

2 Das Entity-Relationship-Modell

(P.P.Chen, 1976;
Verschiedene Versionen und Erweiterungen gebräuchlich)

2.1	Das Grundmodell	2
2.2	Erweiterungen des ER-Modells	58
2.3	Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata	76





2 Das Entity-Relationship-Modell

2.1	Das Grundmodell	2
2.1.1	Entities, Entity-Sets, Entity-Typen	3
2.1.2	Attribute, Attributwerte	5
2.1.3	Schlüssel, Schlüsselwerte	13
2.1.4	Beziehungen und Beziehungstypen	16
2.1.5	Grafische Darstellung	21
2.1.6	Rollennamen	24
2.1.7	Beziehungstyp mit Grad > 2	25
2.1.8	Weak Entities	33
2.1.9	Kardinalität von Beziehungen	35
2.1.10	Schlüssel von Beziehung(styp)en	50
2.1.11	Zusammenhang Schlüssel / Kardinalitäten mit Grad > 2	55
2.2	Erweiterungen des ER-Modells	58
2.3	Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata	77





2.1.1 Entities, Entity-Sets, Entity-Typen

Entity (e):

- Objekt der realen Welt, unterscheidbar von anderen Objekten

Entity-Set (E^t):

- Menge von Objekten zum Zeitpunkt t
(gleichartige Objekte/ charakterisiert durch gewisse Eigenschaften)
- E = Name der Menge
- $e \in E^t$ Zugehörigkeitstest

Entity-Typ (E):

- Objekt-Typ („charakteristische Eigenschaften“)
- Objekte $e \in E^t$ sind Objekte des Typs E
- E = Name des Objekttyps



2.1.1 Entities, Entity-Sets, Entity-Typen

(2|2)

Beispiele:

- Person X
 - bezieht Gehalt:
 - gehört zur Menge der Angestellten;
 - ist vom Typ „Angestellter“

- Person Y
 - hat Artikel gekauft :
 - ist vom Typ „Kunde“

Die Entity-Sets müssen nicht disjunkt sein:

Entity „W. Meyer“: sowohl Angestellter als auch Kunde



AIFB

24.05.2017





2.1.2 Attribute, Attributwerte

Attribut (a):

- Eigenschaft
- a = Name des Attributes

E : < A >

- Ein Entity-Typ E wird charakterisiert durch eine Menge relevanter Attribute:

$$A = \{a_1, \dots, a_n\}$$

- E : < A > ist „Schema“ für Entity-Typ E



2.1.2 Attribute, Attributwerte

(2|8)

Beispiele:

- Angestellte : $\langle \{ \text{ANG-NR, NAME, ORT, GEHALT} \} \rangle$
- Abteilung : $\langle \{ \text{ABT-NR, ABTNAME} \} \rangle$

Vereinfachung der Schreibweise durch Weglassen der Mengenklammern:

- z.B.:

Angestellte: $\langle \text{ANGNR, NAME, ORT, GEHALT} \rangle$

Student: $\langle \text{MatrNr, NAME, W-ORT, S-ORT, St'gang, FachSem} \rangle$



2.1.2 Attribute, Attributwerte

(3|8)

Domain (dom(a))

- „Domain“ = Wertebereich
- Zu jedem Attribut a gehört ein Wertebereich dom(a)
- Domains müssen **nicht disjunkt** sein, sie können **sogar gleich** sein!

Beispiele:

dom(ANG-NR) = Menge von 3-stelligen ganzen Zahlen:
100 ... 999

dom(NAME) = Menge von 25-stelligen
Buchstabenfolgen

dom(MatrnNr) = Menge der 6-stelligen ganzen Zahlen
mit einer 7. Ziffer als Prüfziffer



2.1.2 Attribute, Attributwerte

(4|8)

w_a

- einzelner Wert aus $\text{dom}(a)$
- Zum Betrachtungszeitpunkt t hat Entity $e \in E^t$ für jedes Attribut $a \in A$ einen Wert w_a aus $\text{dom}(a)$.

Dieser Wert kann über einen längeren Zeitraum konstant sein, er kann sich aber auch ändern.

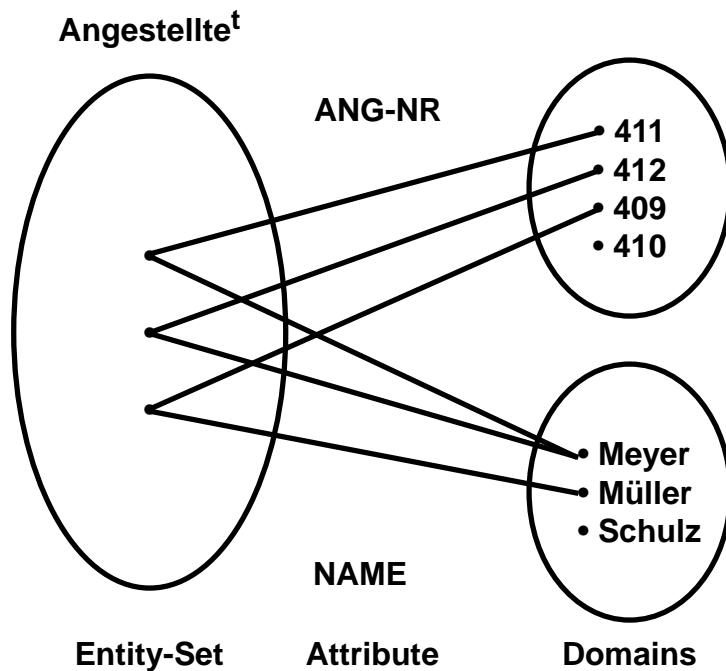


2.1.2 Attribute, Attributwerte

(5|8)

Ein Attribut a des Entity-Typs E kann **formal** als eine Abbildung aufgefaßt werden, die ein Entity-Set E^t in eine Domain abbildet.

Beispiel 2.1: $a: \text{Angestellte}^t \rightarrow \text{dom}(a)$



2.1.2 Attribute, Attributwerte

(6|8)

Zu jedem **Entity-Typ E** gehört eine **Menge A von Attributen**:

$$E : \langle A \rangle,$$

zu jedem **Entity e** dieses Typs eine **Menge von Attributwerten (Attributwertkombination) w** bezüglich aller $a \in A$:

$$e : w, w \in \text{„dom}(A)\text{“}$$

und zu jedem **Entity-Set E^t** eine **Menge X** von Attributwertkombinationen w :

$$E^t : X, X \subseteq \text{dom}(A); X = \{w \mid e : w \text{ für ein } e \in E^t\}$$


2.1.2 Attribute, Attributwerte

(7|8)

Annahme:

feste Reihenfolge für a_i in A :

$$a_1, a_2, \dots, a_n$$

(d.h.: beliebig, aber **fest** gewählt)

Jedes Entity ist dann beschrieben durch ein geordnetes Tupel von Attributwerten w :

$$e : w, w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

$$\text{dom}(A) ::= \{(w_1, w_2, \dots, w_n) \mid w_i \in \text{dom}(a_i); i = 1, \dots, n\}$$

$$= \text{dom}(a_1) \times \text{dom}(a_2) \times \dots \times \text{dom}(a_n)$$

$$\begin{array}{ccc} | & | & | \\ w_1 & w_2 & w_n \end{array}$$



2.1.2 Attribute, Attributwerte

(8|8)

Darstellung in **Tabellenform**:

Name	AngNr	Ort	Gehalt
Meyer	411	KA	4000
Meyer	412	KA	4000
Müller	409	MA	5000

e : w

e3 : (Müller, 409, MA, 5000)



AIFB

24.05.2017



(1|3)



AIFB

24.05.2017

2.1.3 Schlüssel, Schlüsselwerte

Gegeben **E**: $\langle A \rangle$

- Jedes Entity eines Typs ist **eindeutig** durch das zugeordnete Tupel beschrieben.

(sonst wäre A nicht charakteristisch [genug] für E!)

aber

- Oft genügt ein Teil des Tupels zur Identifikation innerhalb dieses Objekt-Typs.

Schlüssel K (engl.: key) für E : $\langle A \rangle$



2.1.3 Schlüssel, Schlüsselwerte

(2|3)

$K \subseteq A$ ist „Schlüssel“ für $E : \langle A \rangle \iff$

- (K1) K ist „identifizierende“ Attributkombination für $E : \langle A \rangle$, (d.h. verschiedene Objekte der realen Welt haben auch verschiedene Attributwerte bzgl. K)
- (K2) Es gibt keine echte Teilmenge $K' \subset K$, für die Eigenschaft (K1) gilt (d.h. K ist **minimal** mit Eigenschaft (K1)).

