

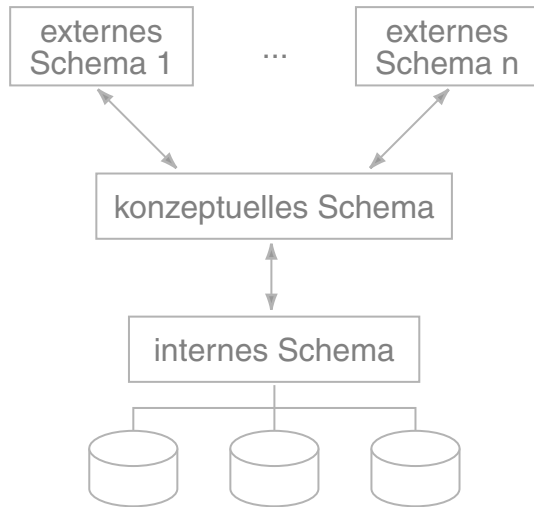
## IV. Logischer Datenbankentwurf mit dem relationalen Modell

- ❑ Das relationale Modell
- ❑ Integritätsbedingungen
- ❑ Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

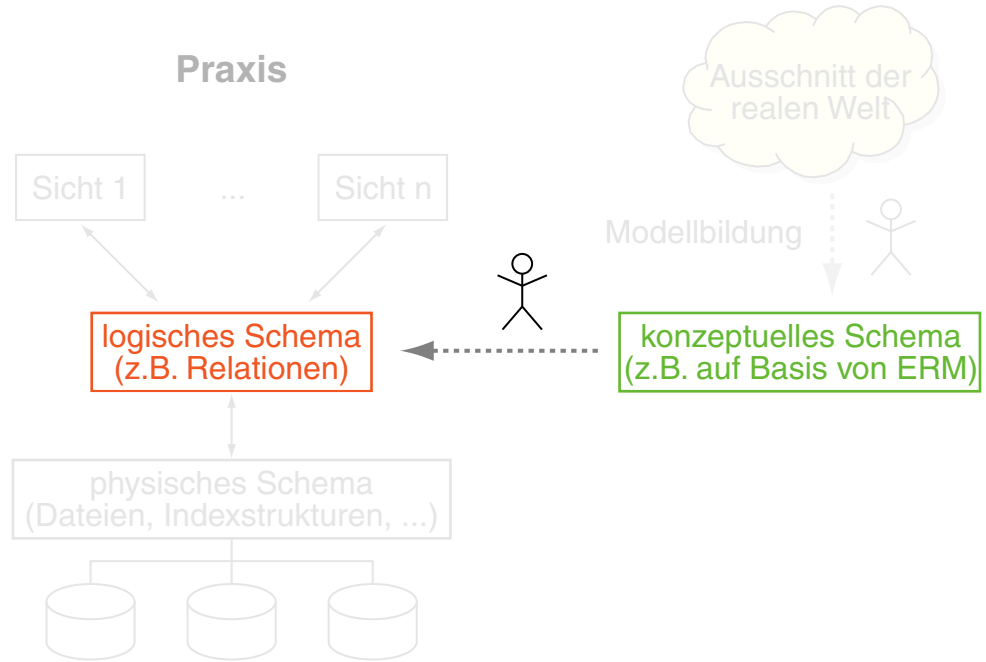
## Einordnung

### Theorie



Schema-Architektur  
nach ANSI/SPARC

### Praxis



typische implementierte  
Schema-Architektur

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Einordnung (Fortsetzung)

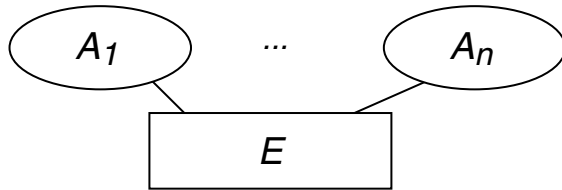
Das ER-Modell besitzt zwei grundlegende Strukturierungskonzepte:

1. Entity-Typen  $E(A_1, \dots, A_n)$
2. Beziehungstypen  $R(E_1, \dots, E_m; A_1, \dots, A_n)$

Im relationalen Modell werden beide auf das einzige Strukturierungskonzept „Relationenschema“,  $\mathcal{R}$ , abgebildet. Hierbei dient das Konzept der Fremdschlüssel zur Abbildung von Beziehungstypen.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Reguläre Entity-Typen

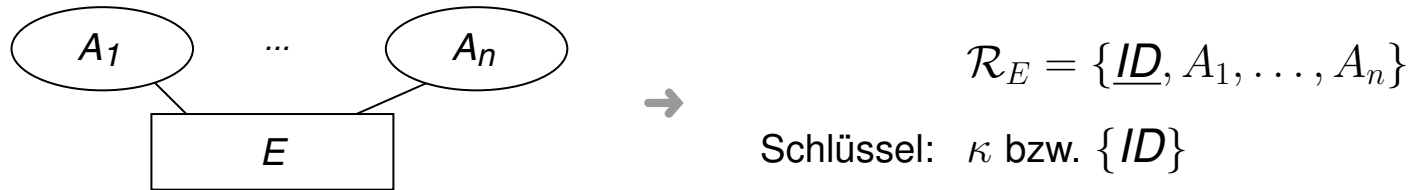


$$\mathcal{R}_E = \{\underline{ID}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa$  bzw.  $\{ID\}$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Reguläre Entity-Typen

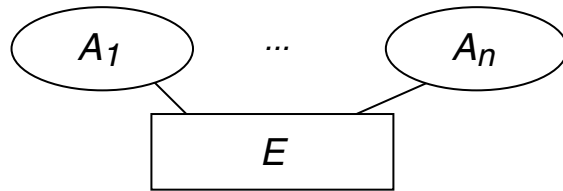


## Umsetzung:

1. Dem Entity-Typ  $E$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_E$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_E$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Reguläre Entity-Typen



$$\mathcal{R}_E = \{\underline{ID}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa$  bzw.  $\{ID\}$

## Umsetzung:

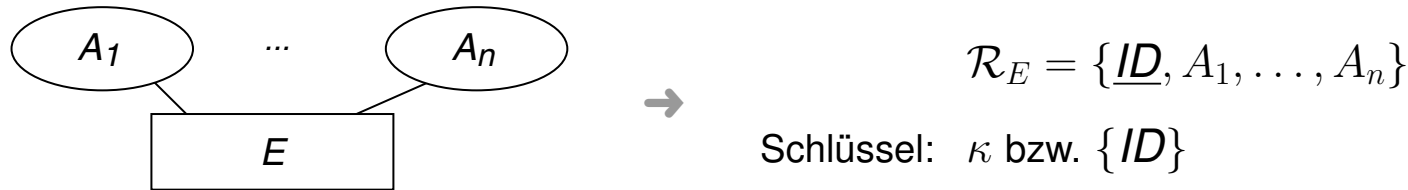
1. Dem Entity-Typ  $E$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_E$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_E$ .
2. Der Primärschlüssel  $\kappa \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$  von  $E$  wird Primärschlüssel von  $\mathcal{R}_E$ .

Alternative:

Festlegen eines formalen Primärschlüssels durch Hinzufügen eines Schlüsselattributes  $ID$  zur Umsetzung der Eindeutigkeit von Entitäten. Der ursprüngliche Primärschlüssel  $\kappa$  ist dann ein weiterer Schlüssel im Relationenschema  $\mathcal{R}_E$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Reguläre Entity-Typen



## Umsetzung:

1. Dem Entity-Typ  $E$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_E$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_E$ .
2. Der Primärschlüssel  $\kappa \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$  von  $E$  wird Primärschlüssel von  $\mathcal{R}_E$ .

Alternative:

Festlegen eines formalen Primärschlüssels durch Hinzufügen eines Schlüsselattributes  $ID$  zur Umsetzung der Eindeutigkeit von Entitäten. Der ursprüngliche Primärschlüssel  $\kappa$  ist dann ein weiterer Schlüssel im Relationenschema  $\mathcal{R}_E$ .

3. Der Primärschlüssel wird durch Unterstreichen gekennzeichnet.

## Bemerkungen:

- ❑ Die Bezeichnung „regulärer Entity-Typ“ dient als Unterscheidung zu
  - abhängigen bzw. schwachen Entity-Typen sowie zu den
  - spezialisierten Entity-Typen, die in einer IST-Beziehung stehen.



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen

Zwei Umsetzungsstrategien:

- (a) Direkte Abbildung auf ein adäquates Schema.
- (b) Kanonische Umsetzung („Cross-Reference“) mit anschließender Zusammenfassung von Relationenschemata.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen

Zwei Umsetzungsstrategien:

- (a) Direkte Abbildung auf ein adäquates Schema.
- (b) Kanonische Umsetzung („Cross-Reference“) mit anschließender Zusammenfassung von Relationenschemata.

Besondere Behandlung für folgende Fälle:

1. 1:n-Beziehung (Formalismus I für Kardinalitäten)
2. 1:1-Beziehung (Formalismus I für Kardinalitäten)
3.  $[0,1]$  und  $[1,1]$  bei  $[min, max]$ -Beschränkung (Formalismus II für Kardinalitäten)
4. existenzabhängige (schwache) Entity-Typen
5. IST-Beziehungstypen
6. reflexive Beziehungstypen

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen: Kapazitätserhaltung

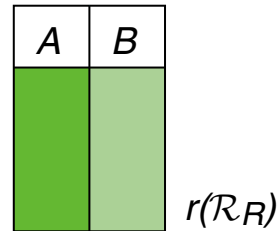
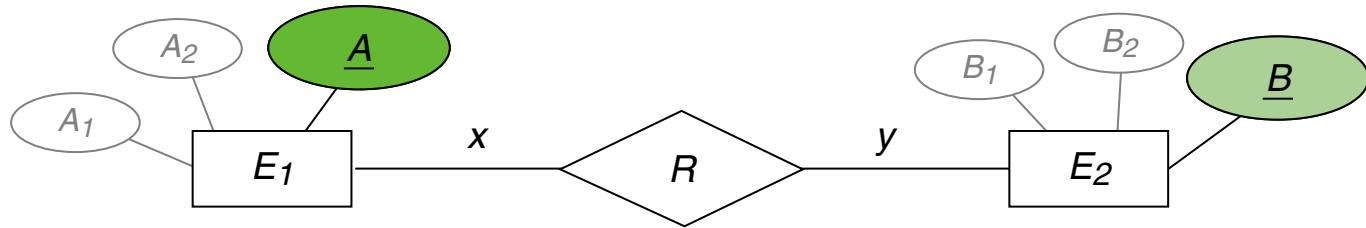
Eine zentrale Forderung bei der Abbildung von Beziehungstypen ist die Kapazitätserhaltung: alle Zustände des ER-Modells sind auch Instanzen des relationalen Modells und umgekehrt.

### Definition 7 (kapazitätserhaltend)

Gibt es eine bijektive totale Abbildung zwischen den Zuständen eines Entity-Relationship-Modells und den Instanzen eines relationalen Modells, so nennt man die Transformation zwischen den Modellen kapazitätserhaltend.

