots\}$ .
- $A$  beliebige Menge.  $A^0? = \emptyset$



## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n \text{ mal}} = A^n.$$

- $A := \{a, b\}$ .  $A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$   
 $A^3 = \{(a, a, a), (a, a, b), (a, b, b), \dots\}$ .
- $A$  beliebige Menge.  $A^0 = \emptyset$
- Achtung!  $2^M \neq M^2$ .

## Mengenpotenz

$$\underbrace{A \times A \times \cdots \times A}_{n\text{mal}} = A^n.$$

- $A := \{a, b\}$ .  $A^2 = \{(a, b), (b, a), (a, a), (b, b)\}$   
 $A^3 = \{(a, a, a), (a, a, b), (a, b, b), \dots\}$ .
- $A$  beliebige Menge.  $A^0 = \emptyset$
- Achtung!  $2^M \neq M^2$ . Potenzmengen nicht mit Mengenpotenz verwechseln!

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"Battlefield"}, \text{"Shooter"} ),$   
 $( \text{"SeriousSam"}, \text{"Shooter"} ) \}$

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"Battlefield"}, \text{"Shooter"} ), ( \text{"SeriousSam"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Shooter"} ) \}$

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

- $\{ (\text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"}), (\text{"Battlefield"}, \text{"Shooter"}), (\text{"SeriousSam"}, \text{"Shooter"}) \}$
- $\{ (\text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"}), (\text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Shooter"}) \}$
- $\emptyset$



## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"Battlefield"}, \text{"Shooter"} ), ( \text{"SeriousSam"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\emptyset$
- "Kleiner gleichrelation" auf  $M = \{1, 2, 3\}$

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"Battlefield"}, \text{"Shooter"} ), ( \text{"SeriousSam"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\emptyset$
- "Kleiner gleichrelation" auf  $M = \{1, 2, 3\}$ :  
 $R_{\leq} = \{ (1, 1), (1, 2), (1, 3), (2, 2), (2, 3), (3, 3) \}$

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

- Für die Mengen

$M_{\text{Spiele}} = \{ \text{"Battlefield"}, \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"SeriousSam"} \},$

$M_{\text{Genre}} = \{ \text{"Shooter"}, \text{"Strategie"} \}$  sind folgendes mögliche

Relationen:

- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"Battlefield"}, \text{"Shooter"} ), ( \text{"SeriousSam"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\{ ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Strategie"} ), ( \text{"AgeOfEmpires"}, \text{"Shooter"} ) \}$
- $\emptyset$
- "Kleiner gleichrelation" auf  $M = \{1, 2, 3\}$ :  
 $R_{\leq} = \{ (1, 1), (1, 2), (1, 3), (2, 2), (2, 3), (3, 3) \} \in M \times M$

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

## Ternäre Relation

Eine ternäre Relation auf drei Mengen  $A$ ,  $B$  und  $C$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B \times C$ .

## Binäre Relation

Eine binäre Relation auf zwei Mengen  $A$  und  $B$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B$ .

## Ternäre Relation

Eine ternäre Relation auf drei Mengen  $A$ ,  $B$  und  $C$  ist eine Menge  $R \subseteq A \times B \times C$ .

## $n$ -äre Relation

Eine  $n$ -äre Relation auf  $n$  Mengen  $M_1, M_2 \dots M_n$  ist eine Menge  $R \subseteq M_1 \times M_2 \times \dots \times M_n$ .

## Linkstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkstotal

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkstotal, wenn für jedes  $a \in A$  ein  $b \in B$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Linkstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkstotal, wenn für jedes  $a \in A$  ein  $b \in B$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Die linke Seite der Relation ist also “total” aufgefüllt.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

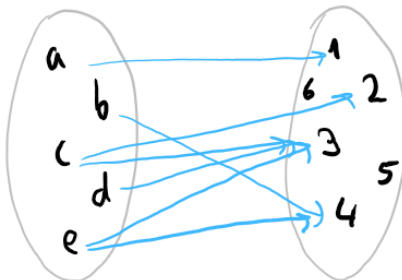
Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkstotal, wenn für jedes  $a \in A$  ein  $b \in B$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Die linke Seite der Relation ist also “total” aufgefüllt.



Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtstotal

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtstotal, wenn für jedes  $b \in B$  ein  $a \in A$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtstotal, wenn für jedes  $b \in B$  ein  $a \in A$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Die rechte Seite der Relation ist also “total” aufgefüllt.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtstotal, wenn für jedes  $b \in B$  ein  $a \in A$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Die rechte Seite der Relation ist also “total” aufgefüllt.

Wenn die Relation zusätzlich eine Abbildung ist, heißt diese dann **surjektiv**.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtstotale Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtstotal, wenn für jedes  $b \in B$  ein  $a \in A$  existiert mit  $(a, b) \in R$ .

Die rechte Seite der Relation ist also “total” aufgefüllt.

Wenn die Relation zusätzlich eine Abbildung ist, heißt diese dann **surjektiv**.

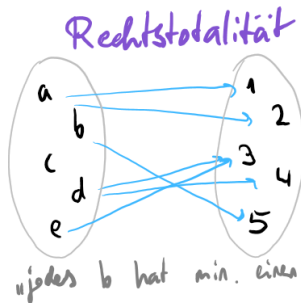
Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt:

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $a \neq b$ , dann gilt auch  $\alpha \neq \beta$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $a \neq b$ , dann gilt auch  $\alpha \neq \beta$ .

Also: Keine zwei Elemente der linken Seite der Relation haben dasselbe rechte Element.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $a \neq b$ , dann gilt auch  $\alpha \neq \beta$ .

Also: Keine zwei Elemente der linken Seite der Relation haben dasselbe rechte Element.

Angenommen,  $a \neq b$  und  $\alpha = \beta$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $a \neq b$ , dann gilt auch  $\alpha \neq \beta$ .

Also: Keine zwei Elemente der linken Seite der Relation haben dasselbe rechte Element.

Angenommen,  $a \neq b$  und  $\alpha = \beta$ .  $\Rightarrow$  offenbar nicht linkseindeutig.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $a \neq b$ , dann gilt auch  $\alpha \neq \beta$ .

Also: Keine zwei Elemente der linken Seite der Relation haben dasselbe rechte Element.

Angenommen,  $a \neq b$  und  $\alpha = \beta$ .  $\Rightarrow$  offenbar nicht linkseindeutig.

Wenn die Relation zusätzlich eine Abbildung ist, heißt diese dann **injektiv**.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

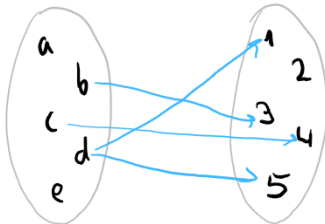
## Linkseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt linkseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $a \neq b$ , dann gilt auch  $\alpha \neq \beta$ .

Also: Keine zwei Elemente der linken Seite der Relation haben dasselbe rechte Element.

Angenommen,  $a \neq b$  und  $\alpha = \beta$ .  $\Rightarrow$  offenbar nicht linkseindeutig.

Wenn die Relation zusätzlich eine Abbildung ist, heißt diese dann **injektiv**.



## Rechtseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtseindeutig

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Rechtseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt:

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $\alpha \neq \beta$ , dann gilt auch  $a \neq b$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $\alpha \neq \beta$ , dann gilt auch  $a \neq b$ .

Also: Keine zwei Elemente der rechten Seite der Relation haben dasselbe linke Element.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

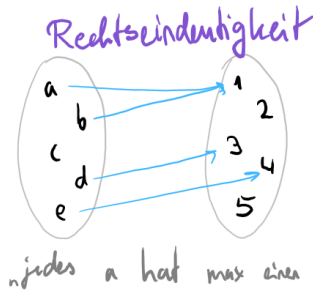
Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Rechtseindeutige Relation

Eine Relation  $R \subseteq A \times B$  heißt rechtseindeutig, wenn für zwei beliebige Elemente  $(a, \alpha) \in R, (b, \beta) \in R$  aus der Relation  $R$  gilt: wenn  $\alpha \neq \beta$ , dann gilt auch  $a \neq b$ .