Beispiel:

Angestellte : $\langle \text{Name, AngNr, Ort, Gehalt, GebDatum} \rangle$

$\{\text{AngNr}\}$ ist Schlüssel

$\{\text{Name, GebDatum}\}$ *evtl.* Schlüssel

(Schreibweise auch: AngNr; Name, GebDatum ohne $\{\}$)



2.1.3 Schlüssel, Schlüsselwerte

(3|3)

- Es kann mehrere Schlüssel, d.h. Attribute (Attributkombinationen) mit obigen Eigenschaften (K1) und (K2) geben.
Primärschlüssel (primary key):
einzigster oder fest ausgewählter Schlüssel

Besonders bequem ist die Verwendung eines einfachen Schlüsselattributes z.B. AngNr, AbteilungsNr, ArtikelNr, ... anstelle einer mehrstelligen Attributkombination.

Übliche Schreibweise:

$E : \langle A \rangle$; Primärschlüssel für E ist $E\#$ ($E\# \in A$)





2.1.4 Beziehungen und Beziehungstypen

Beziehung (relationship) (b):

Zwei oder mehr Objekte können miteinander in Beziehung stehen

Beispiele:

- Angestellter 411 *gehört* zu Abteilung 2.
b1 = (Angestellter 411, Abteilung 2)
- Teil x wird *benötigt* zur Herstellung von Teil y.
b2 = (x, y)
- Lieferant Meyer *liefert* Bauteil „Gehäuse“ für Produkt „Getriebe“.
b3 = (Lieferant Meyer, Bauteil „Gehäuse“, Produkt „Getriebe“)

Anzahl n der an einer Beziehung beteiligten Entities ist der **Grad** dieser Beziehung .

(n = 2: binäre Beziehung).



2.1.4 Beziehungen und Beziehungstypen

(2|5)

Menge von Beziehungen: (B^t)

Beziehungen desselben Grades und derselben Bedeutung zum Zeitpunkt t können (analog zu Entities) zu **Mengen B^t zusammengefaßt** werden.

Beispiele:

- Menge aller Zugehörigkeiten (Angestellte, Abteilung)
{(Ang.47, Abt. 11),(Ang.08, Abt. 15), ...}
- Menge aller Lieferungen (Lieferant, Bauteil, Projekt)



AIFB

24.05.2017



2.1.4 Beziehungen und Beziehungstypen

(3|5)

Beziehungstyp (relationship-type) (B):

Charakterisierung der Beziehungsmengen durch geeignete Eigenschaften.

B = Name des Beziehungstyps

Beispiele:

- Zugehörigkeit: Angestellter gehört zu Abteilung.
- Mitarbeit: Angestellter arbeitet an Projekt.



AIFB

24.05.2017



2.1.4 Beziehungen und Beziehungstypen

(4|5)

Attribute von Beziehungstypen:

Beziehungstypen können **Attribute** haben

(ebenso wie Entity-Typen).

- konkrete Beziehung: Attributwerte entsprechend

Beispiele:

- Dauer der Zugehörigkeit
- Umfang der Mitarbeit an einem Projekt
- Menge des durch einen Kunden bestellten Artikels



2.1.4 Beziehungen und Beziehungstypen

(5|5)

Beziehungstyp B:

ist gekennzeichnet durch die beteiligten Entity-Typen und ggfs. Attribute des Beziehungstyps:

B : $\langle E_1, E_2, \dots, E_n / Z \rangle$

n = **Grad** des Beziehungstyps

= Anzahl der beteiligten Objekttypen

Beispiel:

Bestellung : $\langle \text{Kunde, Artikel} / \text{Menge} \rangle$

Attributwert wird einer konkreten Beziehung zugeordnet, d.h. dient nicht zur unterscheidenden Charakterisierung der Beziehung!





(1|3)



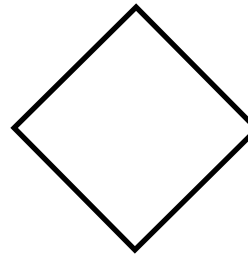
AIFB

24.05.2017

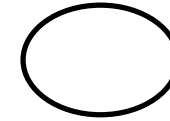
2.1.5 Grafische Darstellung



Entity-Typ

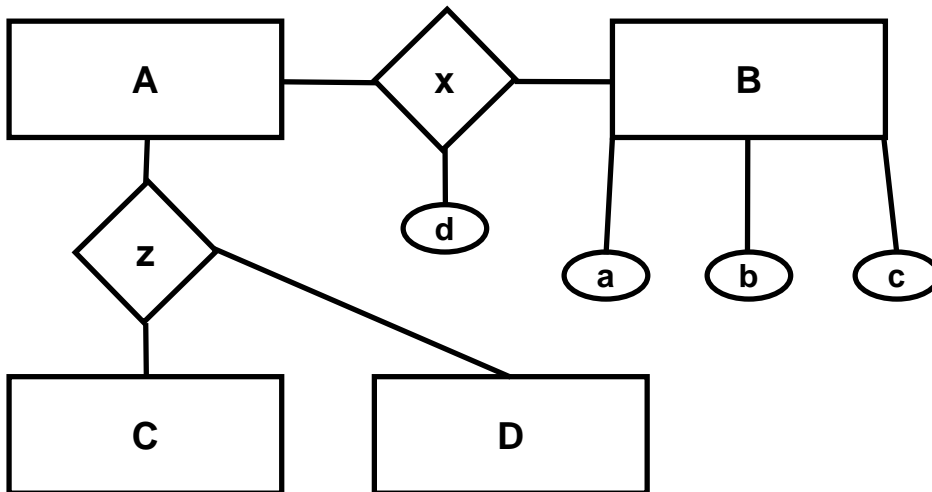


Beziehungstyp



Attribut

„E-R-Diagramm“



2.1.5 Grafische Darstellung

(2|3)

Hinweise für die grafische Darstellung

Angabe aller Attribute bei größeren Diagrammen unübersichtlich;

Empfehlung:

- Anfertigen von Auszügen mit Angabe der Attribute
- Im Gesamt-Diagramm eventuell lediglich Schlüsselattribute und Attribute von Beziehungstypen angeben
- Beziehungstypen durchnummerieren und gesondert auflisten mit Angabe ihrer Bedeutung bzw. des Namens.



AIFB

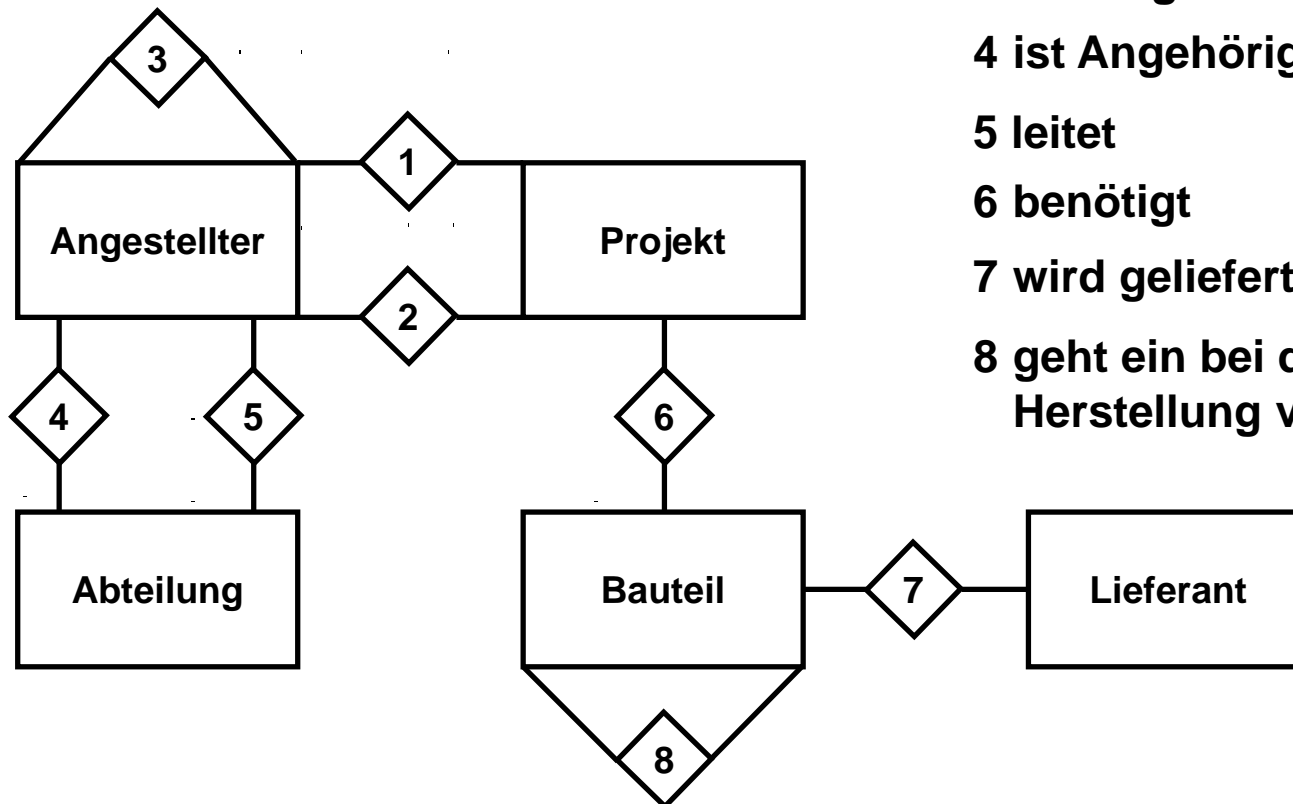
24.05.2017

ER-Modell

2.1.5 Grafische Darstellung

(3|3)