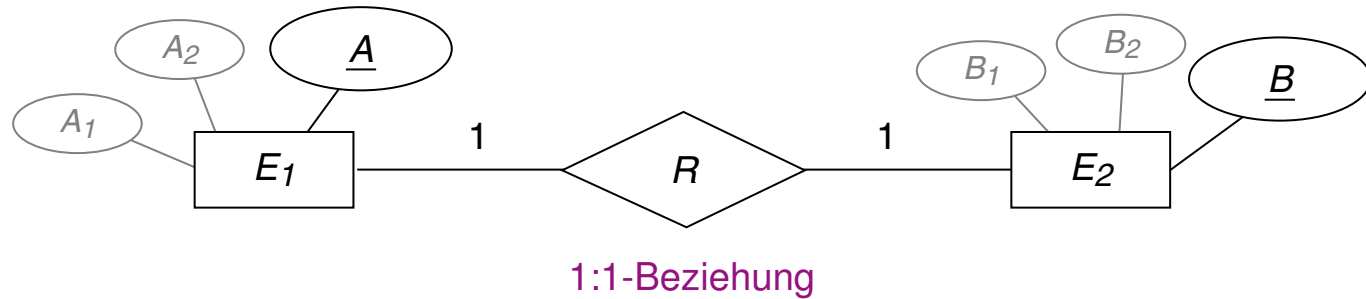
# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen: Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen: Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)

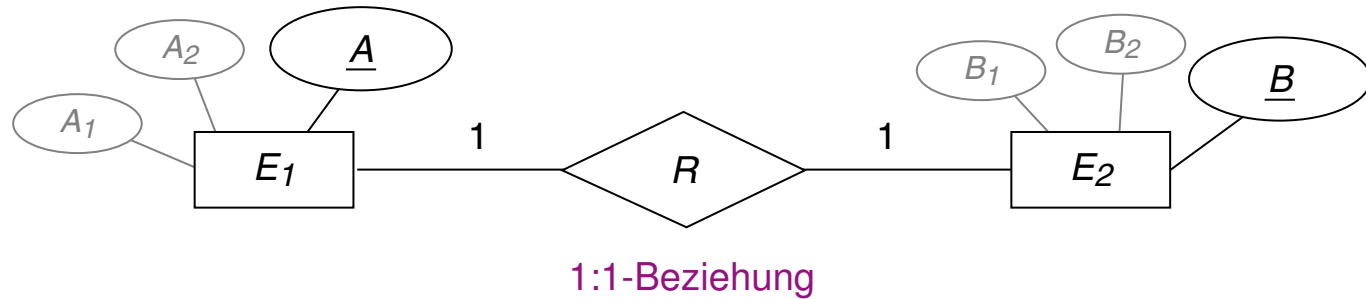


Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen: Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



### Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

mögliche Relationen:

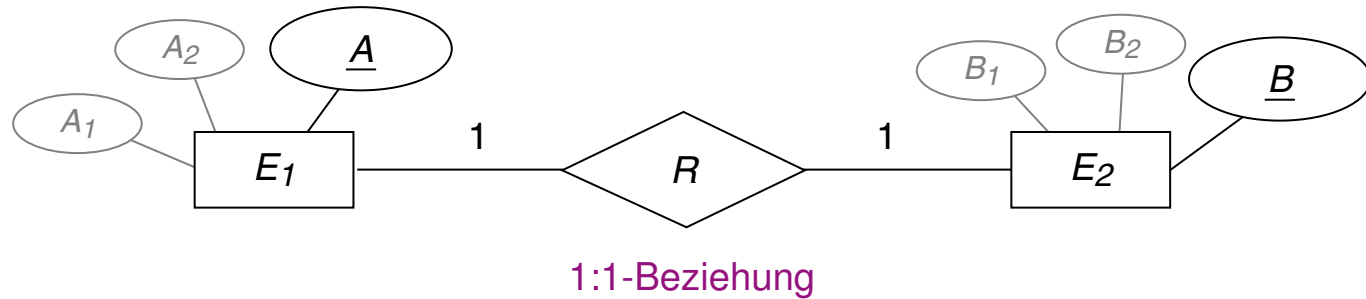
$$r_1(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_2)\}$$

$$r_2(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_1)\}$$

(kapazitätserhöhend)

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen: Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

Modellierung (b)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit *zwei* Schlüsseln  $\{A\}, \{B\}$

mögliche Relationen:

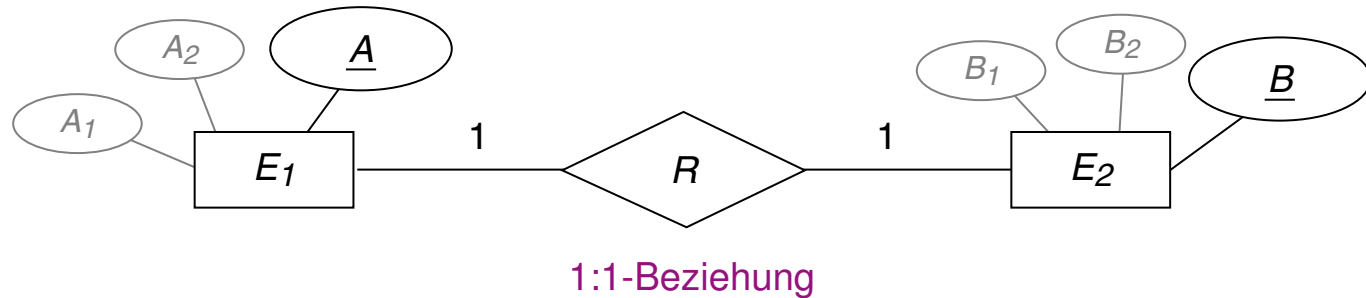
$$r_1(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_2)\}$$

$$r_2(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_1)\}$$

(kapazitätserhöhend)

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen: Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

mögliche Relationen:

$r_1(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_2)\}$

$r_2(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_1)\}$

(kapazitätserhöhend)

Modellierung (b)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit *zwei* Schlüsseln  $\{A\}, \{B\}$

mögliche Relation:

$r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_2)\}$

(kapazitätserhaltend)

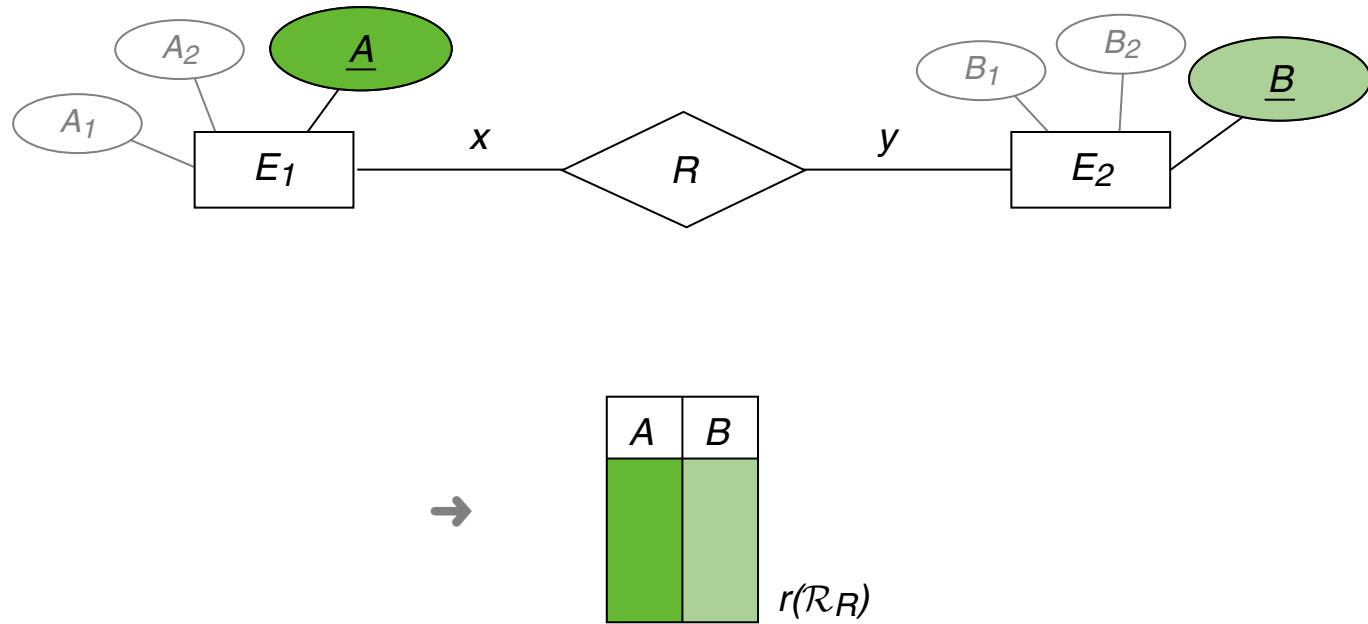


## Bemerkungen:

- ❑ Auch wenn wir nur einen Schlüssel als Primärschlüssel auszeichnen und uns auf diesen i.d.R. beziehen, so bleiben die anderen Schlüsselkandidaten in ihrem Wesen als Schlüssel erhalten: je zwei Tupel aus der Relation müssen sich in der Ausprägung von mindestens einem Schlüsselattribut unterscheiden.

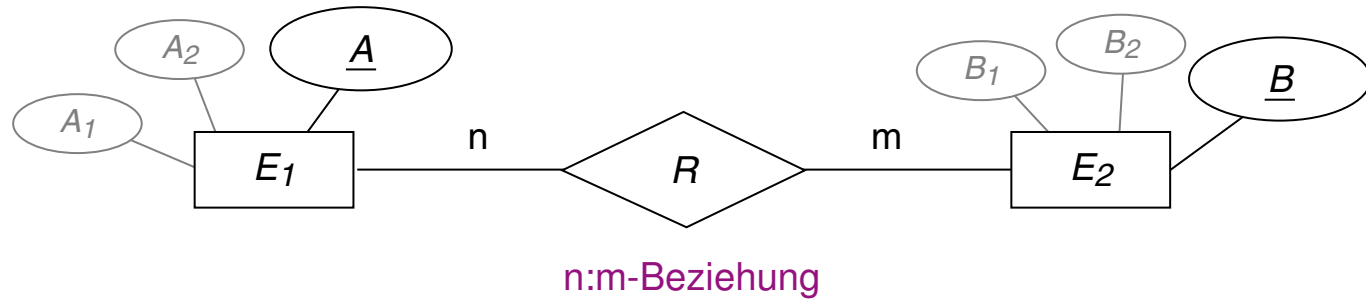
# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)

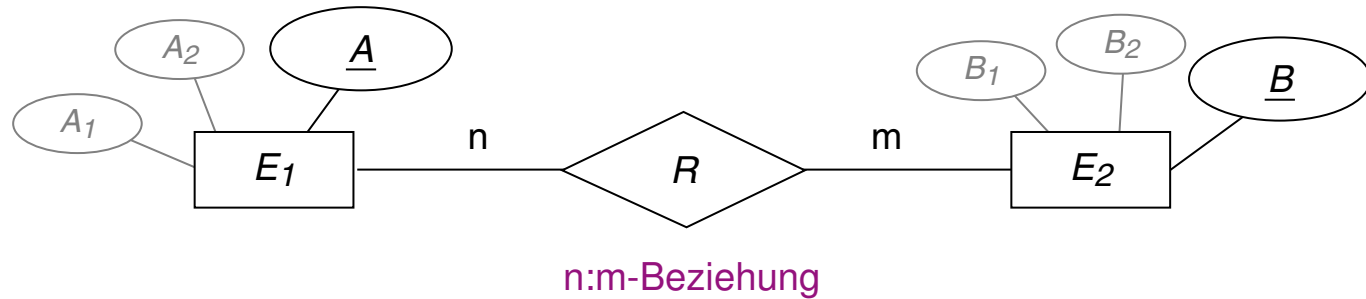


Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

mögliche Relation:

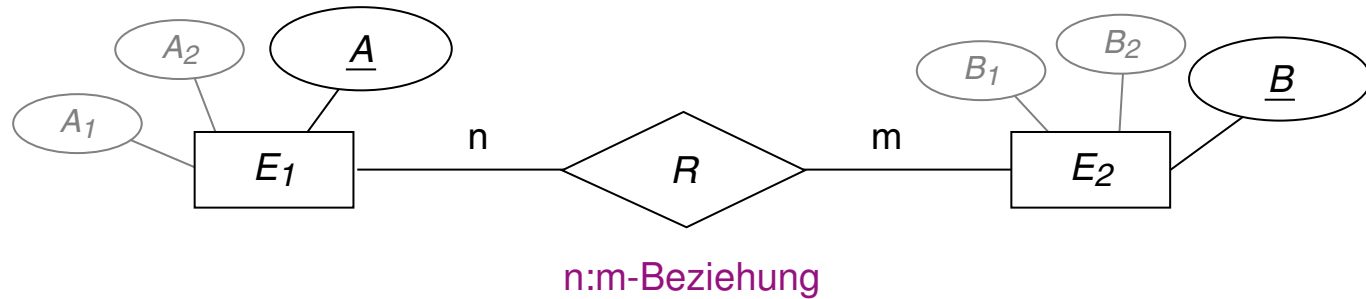
$$r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_1)\}$$

$$\cancel{r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_1, b_2), (a_2, b_2)\}}$$

(kapazitätsvermindernd)

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

Modellierung (b)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, \underline{B}\}$  mit Schlüssel  $\{A, B\}$

mögliche Relation:

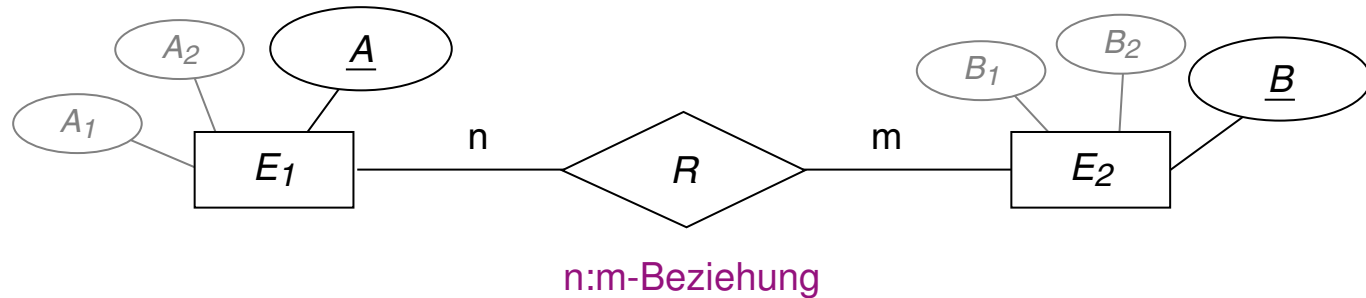
$$r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_1)\}$$

$$\cancel{r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_1, b_2), (a_2, b_2)\}}$$