Also: Keine zwei Elemente der rechten Seite der Relation haben dasselbe linke Element.



Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion:

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig
- Surjektive Funktion:

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig
- Surjektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, rechtstotal

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig
- Surjektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, rechtstotal

## Bijektivität

Eine Relation heißt bijektiv, wenn sie injektiv und surjektiv ist.

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig
- Surjektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, rechtstotal

## Bijektivität

Eine Relation heißt bijektiv, wenn sie injektiv und surjektiv ist.

Damit ist sie linkstotal und rechtseindeutig (weil es eine Abbildung ist) und linkseindeutig (injektiv) und rechtstotal (surjektiv).

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig
- Surjektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, rechtstotal

## Bijektivität

Eine Relation heißt bijektiv, wenn sie injektiv und surjektiv ist.

Damit ist sie linkstotal und rechtseindeutig (weil es eine Abbildung ist) und linkseindeutig (injektiv) und rechtstotal (surjektiv).

Tolle Eigenschaft:

## Abbildung

Eine Relation  $R$  heißt eine Abbildung, wenn sie linkstotal *und* rechtseindeutig sind.

- Injektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, linkseindeutig
- Surjektive Funktion: linkstotal, rechtseindeutig, rechtstotal

## Bijektivität

Eine Relation heißt bijektiv, wenn sie injektiv und surjektiv ist.

Damit ist sie linkstotal und rechtseindeutig (weil es eine Abbildung ist) und linkseindeutig (injektiv) und rechtstotal (surjektiv).

Tolle Eigenschaft: Für jedes Element  $(a, b) \in R$  der bijektiven Relation  $R$  ist *jedem*  $a$  *genau ein*  $b$  zugeordnet.

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2$$

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2, \text{ also Quadratfunktion.}$$

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2, \text{ also Quadratfunktion.}$$

Ist diese Funktion injektiv oder surjektiv?

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2, \text{ also Quadratfunktion.}$$

Ist diese Funktion injektiv oder surjektiv?

- Nicht injektiv, da z.B.  $f(1) = f(-1)$

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2$ , also Quadratfunktion.

Ist diese Funktion injektiv oder surjektiv?

- Nicht injektiv, da z.B.  $f(1) = f(-1)$ , also  $(1, 1) \in f$  und  $(-1, 1) \in f$ .



Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2$ , also Quadratfunktion.

Ist diese Funktion injektiv oder surjektiv?

- Nicht injektiv, da z.B.  $f(1) = f(-1)$ , also  $(1, 1) \in f$  und  $(-1, 1) \in f$ .
- Nicht surjektiv, da z.B.  $-1$  nie als Funktionswert angenommen wird

Seien  $A = B = \mathbb{R}$ ,  $f \subseteq A \times B$ . Wir suchen Relation, die für jedes  $a \in A$  ein Element  $(a, b) \in f$  enthält mit  $b = a^2$ .

$$f = \{(0, 0), (0.1, 0.01), (2, 4), \dots\}$$

Unendlich viele Elemente, und unmöglich alle zu nennen.

(Mathematische) Schreibweise für Abbildungen:

$f : A \rightarrow B, a \mapsto a^2$ , also Quadratfunktion.

Ist diese Funktion injektiv oder surjektiv?

- Nicht injektiv, da z.B.  $f(1) = f(-1)$ , also  $(1, 1) \in f$  und  $(-1, 1) \in f$ .
- Nicht surjektiv, da z.B.  $-1$  nie als Funktionswert angenommen wird, daher  $(a, -1) \notin f$  für beliebige  $a \in A$ .

# Grundbegriffe der Informatik

Lukas Bach, lu-  
kas.bach@student.kit.edu

Organisatorisches

Signale und  
Nachrichten

Mengen

Alphabete

Relationen und  
Abbildungen



*That's all Folks!*