Beispiel 2.2: „ER-Diagramm“
(Ausschnitt aus einem Unternehmen)



Beziehungstypen :

- 1 ist Mitarbeiter an**
- 2 ist Projektleiter von**
- 3 ist Vorgesetzter von**
- 4 ist Angehöriger von**
- 5 leitet**
- 6 benötigt**
- 7 wird geliefert von**
- 8 geht ein bei der Herstellung von**



(1|1)



AIFB

24.05.2017

2.1.6 Rollennamen

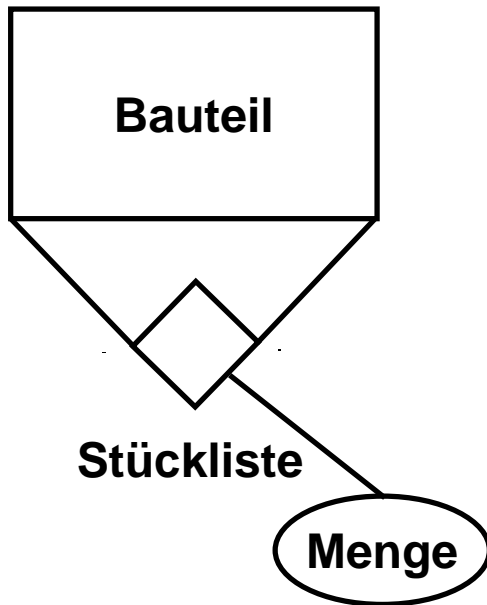
Ist ein **Beziehungstyp B** wie folgt definiert

B: <E1, E1>

(d.h. B ist Beziehung zwischen Entities desselben Typs), dann müssen sogenannte **Rollennamen** vergeben werden:

B: <RolleA: E1, RolleB: E1>

Beispiel:



Stückliste:

<übergeordnetes Teil: Bauteil,
untergeordnetes Teil: Bauteil / Menge>



(1|8)



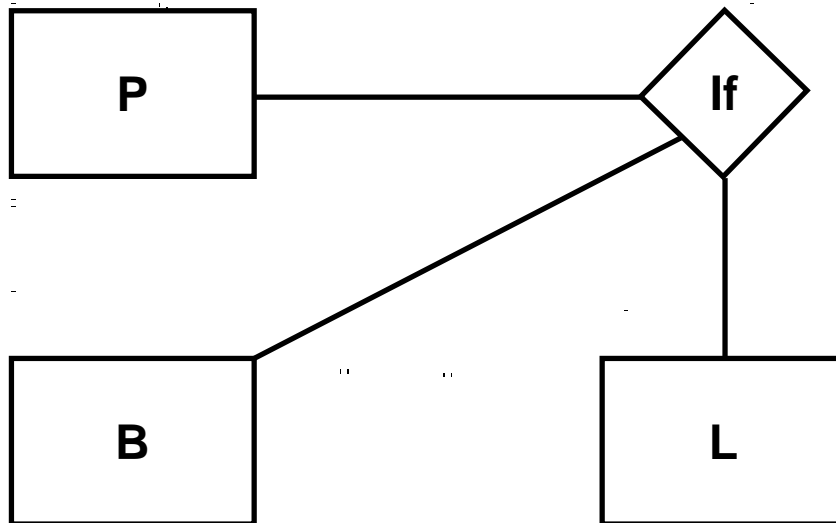
AIFB

24.05.2017

2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

Diskussion am **Beispiel 2.3:**

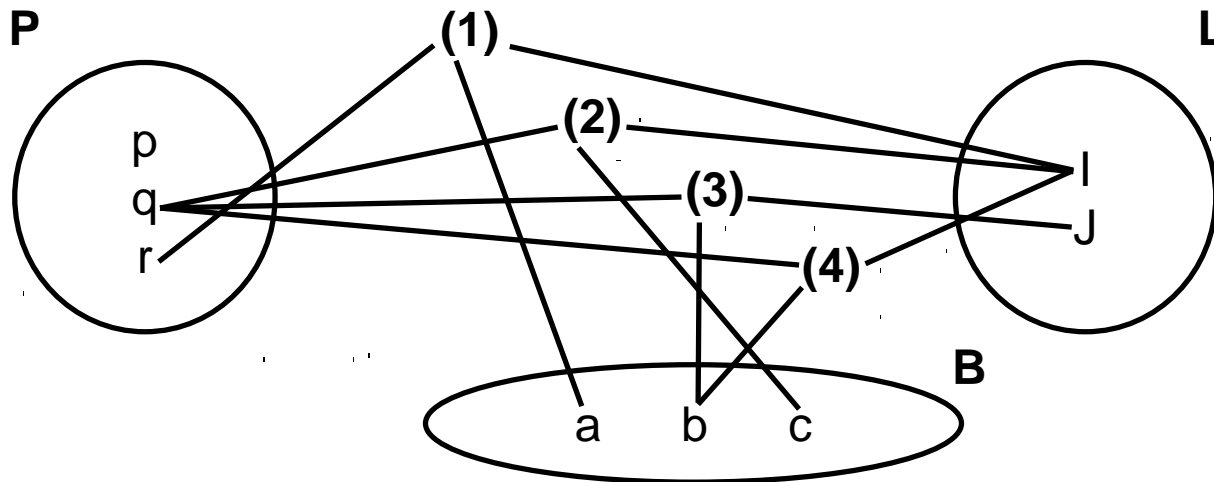
(If: L liefert B für P)



2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(2|8)

If		
B	L	P
a	I	r
c	I	q
b	J	q
b	I	q



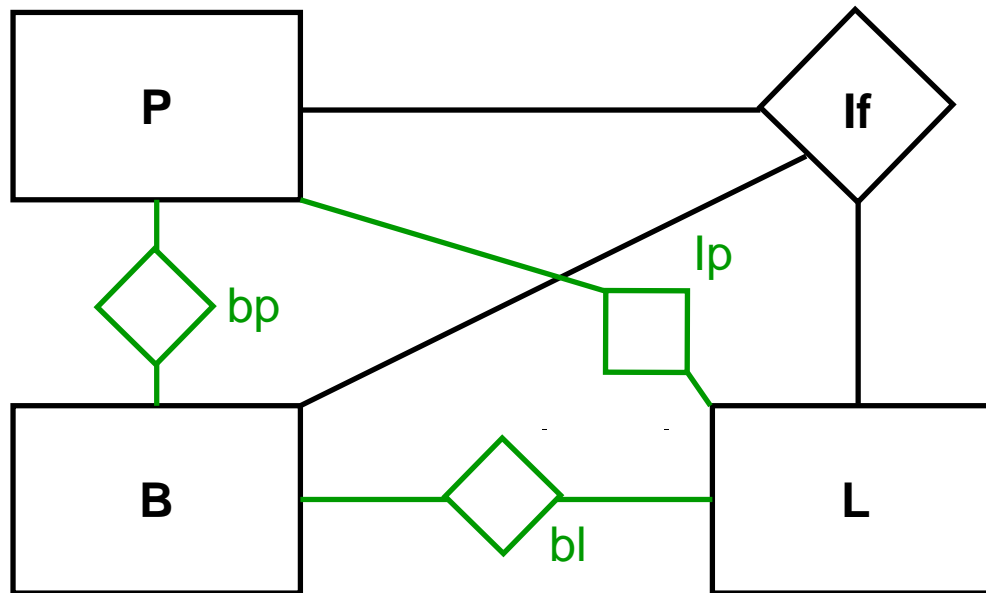
AIFB

24.05.2017

2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(3|8)

Frage: Ist es möglich, die Dreier-Beziehung durch mehrere Zweierbeziehungen zu ersetzen?