(kapazitätsvermindernd)

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Kapazitätserhaltung (Fortsetzung)



Modellierung (a)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, B\}$  mit Schlüssel  $\{A\}$

mögliche Relation:

$$r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_1)\}$$

$$\cancel{r(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_1, b_2), (a_2, b_2)\}}$$

(kapazitätsvermindernd)

Modellierung (b)

$\mathcal{R}_R = \{\underline{A}, \underline{B}\}$  mit Schlüssel  $\{A, B\}$

mögliche Relationen:

$$r_1(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_2, b_2)\}$$

$$r_2(\mathcal{R}_R) = \{(a_1, b_1), (a_1, b_2), (a_2, b_2)\}$$

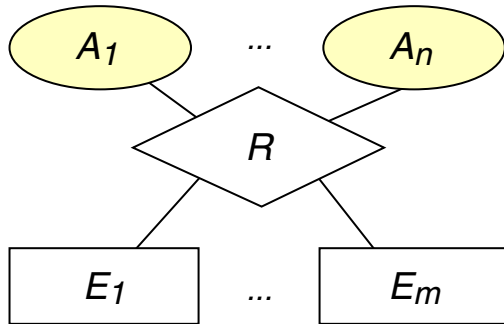
(kapazitätserhaltend)

## Bemerkungen:

- Weil  $A$  und  $B$  gemeinsam den Schlüssel  $\{A, B\}$  bilden, kann in der Relation  $r$  *eine* Attributausprägung von  $A$  mit *mehreren* Ausprägungen von  $B$  vorkommen (und umgekehrt), ohne dass die Schlüsselintegrität (= die eindeutige Identifizierbarkeit von Tupeln) für  $r$  verletzt ist.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Reguläre Beziehungstypen (beliebige Entity-Anzahl)



$$\mathcal{R}_R = \{ID_1, \dots, ID_m, A_1, \dots, A_n\}$$

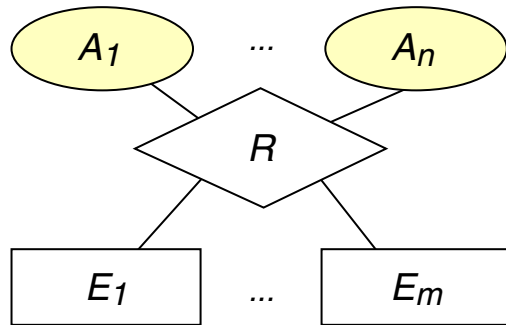
Schlüssel:  $\alpha \subseteq \kappa_1 \cup \dots \cup \kappa_m$  bzw.

$$\alpha \subseteq \{ID_1, \dots, ID_m\}$$



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Reguläre Beziehungstypen (beliebige Entity-Anzahl)



$$\mathcal{R}_R = \{ID_1, \dots, ID_m, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\alpha \subseteq \kappa_1 \cup \dots \cup \kappa_m$  bzw.

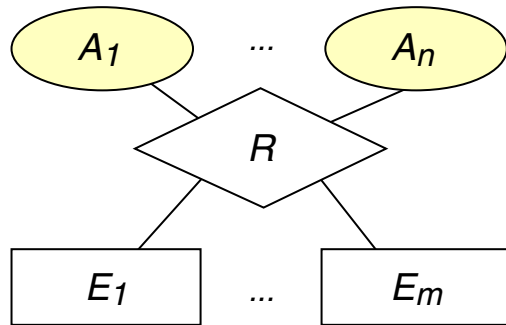
$$\alpha \subseteq \{ID_1, \dots, ID_m\}$$

Cross-Reference [Elmasri/Navathe 2010] :

1. Dem Beziehungstyp  $R$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_R$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $R$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_R$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Reguläre Beziehungstypen (beliebige Entity-Anzahl)



$$\mathcal{R}_R = \{ID_1, \dots, ID_m, A_1, \dots, A_n\}$$



Schlüssel:  $\alpha \subseteq \kappa_1 \cup \dots \cup \kappa_m$  bzw.

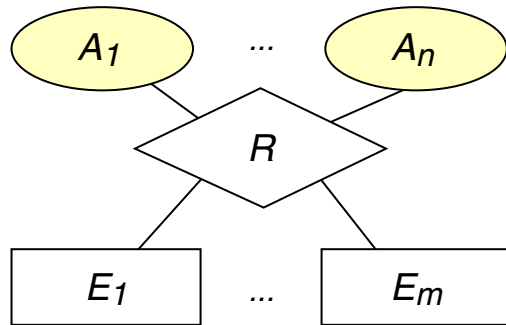
$$\alpha \subseteq \{ID_1, \dots, ID_m\}$$

Cross-Reference [Elmasri/Navathe 2010] :

1. Dem Beziehungstyp  $R$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_R$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $R$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_R$ .
2. Die Attribute in den  $\kappa_i$  (bzw. die  $ID_i$ ) von  $\mathcal{R}_{E_i}$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_R$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Reguläre Beziehungstypen (beliebige Entity-Anzahl)



$$\mathcal{R}_R = \{ID_1, \dots, ID_m, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\alpha \subseteq \kappa_1 \cup \dots \cup \kappa_m$  bzw.

$$\alpha \subseteq \{ID_1, \dots, ID_m\}$$

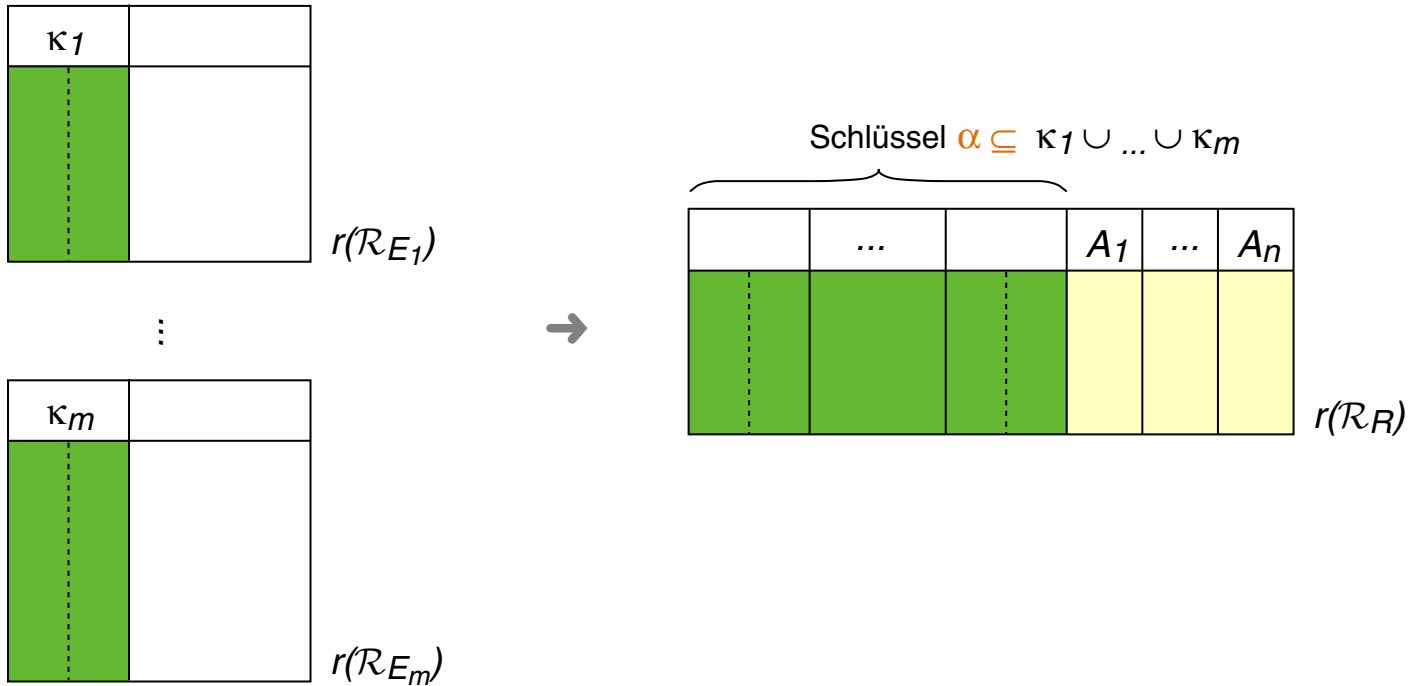
Cross-Reference [Elmasri/Navathe 2010] :

1. Dem Beziehungstyp  $R$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_R$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $R$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_R$ .
2. Die Attribute in den  $\kappa_i$  (bzw. die  $ID_i$ ) von  $\mathcal{R}_{E_i}$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_R$ .
3. Der Schlüssel von  $\mathcal{R}_R$  ist eine **Teilmenge** der Vereinigungsmenge der  $\kappa_i$  (bzw. der Menge aller  $ID_i$ ).

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Reguläre Beziehungstypen (beliebige Entity-Anzahl) (Fortsetzung)

Cross-Reference:



## Bemerkungen:

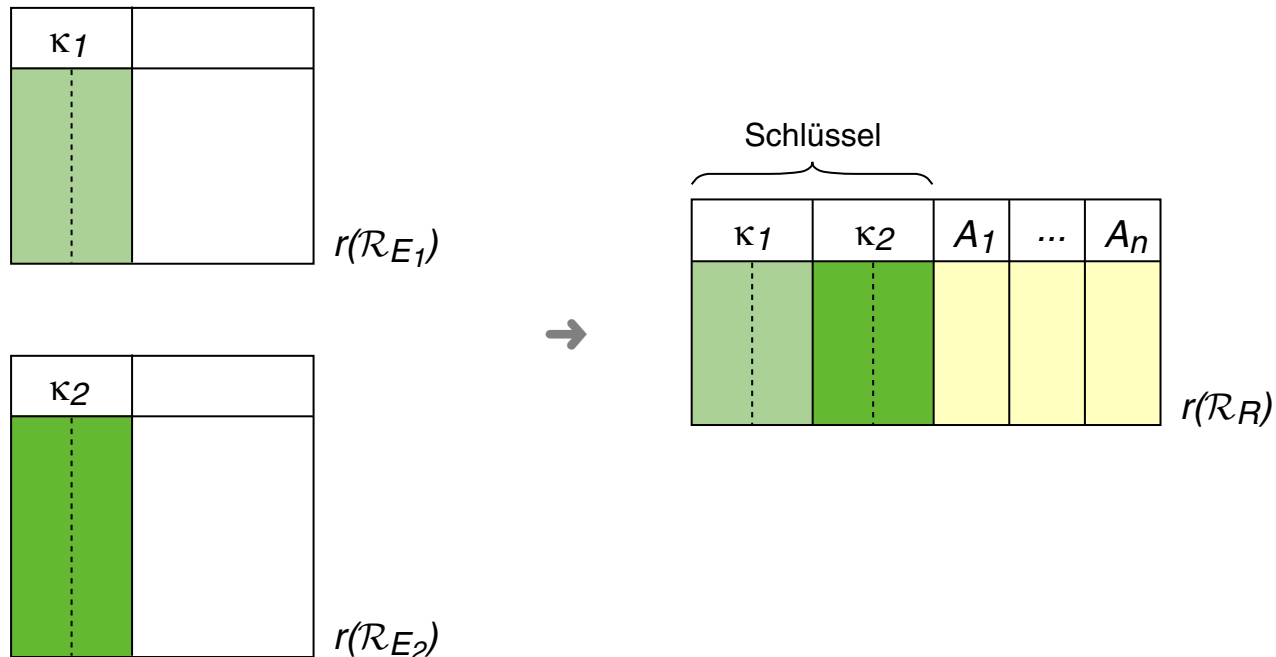
- ❑ Die Bezeichnung „regulärer Beziehungstyp“ dient als Unterscheidung zu
  - Beziehungstypen für abhängige bzw. schwache Entity-Typen sowie zu
  - IST-Beziehungstypen.
- ❑ Die  $\kappa_i \subset \mathcal{R}_R$  (bzw. die  $\{ID_i\} \subset \mathcal{R}_R$ ) sind Fremdschlüssel in  $\mathcal{R}_R$  bzgl.  $\kappa_i$  (bzw.  $\{ID_i\}$ ) in  $\mathcal{R}_{E_i}$ .
- ❑ Es stellt sich die Frage, wie die Teilmenge aus der Vereinigungsmenge der  $\kappa_i$  gebildet wird, so dass ein Schlüssel für die Relation  $\mathcal{R}_R$  entsteht. Man kann diese Frage nicht in der Allgemeinheit beantworten.

Vergleiche hierzu die möglichen funktionalen Beziehungen, die beispielsweise von einer  $x : y : z$  -Relation,  $x, y, z \in \{1, n, m\}$ , impliziert sein können: falls keine funktionale Beziehung gegeben ist, also  $x$  und  $y$  und  $z \neq 1$ , so bilden nur alle Schlüsselattribute der drei Entity-Typen zusammen einen Schlüssel für  $\mathcal{R}_R$ . Gibt es einen funktionalen Zusammenhang, also  $x$  oder  $y$  oder  $z = 1$ , so bildet die Vereinigungsmenge der Schlüsselattribute der beiden Entity-Typen des Urbildbereiches einen Schlüssel für  $\mathcal{R}_R$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## n:m-Beziehungstypen

Cross-Reference:



Die Primärschlüssel der beteiligten Relationenschemata  $\mathcal{R}_{E_1}$  und  $\mathcal{R}_{E_2}$  bilden zusammen den Schlüssel im Relationenschema  $\mathcal{R}_R$  des n:m-Beziehungstyps.

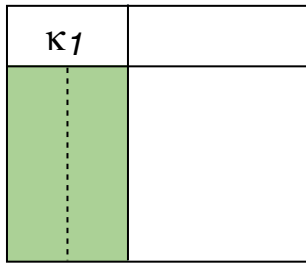
[[Kapazitätserhaltung](#)]

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

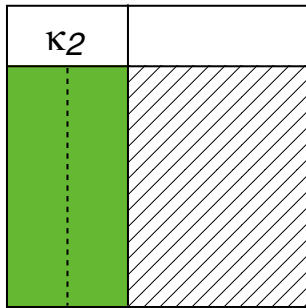
## 1:n-Beziehungstypen

Funktionaler Zusammenhang  $E_2 \rightarrow E_1$ :

1-Entity-Typ

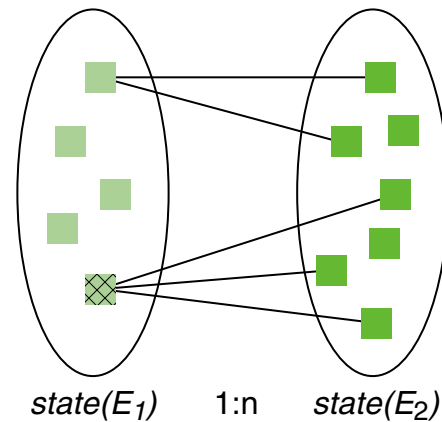


$r(\mathcal{R}_{E_1})$



$r(\mathcal{R}_{E_2})$

n-Entity-Typ



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:n-Beziehungstypen (Fortsetzung)

Cross-Reference:

1-Entity-Typ

$\kappa_1$	

$r(\mathcal{R}_{E_1})$

$\kappa_2$	

$r(\mathcal{R}_{E_2})$

n-Entity-Typ



Schlüssel

$\kappa_1$	$\kappa_2$	$A_1$	...	$A_n$

$r(\mathcal{R}_R)$



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:n-Beziehungstypen (Fortsetzung) [[Sonderfall 1](#)]

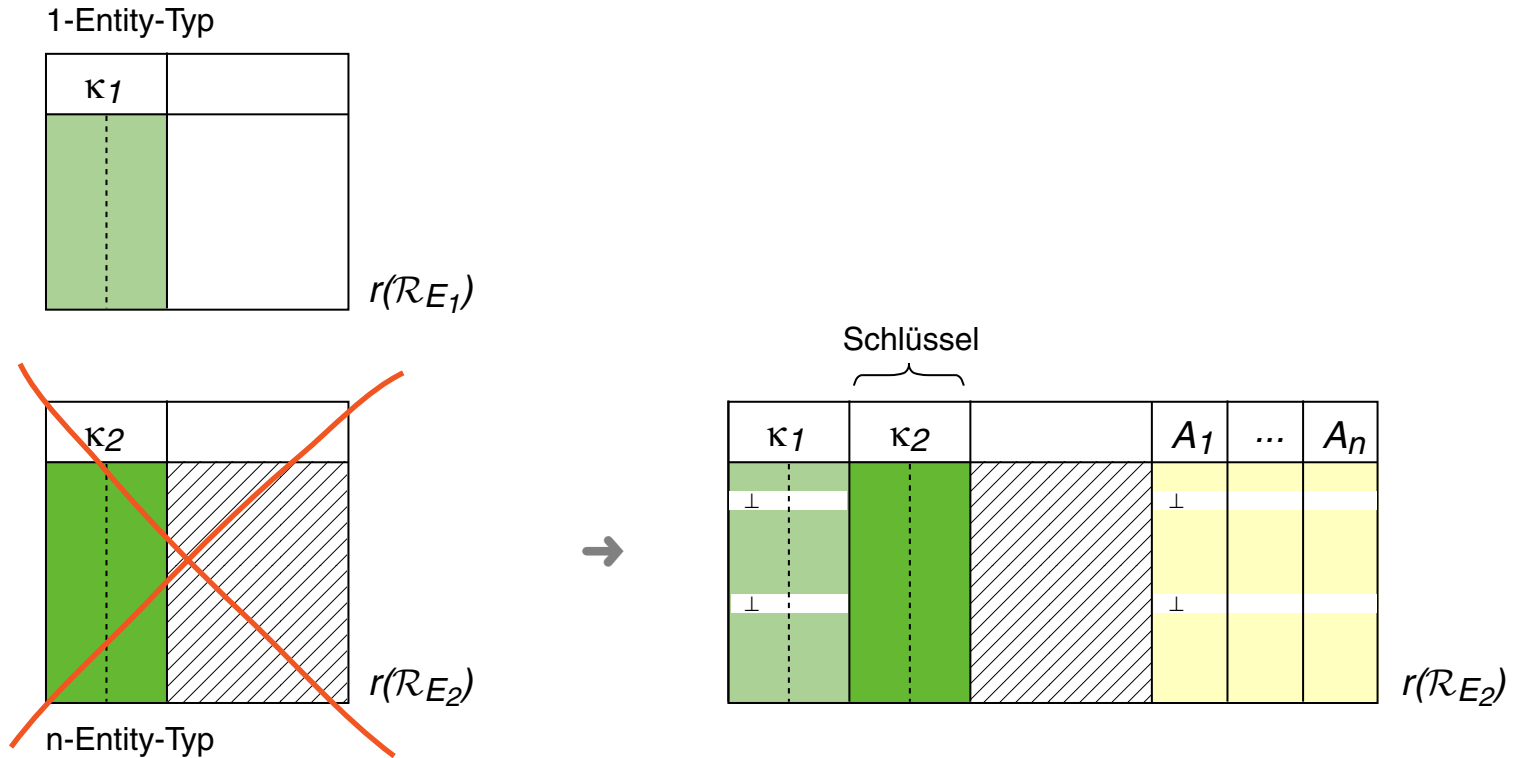
Als Verfeinerung der Cross-Reference kann man bei 1:n-Beziehungstypen das Relationenschema  $\mathcal{R}_R$  mit dem Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$ , das den **n-Entity-Typ** im 1:n-Beziehungstyp repräsentiert, zusammenfassen:

1. Die Attribute des Primärschlüssels in  $\mathcal{R}_{E_1}$  werden Attribute in  $\mathcal{R}_{E_2}$  und stellen dort einen entsprechenden Fremdschlüssel dar.
2. Die Attribute des 1:n-Beziehungstyps werden Attribute in  $\mathcal{R}_{E_2}$ .
3. Der Primärschlüssel des n-Entity-Typs wird Schlüssel im zusammengefassten Relationenschema.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:n-Beziehungstypen (Fortsetzung)

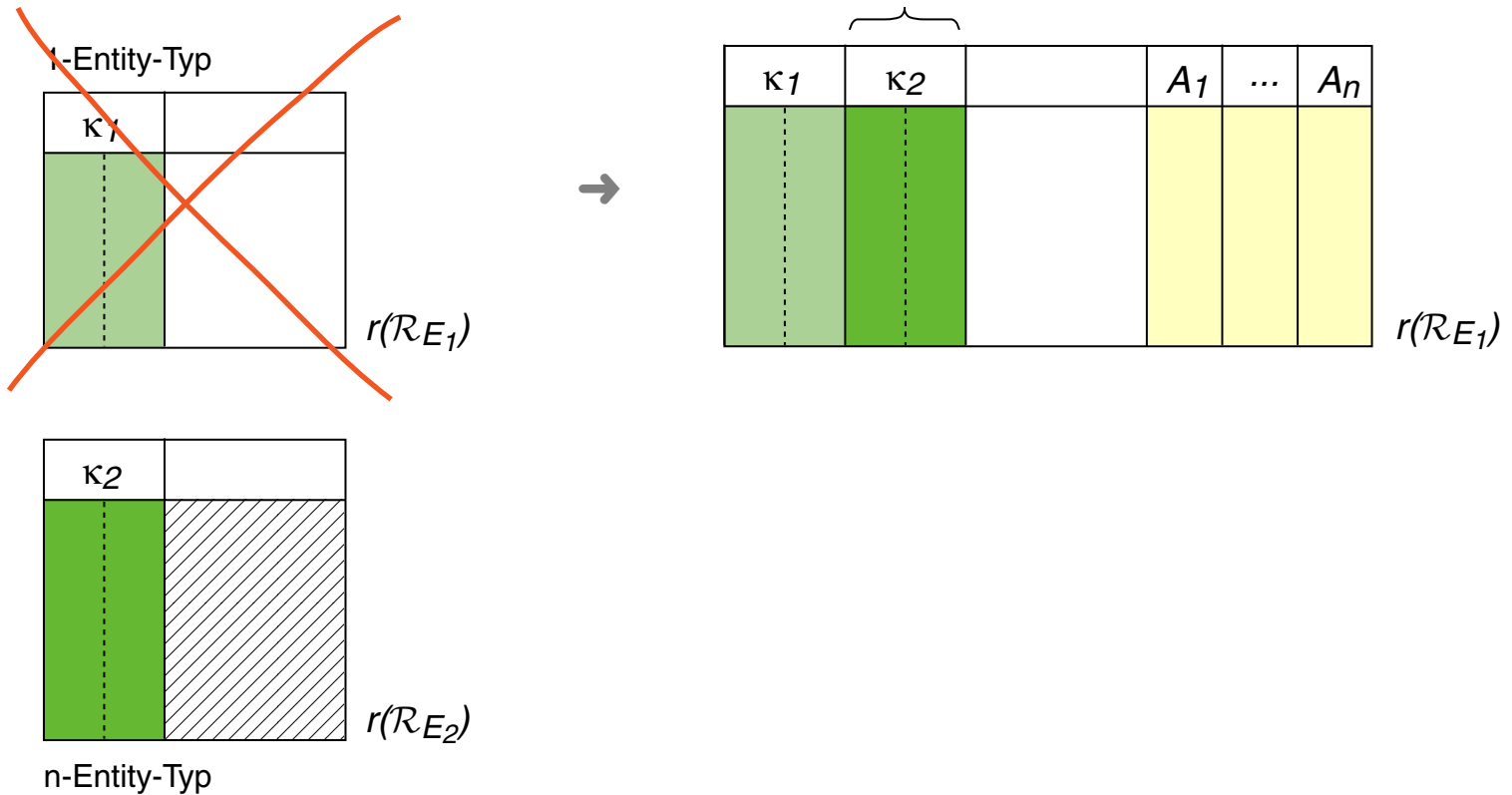
Erlaubte Zusammenfassung von  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_2}$ :



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:n-Beziehungstypen (Fortsetzung)