2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(4|8)

Drei Zweier-Beziehungen:

bl	
B	L
a	l
c	l
b	J
b	l

lp	
L	P
l	r
l	q
J	q

bp	
B	P
a	r
c	q
b	q

Daraus resultierende **mögliche** Dreierbeziehungen:

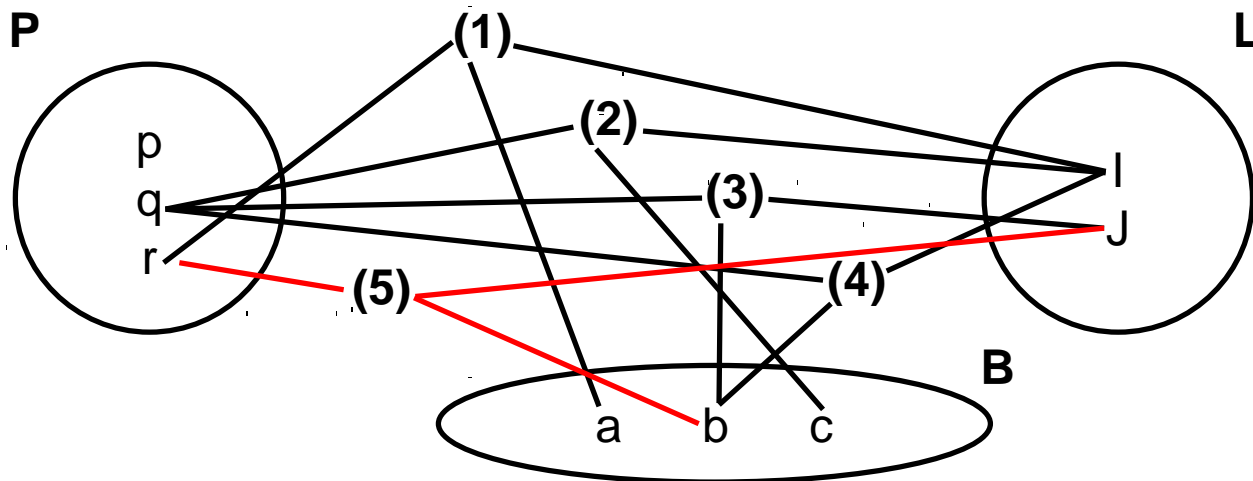
	B	L	P	
bl,lp \Rightarrow bl * lp	a	l	r	
	a	l	q	geht nicht wegen bp
	c	l	r	geht nicht wegen bp
	c	l	q	
	b	J	q	
	b	l	r	geht nicht wegen bp
	b	l	q	



2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(5|8)

lf			
B	L	P	
a	I	r	(1)
c	I	q	(2)
b	J	q	(3)
b	I	q	(4)
b	J	r	(5)



AIFB

24.05.2017

2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(6|8)

Drei Zweier-Beziehungen:

bl	
B	L
a	l
c	l
b	J
b	l

lp	
L	P
l	r
l	q
J	q
J	r

bp	
B	P
a	r
c	q
b	q
b	r

Daraus resultierende **mögliche** Dreierbeziehungen:

	B	L	P	
bl,lp \Rightarrow bl * lp	a	l	r	
	a	l	q	geht nicht wegen bp
	c	l	r	geht nicht wegen bp
	c	l	q	
	b	J	q	
	b	l	q	
	b	J	r	
	b	l	r	nicht in lf!



AIFB

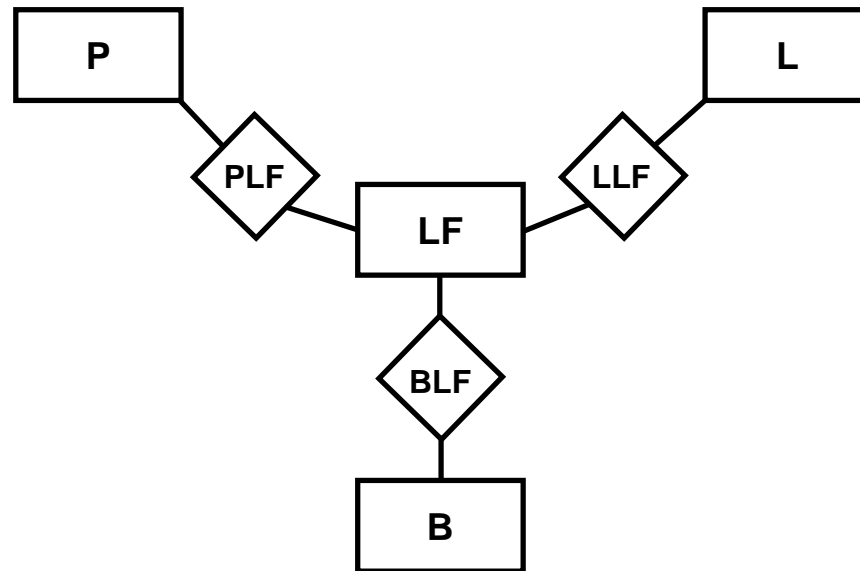
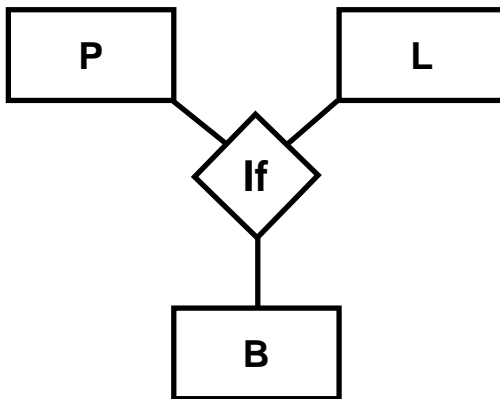
24.05.2017

ER-Modell

2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(7|8)

Einzigste Alternative:
Ersetze If durch LF, BLF, PLF und LLF



AIFB

24.05.2017

2.1.7 Beziehungstyp mit Grad > 2

(8|8)

LF
lfd_Nr
1
2
3
4
5

BLF	
B	lfd_Nr
a	1
b	3
b	4
b	5
c	2

LLF	
L	lfd_Nr
l	1
l	2
l	4
J	3
J	5

PLF	
P	lfd_Nr
q	2
q	3
q	4
r	1
r	5

Die Ternäre Beziehung lf wird durch

- eine Entität LF und
- durch 3 binäre Beziehungen PLF, LLF und BLF ersetzt.

Zusätzliche Semantische Integritätsbedingungen Einfügen:

- $|BLF^t| = |LLF^t| = |PLF^t| = |LF^t|$
- $x \in LF^t \Rightarrow x$ kommt ebenfalls vor in PLF^t , BLF^t , LLF^t





(1|2)



AIFB

24.05.2017

2.1.8 Weak Entities

Es gibt Objekte, die im Rahmen des vorliegenden konzeptuellen Schemas **(nicht selbst identifizierbar sind, sondern)** nur in Zusammenhang mit einem anderen Objekt **(dem sie zugeordnet sind)** identifizierbar sind;

z.B. „Benutzerhandbuch“ zu Projekt „LuG-Abrechnung“

Man bezeichnet diese nicht selbst identifizierbaren Objekte als **weak entities**.

Weak entity

- nur mit dem übergeordneten Entity identifizierbar.
- hat keinen selbständigen Schlüssel



2.1.8 Weak Entities

(2|2)

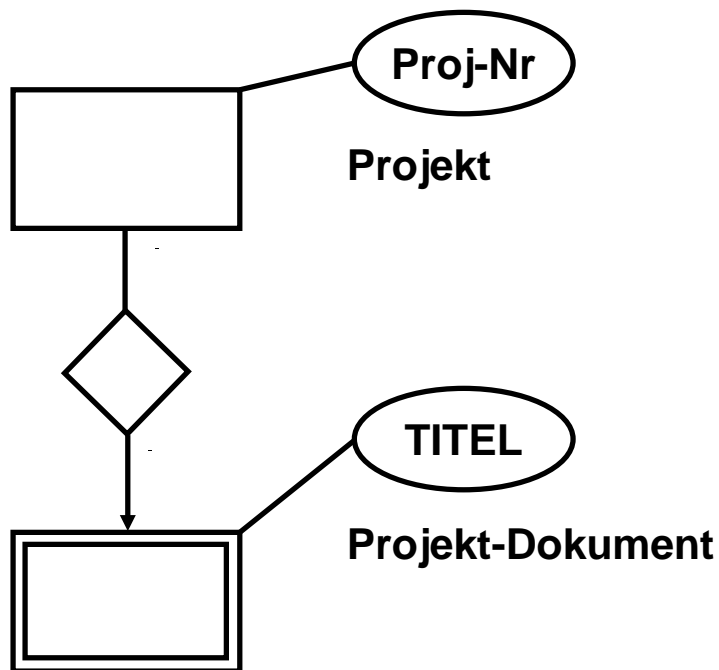
Beispiel 2.4: Weak-Entity-Typ

Entitytyp Projekt

Schlüssel: Proj-Nr

Entitytyp Projekt-Dokument

partieller Schlüssel: TITEL



Schlüssel:

Proj-Nr, TITEL



2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(1|15)

Beziehungen vom Grad 2

Üblicherweise gelten für Beziehungstypen bestimmte Bedingungen, die die möglichen Kombinationen zwischen Objekten in einer Beziehung beschränken:

Die Komplexität einer Beziehung wird durch Angabe von Kardinalitäten bestimmt.