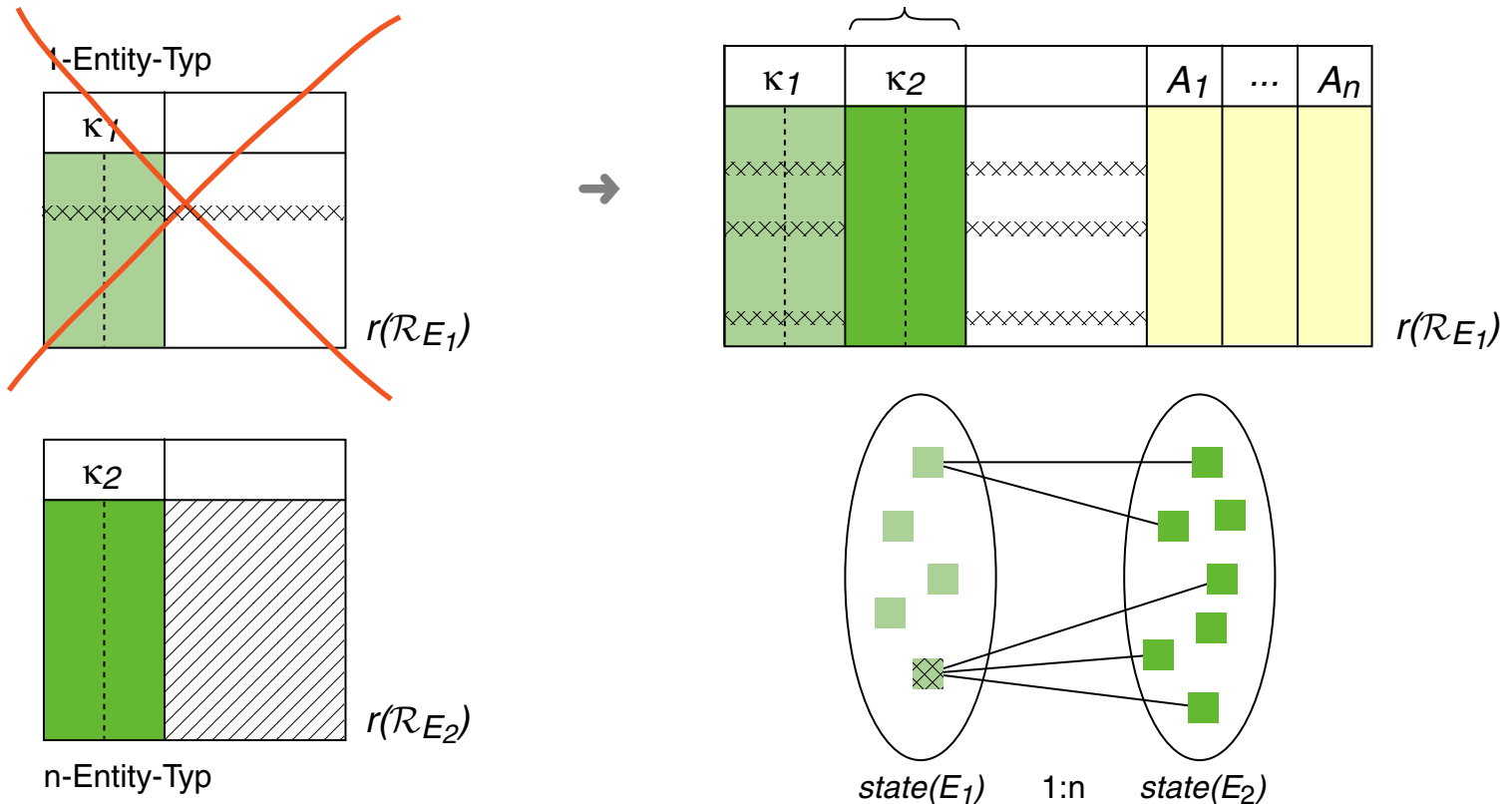
**Unerlaubte** Zusammenfassung von  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_1}$ :



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:n-Beziehungstypen (Fortsetzung)

**Unerlaubte** Zusammenfassung von  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_1}$ :



## Bemerkungen:

- ❑ [Kemper/Eickler 2011] gibt folgende Regel als Hilfe bei der Zusammenfassung von Relationen an: „Nur Relationen mit gleichem Schlüssel zusammenfassen.“  
In der Illustration sind das die beiden Relationen  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_2}$ ; beide haben den Schlüssel  $\kappa_2$ .
- ❑ Bei der „erlaubten“ Zusammenfassung entstehen Nullwerte ( $\perp$ ) bei allen Entitäten des Typs  $E_2$ , die nicht in Beziehung mit einer Entität des Typs  $E_1$  stehen.
- ❑ Bei der „unerlaubten“ Zusammenfassung werden alle Daten der Entitäten des Typs  $E_2$ , die mit mehr als einer Entität des Typ  $E_1$  in Beziehung stehen, redundant gespeichert. Der eindeutige Zugriff auf eine Entität des Typs  $E_1$  ist mangels Schlüssel nicht mehr möglich.
- ❑ Die Konsistenz wird in beiden Zusammenfassungen erhalten.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:1-Beziehungstypen [Kapazitätserhaltung]

Cross-Reference:

1-Entity-Typ

$\kappa_1$	

$r(\mathcal{R}_{E_1})$

$\kappa_2$	

$r(\mathcal{R}_{E_2})$

1-Entity-Typ



alternativer  
Schlüssel Schlüssel

$\kappa_1$	$\kappa_2$	$A_1$	...	$A_n$

$r(\mathcal{R}_R)$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:1-Beziehungstypen (Fortsetzung) [[Sonderfall 2](#)]

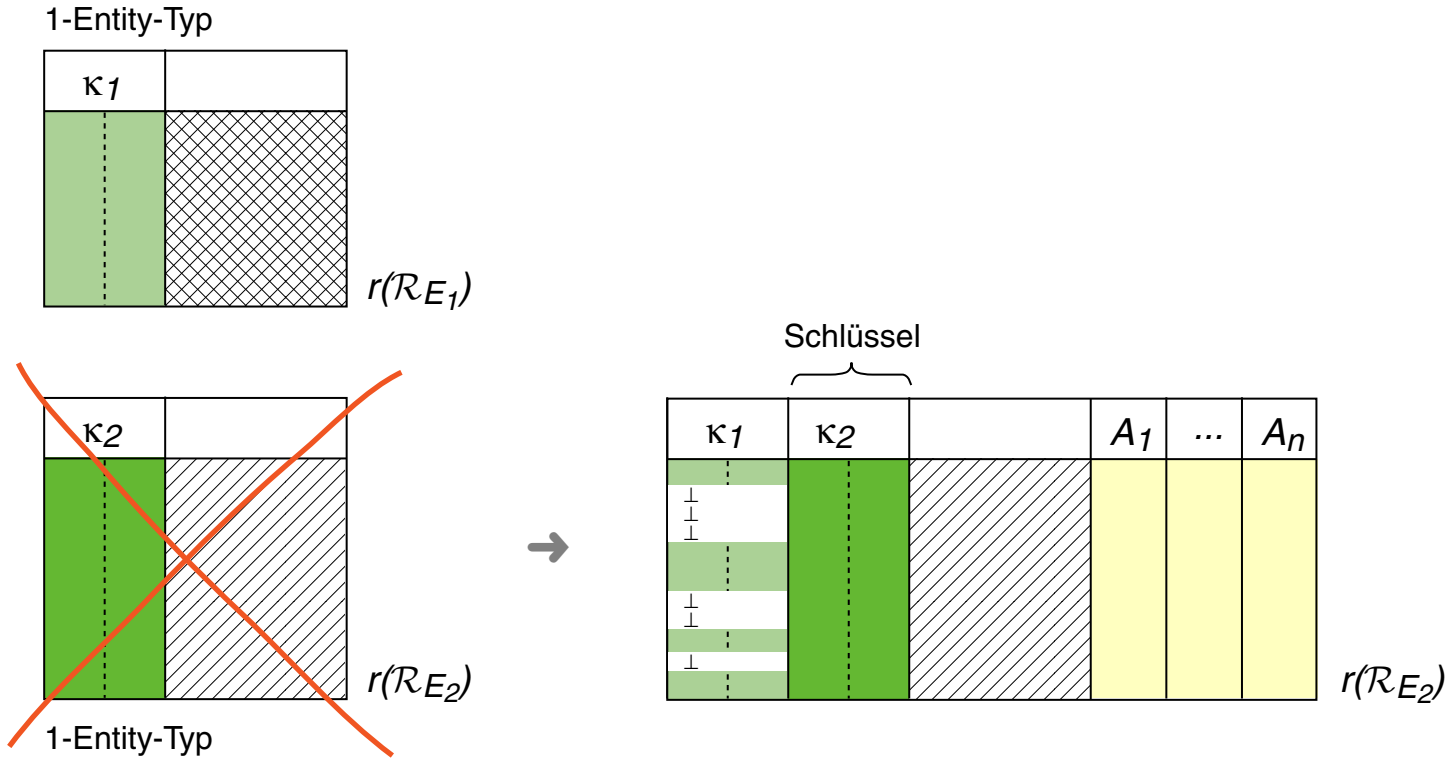
Als Verfeinerung der Cross-Reference kann man bei 1:1-Beziehungstypen das Relationenschema  $\mathcal{R}_R$  mit einem der beiden Relationenschemata der beteiligten Entity-Typen,  $\mathcal{R}_{E_2}$  oder  $\mathcal{R}_{E_1}$ , zusammenfassen:

1. Die Attribute des Primärschlüssels in  $\mathcal{R}_{E_1}$  ( $\mathcal{R}_{E_2}$ ) werden Attribute in  $\mathcal{R}_{E_2}$  ( $\mathcal{R}_{E_1}$ ) und stellen dort einen entsprechenden Fremdschlüssel dar.
2. Die Attribute des 1:1-Beziehungstyps werden Attribute in  $\mathcal{R}_{E_2}$  ( $\mathcal{R}_{E_1}$ ).
3. Der Primärschlüssel von  $\mathcal{R}_{E_2}$  ( $\mathcal{R}_{E_1}$ ) wird Schlüssel im zusammengefassten Relationenschema.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:1-Beziehungstypen (Fortsetzung)

Zusammenfassung von  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_2}$ :

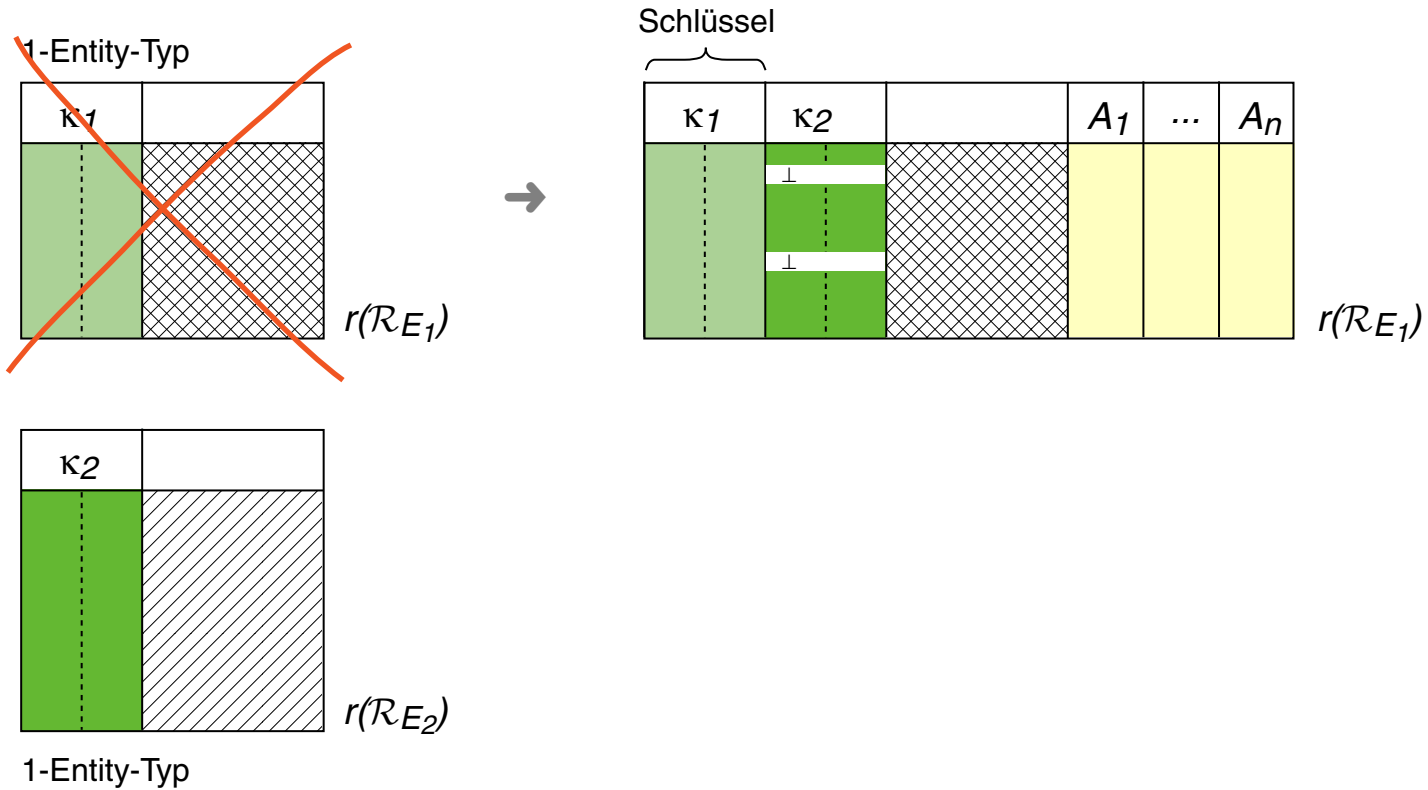




# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:1-Beziehungstypen (Fortsetzung)

Zusammenfassung von  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_1}$ :