Hier: (1,n)-Notation (auch 1:n-Notation)



AIFB

24.05.2017



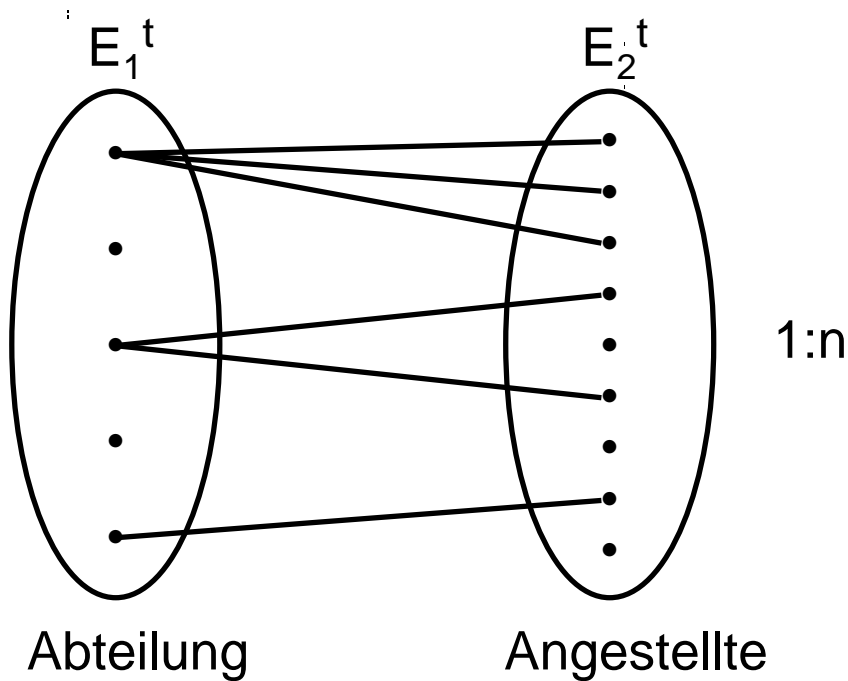
2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(3|15)

„ $\langle E_1, E_2 \rangle$ ist $(x : y)$ - Beziehung“ ::

(1 : n) - Beziehung zwischen E_1 und E_2 :

z.B. Abteilung - Angestellter („Angestellter gehört zu Abteilung...“)



(„Angestellter ist Angehöriger von Abteilung...“)

2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(4|15)

„1 : n“ ::=

- Ein Objekt des Typs E_1 kann mit einer beliebigen Anzahl von Objekten des Typs E_2 in Beziehung stehen. Ein Objekt des Typs E_2 kann mit höchstens einem Objekt des Typs E_1 in Beziehung stehen.

(„n“ steht für beliebige ganze Zahl ≥ 0 („beliebig viele“))

(n : 1) - Beziehung:

„n : 1“ ::=

- Umkehrung von 1: n



AIFB

24.05.2017

2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

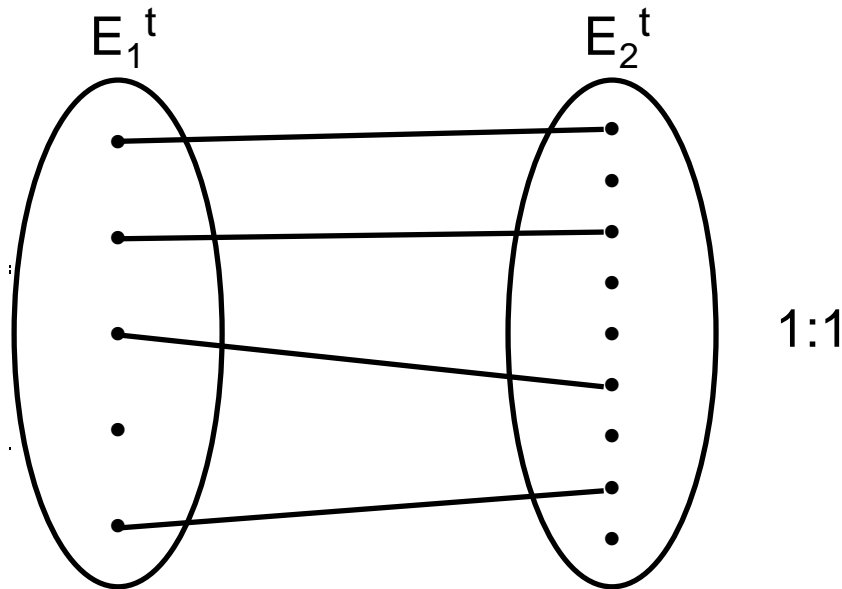
(5|15)



AIFB

24.05.2017

(1 : 1) - Beziehung zwischen E_1 und E_2 :



Abteilung

Angestellte

(„Angestellter leitet Abteilung...“)

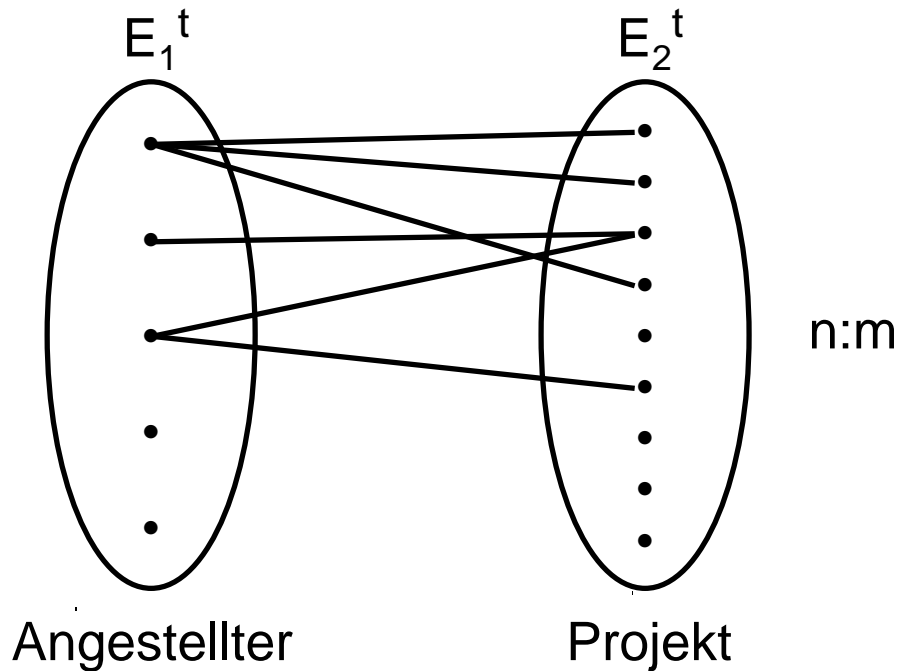
„1 : 1“ ::=

- Ein Objekt des Typs E_1 steht mit höchstens einem Objekt des Typs E_2 in Beziehung (und umgekehrt).

2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(6|15)

(n : m) - Beziehung zwischen E_1 und E_2 :



(„Angestellter arbeitet an Projekt mit...“)

„n : m“ ::= („n“, „m“ beide für „beliebig viele“)

- Ein Entity des Typs E_1 kann mit mehreren anderen Entities des Typs E_2 in Beziehung stehen (und umgekehrt).



AIFB

24.05.2017

2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

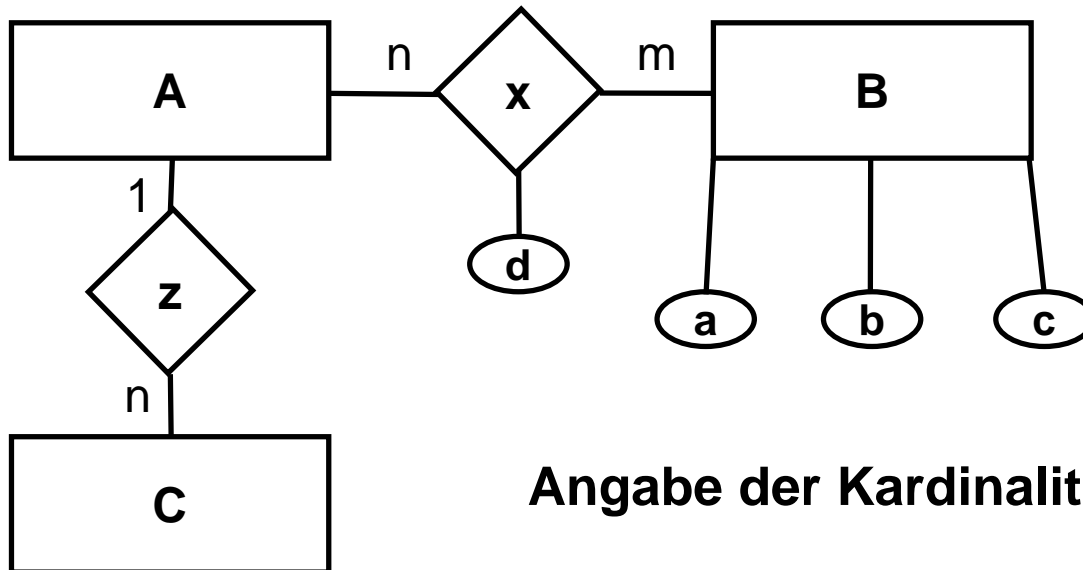
(7|15)

ER-Diagramm mit Kardinalitäten



AIFB

24.05.2017



Angabe der Kardinalitäten

2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(8|15)

Verallgemeinerbar auf **Kardinalität von Attributen:**

Attribut a - Entity-Typ E

entspricht Beziehung B: $\langle a, E \rangle$

„1:1“ ::= Zu einem Attributwert gibt es höchstens ein Entity mit diesem Wert (Schlüsseleigenschaft!)

Beispiel: ANG-NR — Angestellte

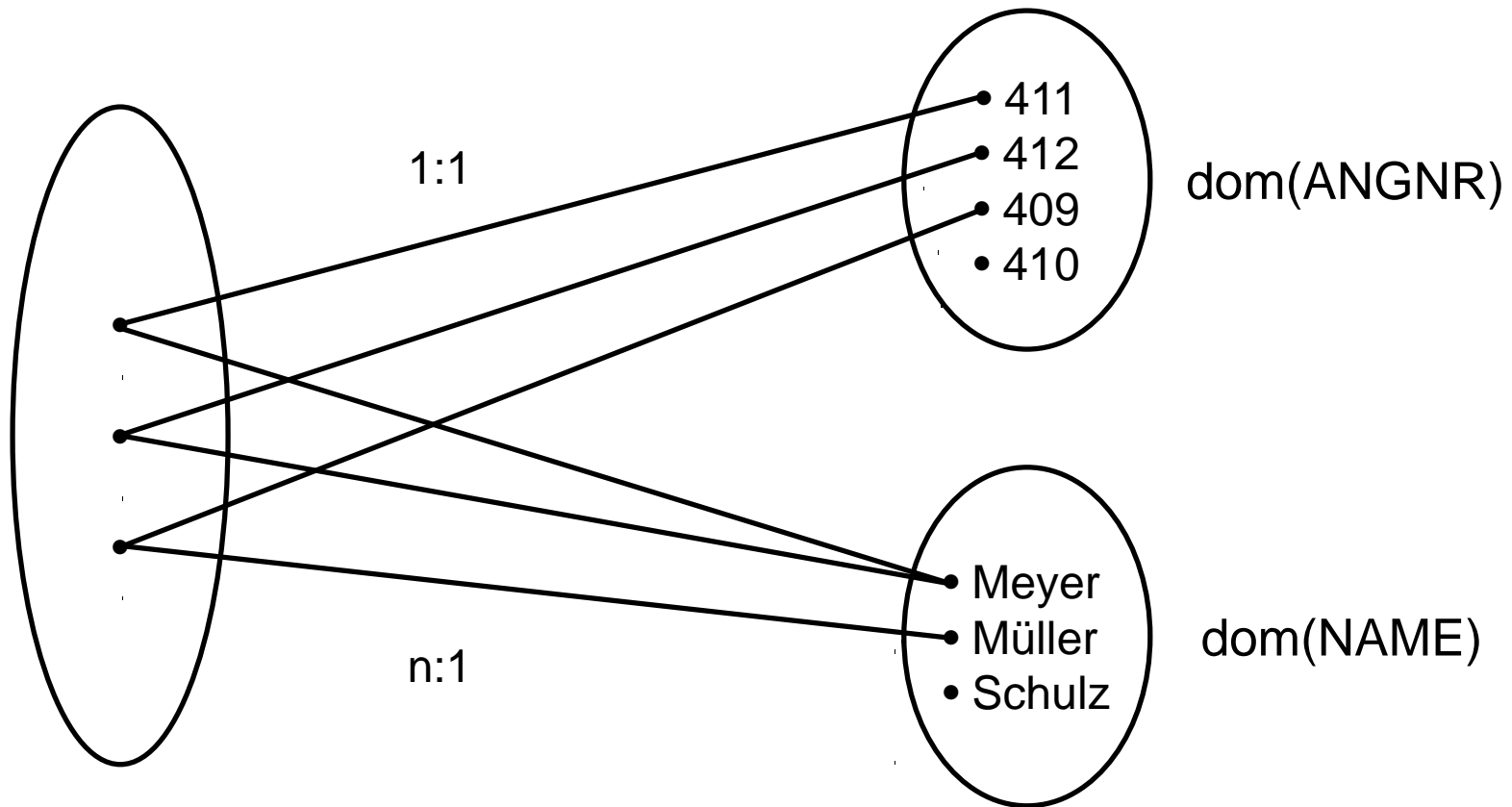
„1:n“ ::= Zu einem Attributwert kann es mehrere Entities mit diesem Wert geben.

Beispiel: NAME — Angestellte



2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

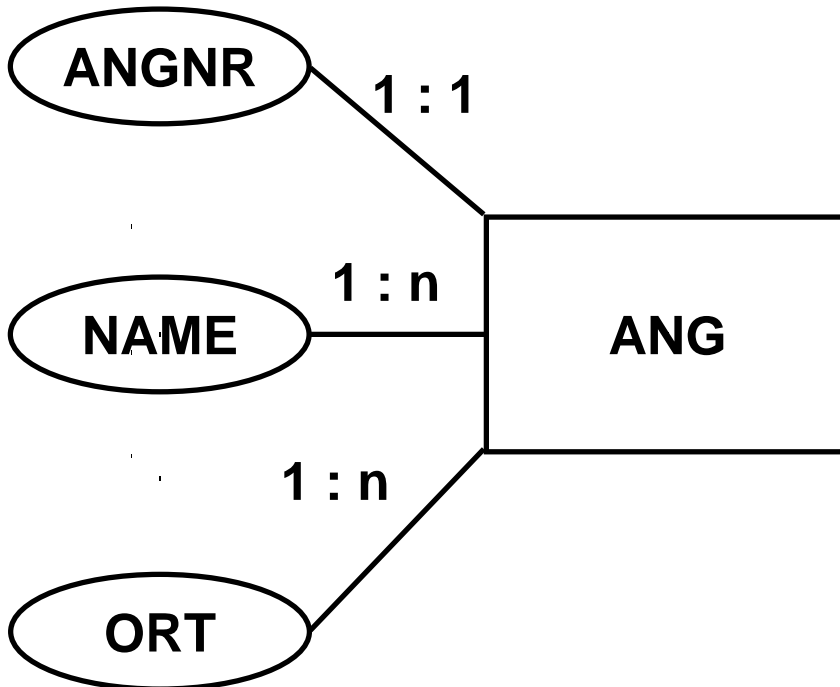
(9|15)



2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(10|15)

Beispiel 2.6: Attributangabe



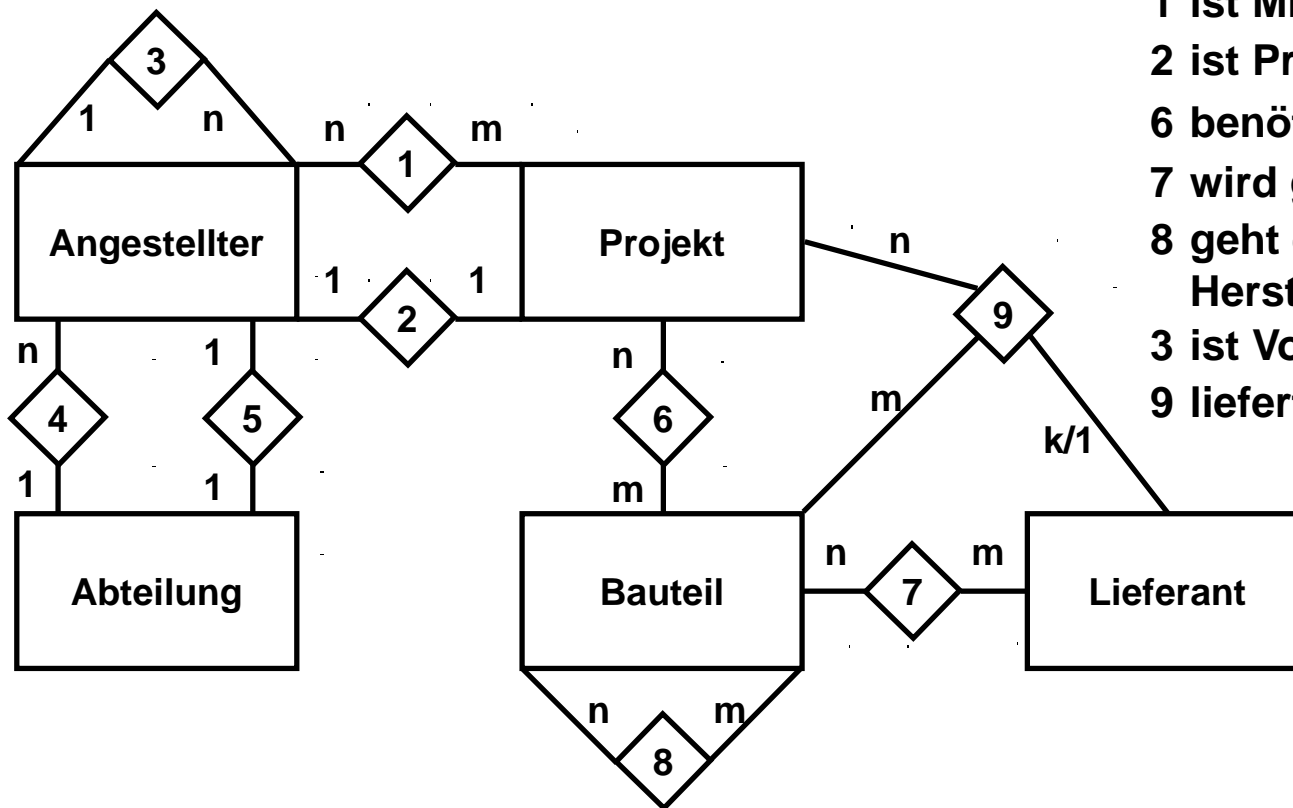
Angabe von
Attributen
(nach Chen)