## Bemerkungen:

- ❑ Die dargestellten Zusammenfassungen bei der Umsetzung von 1:1-Beziehungstypen finden sich so auch in der Literatur; sie sind aber mit Vorsicht zu genießen:  
Im Gegensatz zu der Cross-Reference-Umsetzung ist die Kapazitätserhaltung nur bei einer totalen Teilnahme des aufnehmenden Entity-Typs gegeben. Liegt dieser Sachverhalt nicht vor, enthält der Fremdschlüssel Nullwerte – mit der Folge, dass er im zusammengefassten Schema keinen alternativen Schlüssel mehr darstellt.
- ❑ Manche DBMS stellen Datentypen zu Verfügung, mittels derer die Eindeutigkeit aller Nicht-Null-Werte vereinbart werden kann und gleichzeitig beliebig viele Nullwerte zugelassen sind. Damit kann die Kapazitätserhaltung sichergestellt werden, auch wenn der aufnehmende Entity-Typ ( $E_2$  im ersten bzw.  $E_1$  im zweiten Beispiel) nicht total teilnimmt.
- ❑ Nehmen nur wenige Instanzen der beiden Entity-Typen an der Beziehung teil, sollte auf eine Zusammenfassung verzichtet werden.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## 1:1-Beziehungstypen (Fortsetzung)

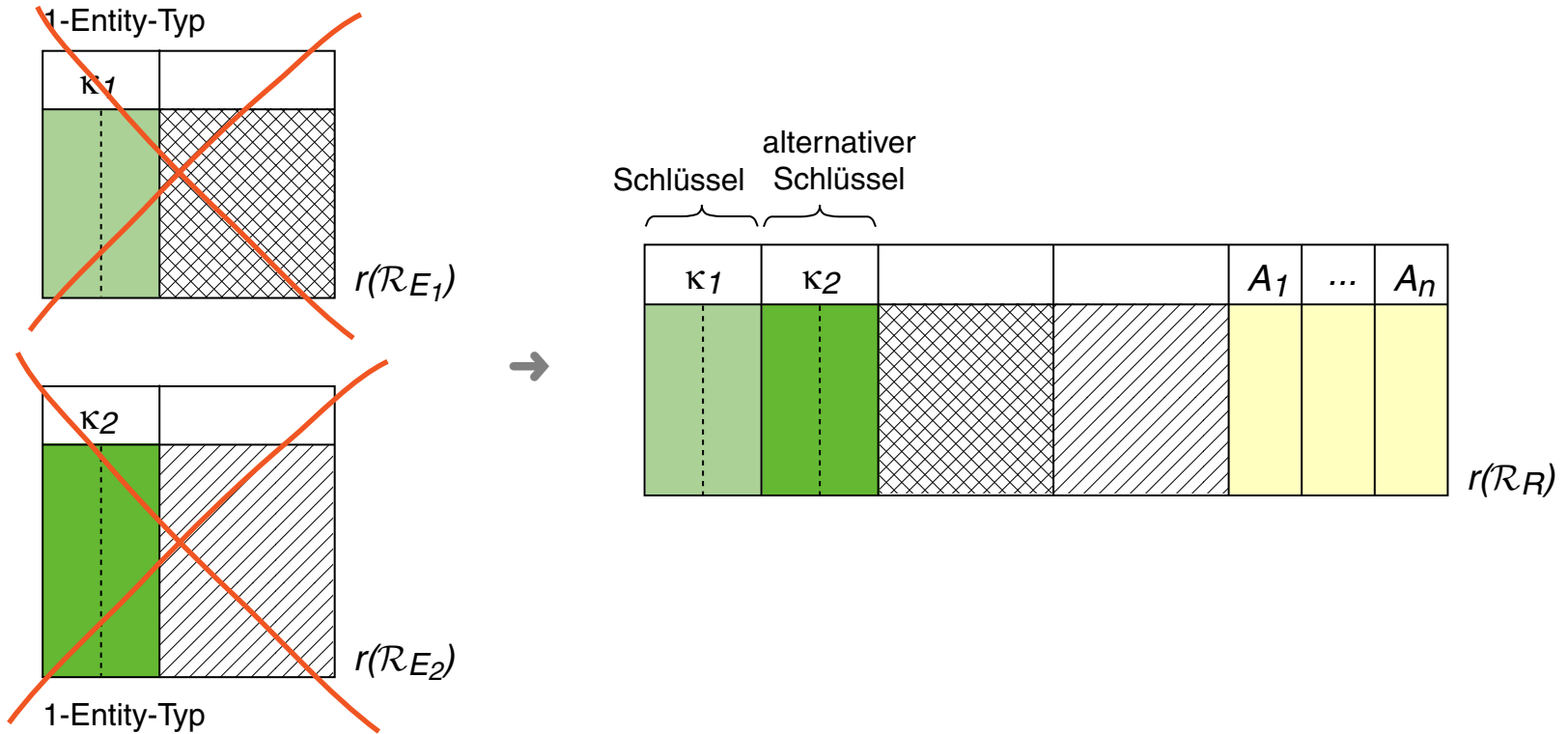
Ist die Teilnahme beider Entity-Typen am Beziehungstyp total – existiert also eine bijektive totale Abbildung zwischen  $E_1$  und  $E_2$  – lassen sich  $\mathcal{R}_{E_1}$  und  $\mathcal{R}_{E_2}$  in *einem* Relationenschema zusammenfassen. Merged-Relation [Elmasri/Navathe 2010] :

1. ...
2. ...
3. Die Primärschlüssel **beider** Entity-Typen sind Schlüssel im zusammengefassten Relationenschema; von ihnen wird **einer** als Primärschlüssel gewählt. [[Kapazitätserhaltung](#)]

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

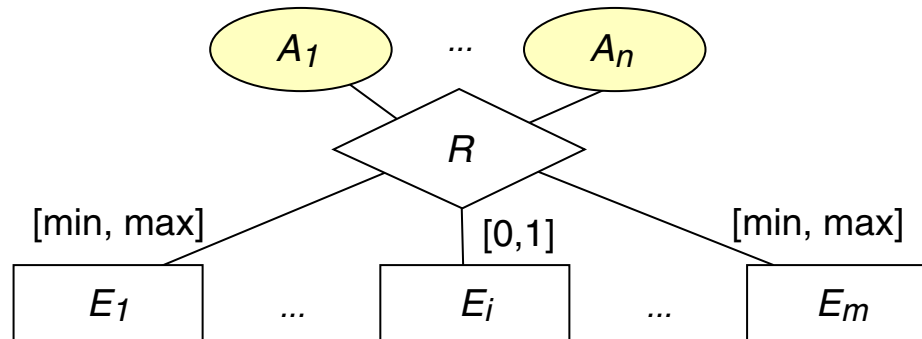
## 1:1-Beziehungstypen (Fortsetzung)

Merged-Relation:



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Beziehungstypen mit  $[min, max]$ -Beschränkung [Sonderfall 3]

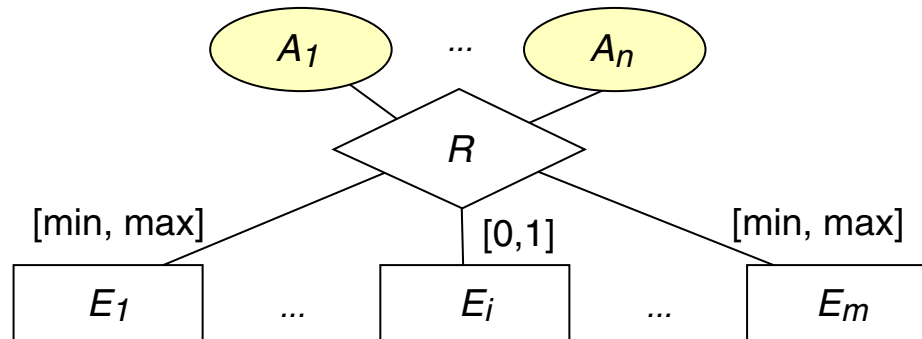


(a)  $m$ -äre Beziehungstypen mit  $[0, 1]$ -Beschränkung für Entity-Typ  $E_i$ :  
 $R(E_1[*min_1*, *max_1*], \dots, E_i[0, 1], \dots, E_m[*min_m*, *max_m*])$

□ Der Primärschlüssel von  $\mathcal{R}_{E_i}$  wird ein Schlüssel von  $\mathcal{R}_R$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen mit $[min, max]$ -Beschränkung [Sonderfall 3]



(a)  $m$ -äre Beziehungstypen mit  $[0, 1]$ -Beschränkung für Entity-Typ  $E_i$ :  
 $R(E_1[min_1, max_1], \dots, E_i[0, 1], \dots, E_m[min_m, max_m])$

- Der Primärschlüssel von  $\mathcal{R}_{E_i}$  wird ein Schlüssel von  $\mathcal{R}_R$ .

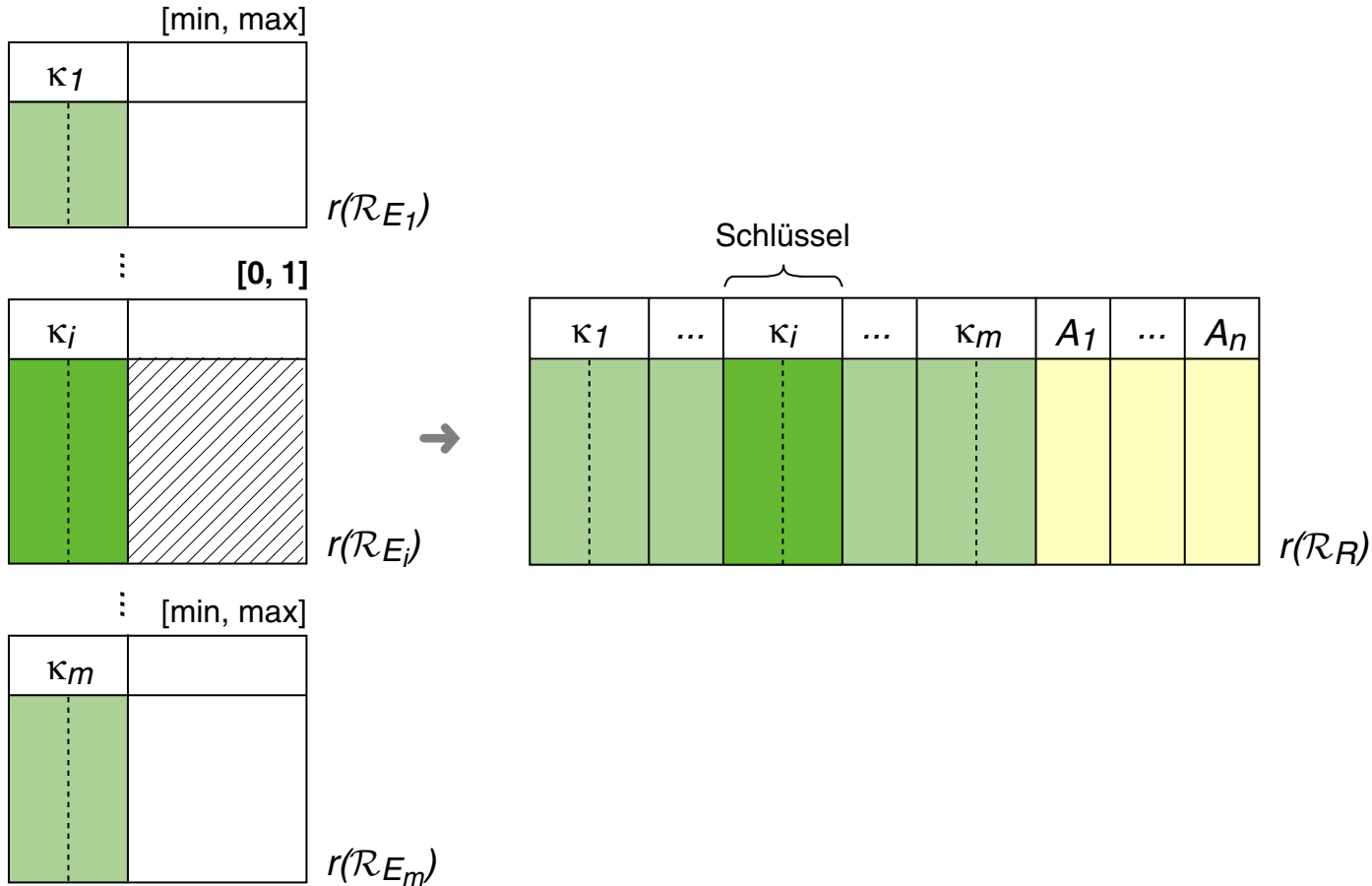
(b)  $m$ -äre Beziehungstypen mit  $[1, 1]$ -Beschränkung für Entity-Typ  $E_i$ :  
 $R(E_1[min_1, max_1], \dots, E_i[1, 1], \dots, E_m[min_m, max_m])$

- Der Primärschlüssel von  $\mathcal{R}_{E_i}$  wird ein Schlüssel von  $\mathcal{R}_R$ .
- Die Relationenschemata  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_i}$  können zusammengefasst werden. Alle Schlüssel von  $\mathcal{R}_{E_i}$  werden auch Schlüssel von  $\mathcal{R}_R$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen mit $[min, max]$ -Beschränkung