2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(11|15)

Beispiel 2.7: „ER-Diagramm“
(Ausschnitt aus einem Unternehmen)



Beziehungstypen :

- 4 ist Angehöriger von
- 5 wird geleitet von
- 1 ist Mitarbeiter an
- 2 ist Projektleiter von
- 6 benötigt
- 7 wird geliefert von
- 8 geht ein bei der Herstellung von
- 3 ist Vorgesetzter von
- 9 liefert für



AIFB

24.05.2017

2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(13|15)

If : < Projekt, Bauteil, Lieferant >

(1) Keine Einschränkung der Lieferbeziehung:

(n : m : k) – Beziehung

(2) Einschränkung:

„Für jedes Projekt darf ein- und dasselbe Bauteil nur von einem einzigen Lieferanten geliefert werden.“

(n : m : 1) - Beziehung



AIFB

24.05.2017

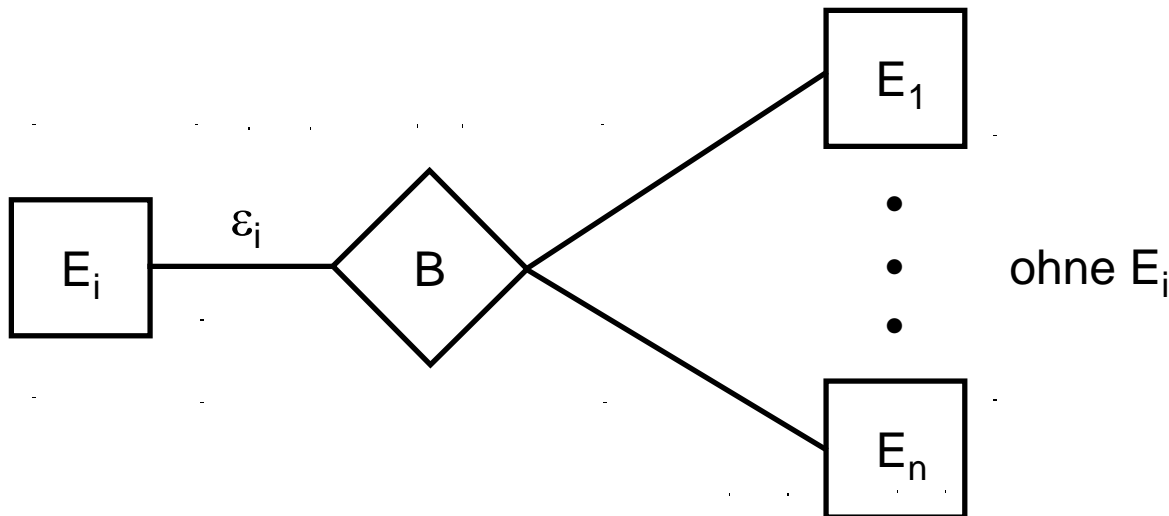
2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(14|15)

Kardinalität eines Entity-Typs in einer Beziehung vom Grad $n \geq 2$

$B: \langle E_1, \dots, E_i, \dots, E_n / Z \rangle \quad n \geq 2$

$E = \{E_1, \dots, E_i, \dots, E_n\}$ alle E_i verschieden



2.1.9 Kardinalität von Beziehungen

(15|15)

(“:“)-Kardinalität:

- B ist eine $(\varepsilon_1 : \varepsilon_2 : \dots : \varepsilon_i : \dots : \varepsilon_n)$ -Beziehung mit $\varepsilon_i = 1$ oder x ($x \in \{n, m, \dots\}$)

$$\varepsilon_i = 1 \Leftrightarrow \forall t \forall e_j \in E_j^t (j = 1, \dots, n, j \neq i)$$

\exists höchst. ein $e_i \in E_i^t: (e_1, \dots, e_{i-1}, e_i, e_{i+1}, \dots, e_n) \in B^t$





(1|5)



AIFB

24.05.2017

2.1.10 Schlüssel von Beziehung(styp)en

Jede Beziehung eines Typs ist eindeutig durch die beteiligten Entities beschrieben.

Der **Schlüssel K** eines Beziehungstyps

$B: \langle E_1, E_2, \dots, E_n / Z \rangle$

ist wie folgt definiert:

$K \subseteq \{ E_1, E_2, \dots, E_n \}$ mit

- (K1) K ist identifizierend für $B: \langle E_1, E_2, \dots, E_n / Z \rangle$, d.h. verschiedene Beziehungen der realen Welt haben auch verschiedene beteiligte Entities bzgl. K.
- (K2) Es gibt keine echte Teilmenge $K' \subset K$, für die Eigenschaft (K1) gilt (d.h. K ist minimal mit Eigenschaft (K1)).



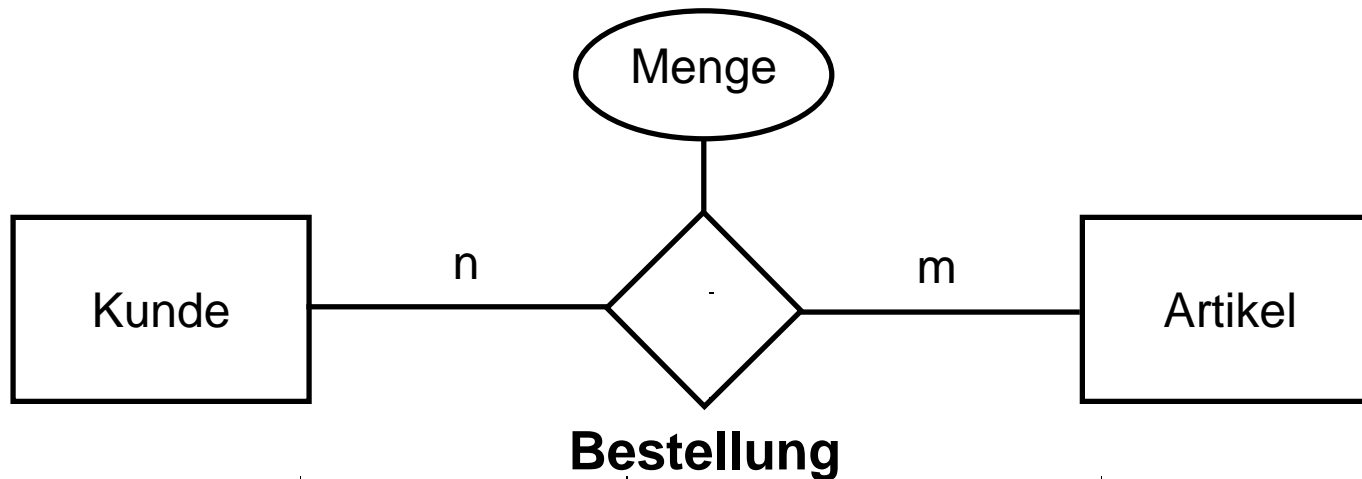
2.1.10 Schlüssel von Beziehung(stypen)

(2|5)

Beispiel: Bestellung: <Kunde, Artikel | Menge>

B: <E₁, E₂, ..., E_n / Z>

E₁, ..., E_n identifizierend für B; Schlüssel ?



Anmerkung:

Wie Entity-Typen kann man auch **Beziehungstypen** in Tabellenform darstellen.