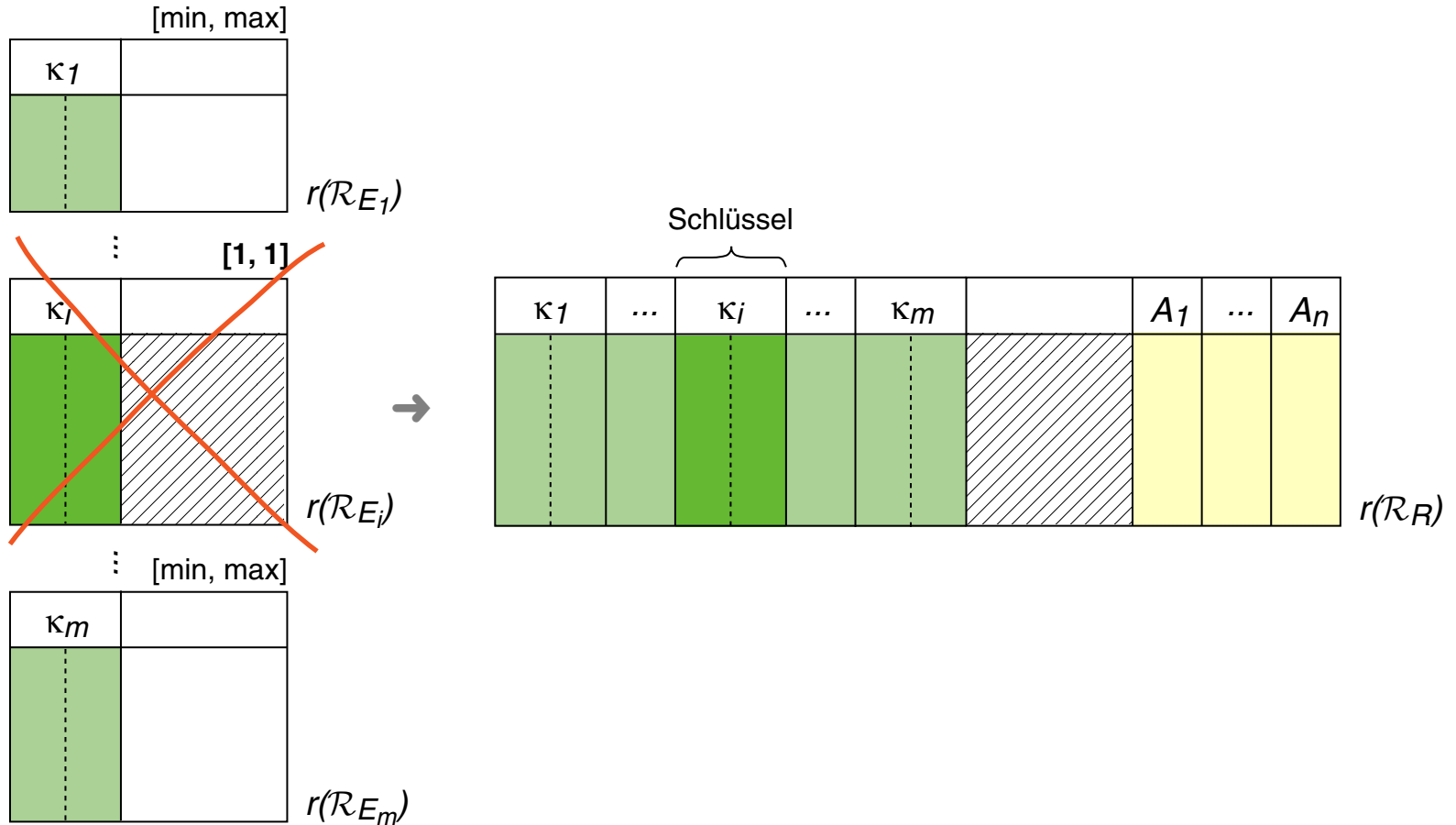
zu (a) Cross-Reference:



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Beziehungstypen mit $[min, max]$ -Beschränkung

zu (b) Zusammenfassung von  $\mathcal{R}_R$  und  $\mathcal{R}_{E_i}$ :



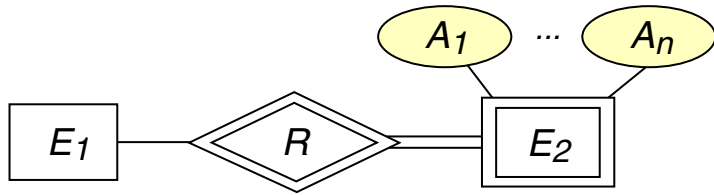


## Bemerkungen:

- ❑ Eine  $[0, 1]$ - bzw.  $[1, 1]$ -Beschränkung qualifiziert den Schlüssel des zugehörigen Entity-Typs  $E_i$  offensichtlich als Schlüssel für den Beziehungstyp  $R$ , denn jedes Tupel vom Typ  $R$  ist höchsten bzw. genau mit einer Instanz von  $E_i$  assoziiert.
- ❑ Für  $m = 2$  und Vorliegen einer  $[0, 1]$ -Beschränkung bei einem Entity-Typ entspricht die Umsetzung der Cross-Reference für binäre 1:n-Beziehungen.
- ❑ Für  $m = 2$  und Vorliegen einer  $[1, 1]$ -Beschränkung bei einem Entity-Typ entspricht die Umsetzung der Zusammenfassung für binäre 1:n-Beziehungen.
- ❑ Für  $m = 2$  und Vorliegen einer  $[1, 1]$ -Beschränkung bei *beiden* Entity-Typen ist eine Umsetzung als Merged-Relation wie bei binären 1:1-Beziehungen möglich.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Existenzabhängige Entity-Typen [Sonderfall 4]

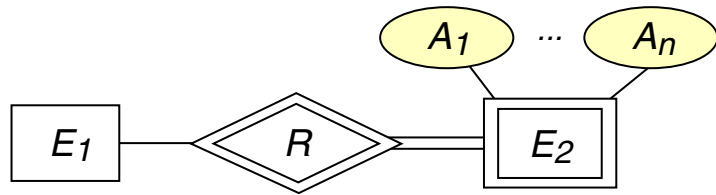


$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa_1 \cup \kappa_2$  bzw.  $\{ID_1\} \cup \kappa_2$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Existenzabhängige Entity-Typen [Sonderfall 4]



$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

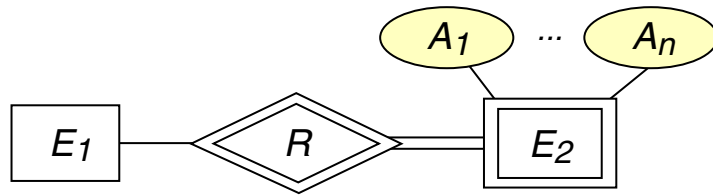
Schlüssel:  $\kappa_1 \cup \kappa_2$  bzw.  $\{ID_1\} \cup \kappa_2$

## Umsetzung:

1. Dem abhängigen Entity-Typ  $E_2$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E_2$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$ .

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Existenzabhängige Entity-Typen [Sonderfall 4]



$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

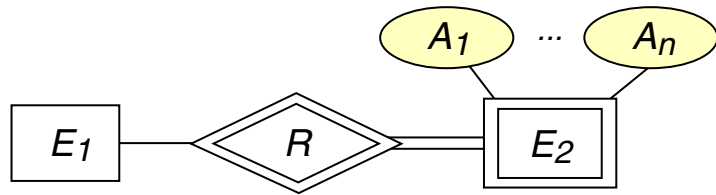
Schlüssel:  $\kappa_1 \cup \kappa_2$  bzw.  $\{ID_1\} \cup \kappa_2$

### Umsetzung:

1. Dem abhängigen Entity-Typ  $E_2$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E_2$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$ .
2. Die Attribute in  $\kappa_1$  (bzw.  $ID_1$ ) von  $\mathcal{R}_{E_1}$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$  und stellen dort einen entsprechenden Fremdschlüssel dar.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Existenzabhängige Entity-Typen [Sonderfall 4]



$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa_1 \cup \kappa_2$  bzw.  $\{ID_1\} \cup \kappa_2$

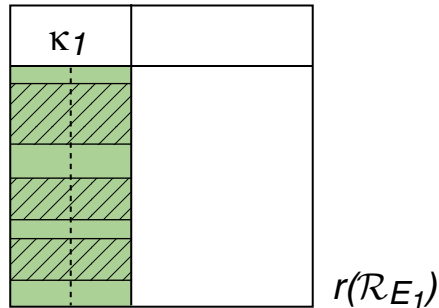
### Umsetzung:

1. Dem abhängigen Entity-Typ  $E_2$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E_2$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$ .
2. Die Attribute in  $\kappa_1$  (bzw.  $ID_1$ ) von  $\mathcal{R}_{E_1}$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$  und stellen dort einen entsprechenden Fremdschlüssel dar.
3. Die Vereinigung des partiellen Schlüssels  $\kappa_2$  von  $E_2$  mit dem Primärschlüssel  $\kappa_1$  (bzw.  $\{ID_1\}$ ) von  $E_1$  bildet den Schlüssel für  $\mathcal{R}_{E_2}$ .

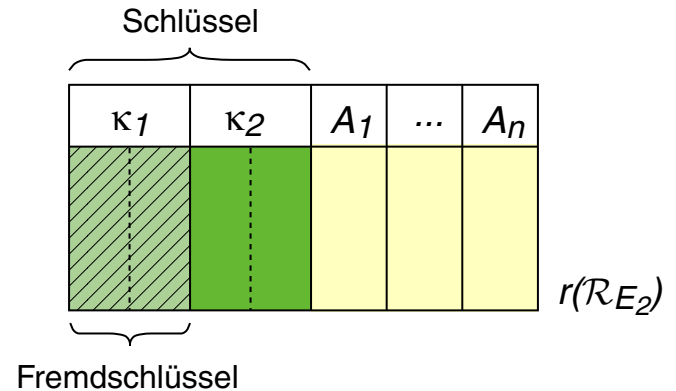
# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Existenzabhängige Entity-Typen

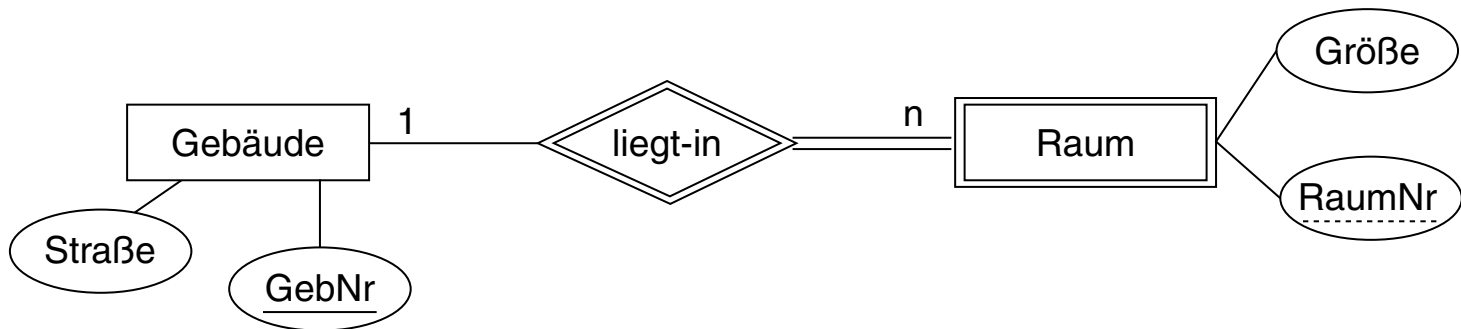
Regulärer Entity-Typ:



Abhängiger Entity-Typ:

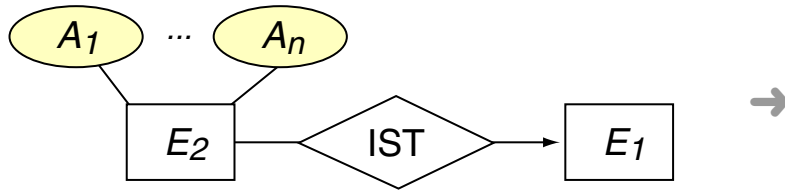


Beispiel:



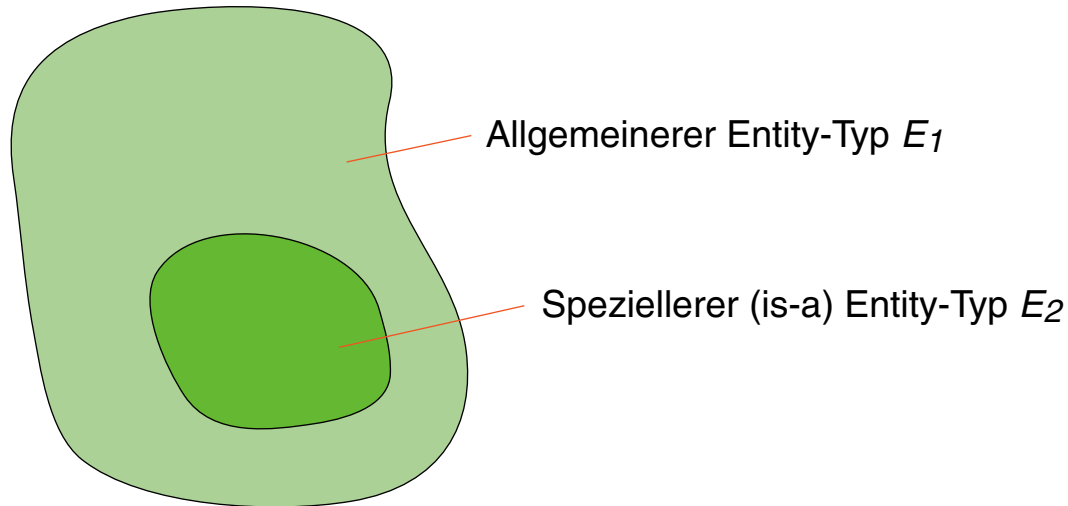
# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

IST-Beziehungstypen [Sonderfall 5]



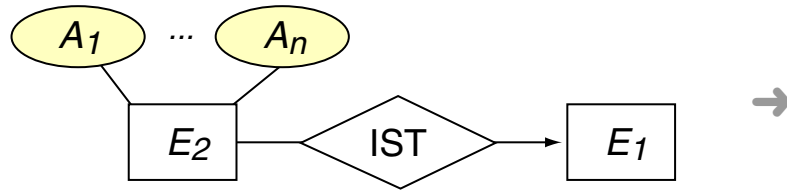
$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa_1$  bzw.  $\{ID_1\}$



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## IST-Beziehungstypen [Sonderfall 5]



$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa_1$  bzw.  $\{ID_1\}$

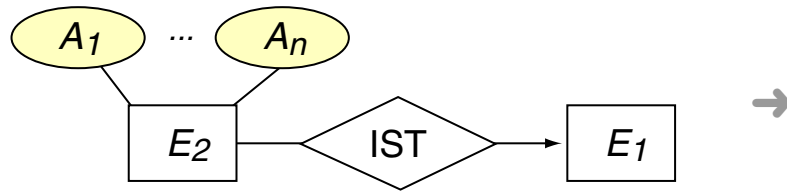
## Umsetzung:

1. Dem speziellerem Entity-Typ  $E_2$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E_2$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$ .



# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## IST-Beziehungstypen [Sonderfall 5]



$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

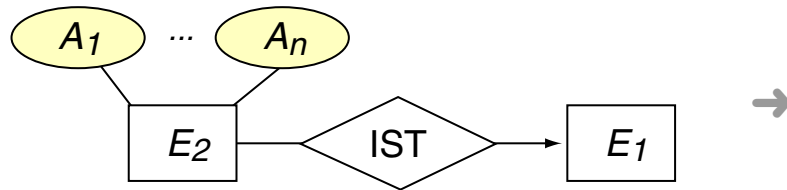
Schlüssel:  $\kappa_1$  bzw.  $\{ID_1\}$

## Umsetzung:

1. Dem speziellerem Entity-Typ  $E_2$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E_2$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$ .
2. Die Attribute in  $\kappa_1$  (bzw.  $ID_1$ ) von  $\mathcal{R}_{E_1}$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$  und stellen dort eine Art „Fremdschlüssel“ dar.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## IST-Beziehungstypen [Sonderfall 5]



$$\mathcal{R}_{E_2} = \{\underline{ID_1}, A_1, \dots, A_n\}$$

Schlüssel:  $\kappa_1$  bzw.  $\{ID_1\}$

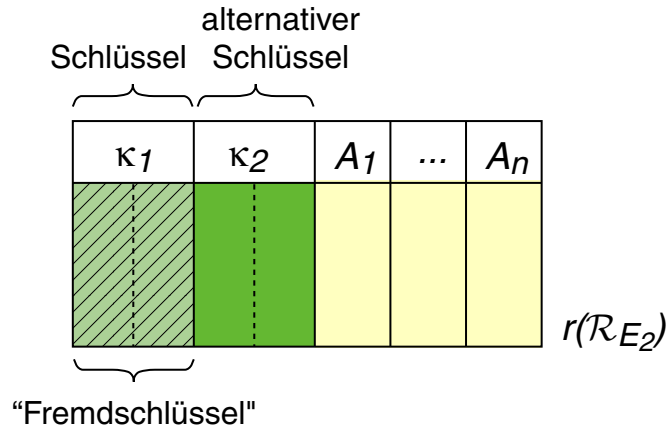
## Umsetzung:

1. Dem speziellerem Entity-Typ  $E_2$  wird Relationenschema  $\mathcal{R}_{E_2}$  zugeordnet.  
Die Attribute  $A_1, \dots, A_n$  von  $E_2$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$ .
2. Die Attribute in  $\kappa_1$  (bzw.  $ID_1$ ) von  $\mathcal{R}_{E_1}$  werden Attribute von  $\mathcal{R}_{E_2}$  und stellen dort eine Art „Fremdschlüssel“ dar.
3. Der Primärschlüssel  $\kappa_1$  (bzw.  $\{ID_1\}$ ) von  $E_1$  wird Schlüssel für  $\mathcal{R}_{E_2}$ .

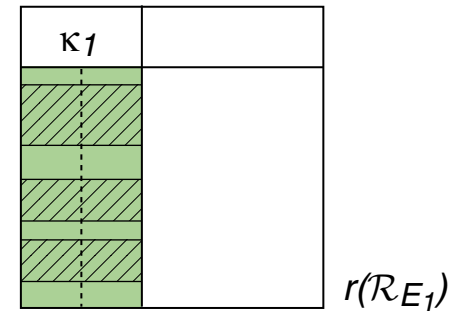
# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## IST-Beziehungstypen

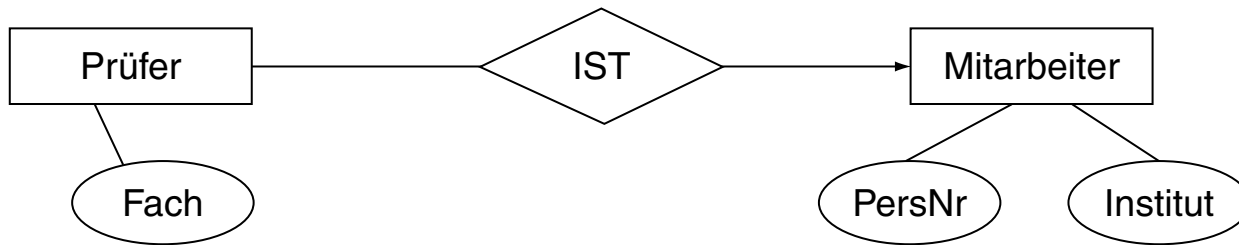
Speziellerer (is-a) Entity-Typ:



Allgemeinerer Entity-Typ:



Beispiel:



## Bemerkungen:

- ❑ Es wird die Bezeichnung „Fremdschlüssel“ benutzt, obwohl es sich bei der Spezialisierung nicht um einen Verweis auf einen anderen Entity-Typ handelt, sondern um eine Rollenbeschreibung für ein und denselben Entity-Typ.
- ❑ Ein spezialisierter Entity-Typ  $E_2$  kann bereits einen Schlüssel  $\kappa_2$  unabhängig von dem Entity-Typ  $E_1$  besitzen, von dem er spezialisiert ist. In diesem Fall hat man für  $E_2$  die Wahl zwischen zwei Schlüsseln, von denen einer als Primärschlüssel festzulegen ist.
- ❑ Bei mehrstufigen IST-Beziehungstypen wird der Primärschlüssel – und damit die Identität – top-down (vom allgemeineren zum spezielleren Entity-Typ) vererbt. Damit ist auch eine Transformationsreihenfolge vorgegeben.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

Reihenfolge der Regelanwendung [Elmasri/Navathe 2010]

1. Transformation der regulären Entity-Typen.
2. Transformation der abhängigen Entity-Typen.
3. Transformation der 1:1-Beziehungstypen.
4. Transformation der 1:n-Beziehungstypen.
5. Transformation der n:m-Beziehungstypen.
6. Transformation der übrigen Beziehungstypen.
7. Transformation der IST-Beziehungstypen.

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Zusammenfassung wichtiger Regeln

Konzept im ER-Modell	Konzept im relationalen Modell
Entity-Typ $E$	Relationenschema $\mathcal{R}_E$
Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $E$	Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $\mathcal{R}_E$
Primärschlüssel $\kappa \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$ von $E$	Primärschlüssel $\kappa$ von $\mathcal{R}_E$
Beziehungstyp $R(E_1, \dots, E_m; A_1, \dots, A_n)$	Relationenschema $\mathcal{R}_R$
Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $R$	Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $\mathcal{R}_R$
Attribute in den Primärschlüsseln $\kappa_i$ der $E_i$	Attribute von $\mathcal{R}_R$ (als Fremdschlüssel)
1:n-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_2$ wird Primärschlüssel von $\mathcal{R}_R$
1:1-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_1$ und $\kappa_2$ werden jeweils Schlüssel von $\mathcal{R}_R$ , $\kappa_1$ oder $\kappa_2$ wird Primärschlüssel von $\mathcal{R}_R$
n:m-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_1 \cup \kappa_2$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_R$
$E_2$ hängt ab von $E_1$	$\mathcal{R}_{E_2}$ erhält auch alle Attribute in $\kappa_1$ , $\kappa_1 \cup \kappa_2$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_{E_2}$
IST-Beziehungstyp: $E_2$ IST $E_1$	$\mathcal{R}_{E_2}$ erhält auch alle Attribute in $\kappa_1$ , $\kappa_1$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_{E_2}$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Zusammenfassung wichtiger Regeln

Konzept im ER-Modell	Konzept im relationalen Modell
Entity-Typ $E$	Relationenschema $\mathcal{R}_E$
Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $E$	Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $\mathcal{R}_E$
Primärschlüssel $\kappa \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$ von $E$	Primärschlüssel $\kappa$ von $\mathcal{R}_E$
Beziehungstyp $R(E_1, \dots, E_m; A_1, \dots, A_n)$	Relationenschema $\mathcal{R}_R$
Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $R$	Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $\mathcal{R}_R$
Attribute in den Primärschlüsseln $\kappa_i$ der $E_i$	Attribute von $\mathcal{R}_R$ (als Fremdschlüssel)
1:n-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_2$ wird Primärschlüssel von $\mathcal{R}_R$
1:1-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_1$ und $\kappa_2$ werden jeweils Schlüssel von $\mathcal{R}_R$ , $\kappa_1$ oder $\kappa_2$ wird Primärschlüssel von $\mathcal{R}_R$
n:m-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_1 \cup \kappa_2$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_R$
$E_2$ hängt ab von $E_1$	$\mathcal{R}_{E_2}$ erhält auch alle Attribute in $\kappa_1$ , $\kappa_1 \cup \kappa_2$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_{E_2}$
IST-Beziehungstyp: $E_2$ IST $E_1$	$\mathcal{R}_{E_2}$ erhält auch alle Attribute in $\kappa_1$ , $\kappa_1$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_{E_2}$

# Umsetzung ER-Schema in relationales Schema

## Zusammenfassung wichtiger Regeln

Konzept im ER-Modell	Konzept im relationalen Modell
Entity-Typ $E$	Relationenschema $\mathcal{R}_E$
Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $E$	Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $\mathcal{R}_E$
Primärschlüssel $\kappa \subseteq \{A_1, \dots, A_n\}$ von $E$	Primärschlüssel $\kappa$ von $\mathcal{R}_E$
Beziehungstyp $R(E_1, \dots, E_m; A_1, \dots, A_n)$	Relationenschema $\mathcal{R}_R$
Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $R$	Attribute $A_1, \dots, A_n$ von $\mathcal{R}_R$
Attribute in den Primärschlüsseln $\kappa_i$ der $E_i$	Attribute von $\mathcal{R}_R$ (als Fremdschlüssel)
1:n-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_2$ wird Primärschlüssel von $\mathcal{R}_R$
1:1-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_1$ und $\kappa_2$ werden jeweils Schlüssel von $\mathcal{R}_R$ , $\kappa_1$ oder $\kappa_2$ wird Primärschlüssel von $\mathcal{R}_R$
n:m-Beziehungstyp zwischen $E_1$ und $E_2$	$\kappa_1 \cup \kappa_2$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_R$
$E_2$ hängt ab von $E_1$	$\mathcal{R}_{E_2}$ erhält auch alle Attribute in $\kappa_1$ , $\kappa_1 \cup \kappa_2$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_{E_2}$
IST-Beziehungstyp: $E_2$ IST $E_1$	$\mathcal{R}_{E_2}$ erhält auch alle Attribute in $\kappa_1$ , $\kappa_1$ wird Schlüssel von $\mathcal{R}_{E_2}$