2.1.10 Schlüssel von Beziehung(styp)en

(3|5)



AIFB

24.05.2017

Kunde ^t	K#	Name	Ort
	100	M	K
	101	W	M
	102	M	M

Schlüssel:
K#

Artikel ^t	A#	Bezeichnung
	45	X
	50	Y

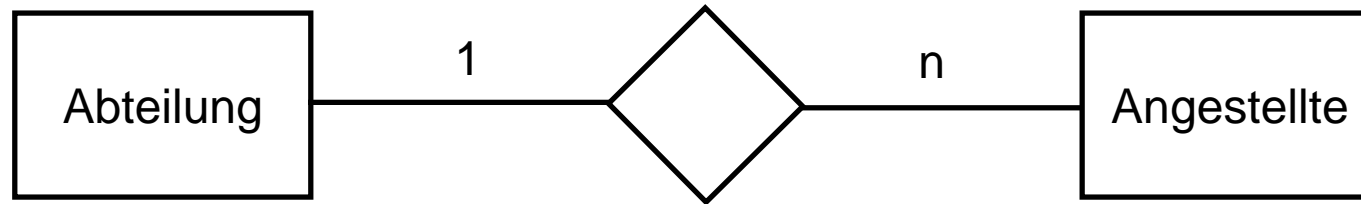
Schlüssel:
A#

Bestellung ^t	Kunde	Artikel	Menge
			3
			2
			3
			4

Schlüssel:
Kunde, Artikel
(„n:m“)

2.1.10 Schlüssel von Beziehung(stypen)

(4/5)



Abteilung ^t	Abt#	Abtname
	1	X
	2	Y

Angestellte ^t	A#	Name	Gehalt
	101	W	4000
	102	M	4000
	103	M	5000
	104	A	4000

Zugehörigkeit ^t	Angestellte	Abteilung

Schlüssel:
Angestellte



2.1.10 Schlüssel von Beziehung(styp)en

(5|5)

Zusammenfassung:

- (1) Bei **n : m - Beziehungen** setzt sich der Schlüssel aus allen beteiligten Entity-Typen zusammen.
- (2) $\langle E_1, E_2 \rangle$ sei **1 : n - Beziehung**:
Schlüssel von B ist E_2
- (3) $\langle E_1, E_2 \rangle$ sei **1 : 1 - Beziehung**:
sowohl E_1 als auch E_2 ist Schlüssel.

z.B.: Betreuung : $\langle \text{Vertreter, Bezirk} \rangle$
 : $\langle V, B \rangle$

V oder B ist Schlüssel.

Anmerkung:

Sei $B : \langle E_1, E_2, \dots, E_n / Z \rangle$ Beziehungstyp.

Zu einem Schlüssel von B gehört **nie** ein Attribut aus Z!





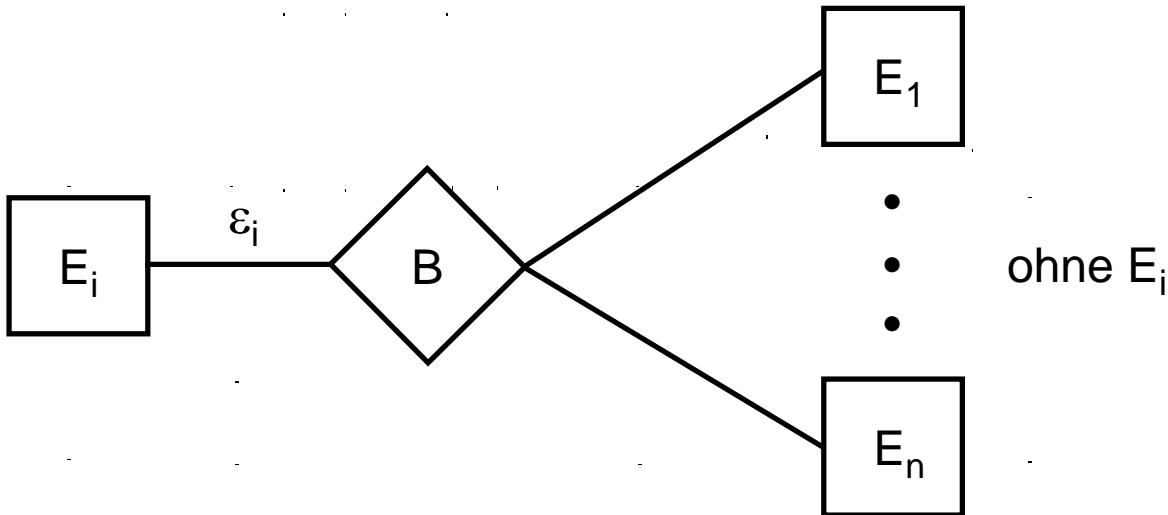
2.1.11 Zusammenhang Schlüssel / Kardinalitäten mit Grad > 2

(1|3)

Wir betrachten noch mal:

$B: \langle E_1, \dots, E_i, \dots, E_n / Z \rangle \quad n \geq 2$

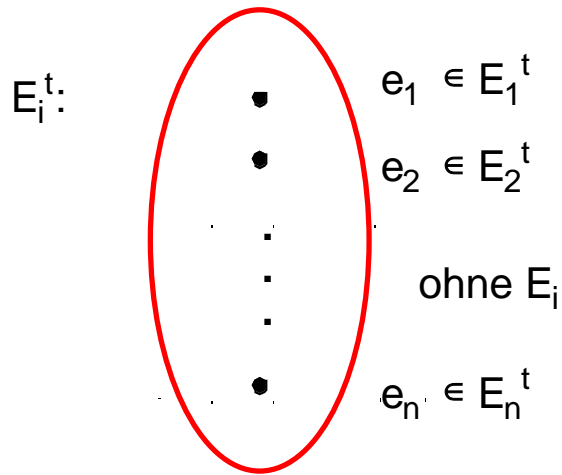
$E = \{E_1, \dots, E_i, \dots, E_n\}$ alle E_i verschieden



2.1.11 Zusammenhang Schlüssel / Kardinalitäten mit Grad > 2

(2|3)

Betrachte eine **feste Kombination** von Entities der „rechten“ Seite:



Wie viele $e \in E_i^t$ können zu
 $(e_1, \dots, e_{i-1}, e_{i+1}, \dots, e_n)$ gehören
 (bez. B)?

B	$E_1 \dots E_{i-1}$	E_i	$E_{i+1} \dots E_n$
	* ... *	e_i^1	* ... *
		\vdots	
		e_i^k	

$$\varepsilon_i = 1 :\Leftrightarrow \forall t \forall e_j \in E_j^t (j = 1, \dots, n, j \neq i)$$

$$\exists \text{ höchst. ein } e_i \in E_i^t: (e_1, \dots, e_{i-1}, e_i, e_{i+1}, \dots, e_n) \in B^t$$

2.1.11 Zusammenhang Schlüssel / Kardinalitäten mit Grad > 2

(3|3)

Lemma:

- (1) $\varepsilon_i = 1 \iff E - \{E_i\}$ ist identifizierend für B
- (2) $\iff \exists K \subseteq E - \{E_i\}$: (K Schlüssel für B)
- (3) $\varepsilon_i = m (> 1) \iff \forall K \subseteq E$: (K Schlüssel für B $\Rightarrow E_i \in K$)

Beweis:

- (1) $\varepsilon_i = 1 \iff \left(((e_1, \dots, e_{i-1}, e_i, e_{i+1}, \dots, e_n) \in B^t \text{ und } (e_1, \dots, e_{i-1}, e'_i, e_{i+1}, \dots, e_n) \in B^t) \Rightarrow e_i = e'_i \right)$
 $\iff E - \{E_i\}$ ist identifizierend für B
- (2) $E - \{E_i\}$ ist identifizierend für B
 $\Rightarrow E - \{E_i\}$ enthält Schlüssel K; d.h. $E_i \notin K$.
K Schlüssel für B, $E_i \notin K \Rightarrow K \subseteq E - \{E_i\}$
- (3) Negation von (2)





2 Das Entity-Relationship-Modell

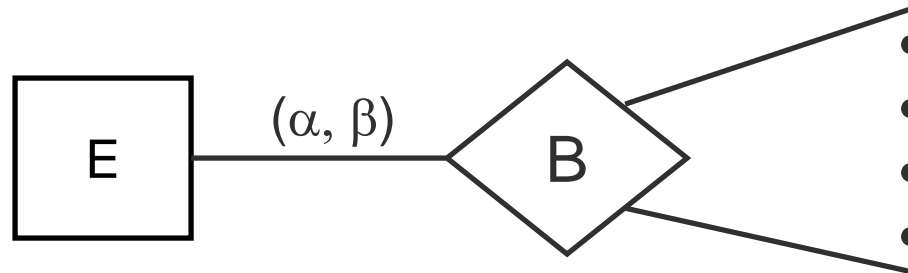
2.1	Das Grundmodell.....	2
2.2	Erweiterungen des ER-Modells	58
2.2.1	Bezüglich der Kardinalität	59
2.2.2	Bezüglich spezieller Beziehungstypen	68
2.3	Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata	77





2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

Weitere Angaben der Kardinalität eines Entity-Typs E in einem Beziehungstyp B als Zahlenpaar (α, β) mit $0 \leq \alpha \leq \beta$:



Ein Objekt e (vom Typ E) gehört zu **mindestens** α , **maximal** β Beziehungen des Typs B.

d.h. bei Darstellung von B als Tabelle:
 $e \in E^t$ geg. – wie oft kommt e in der Tabelle vor?

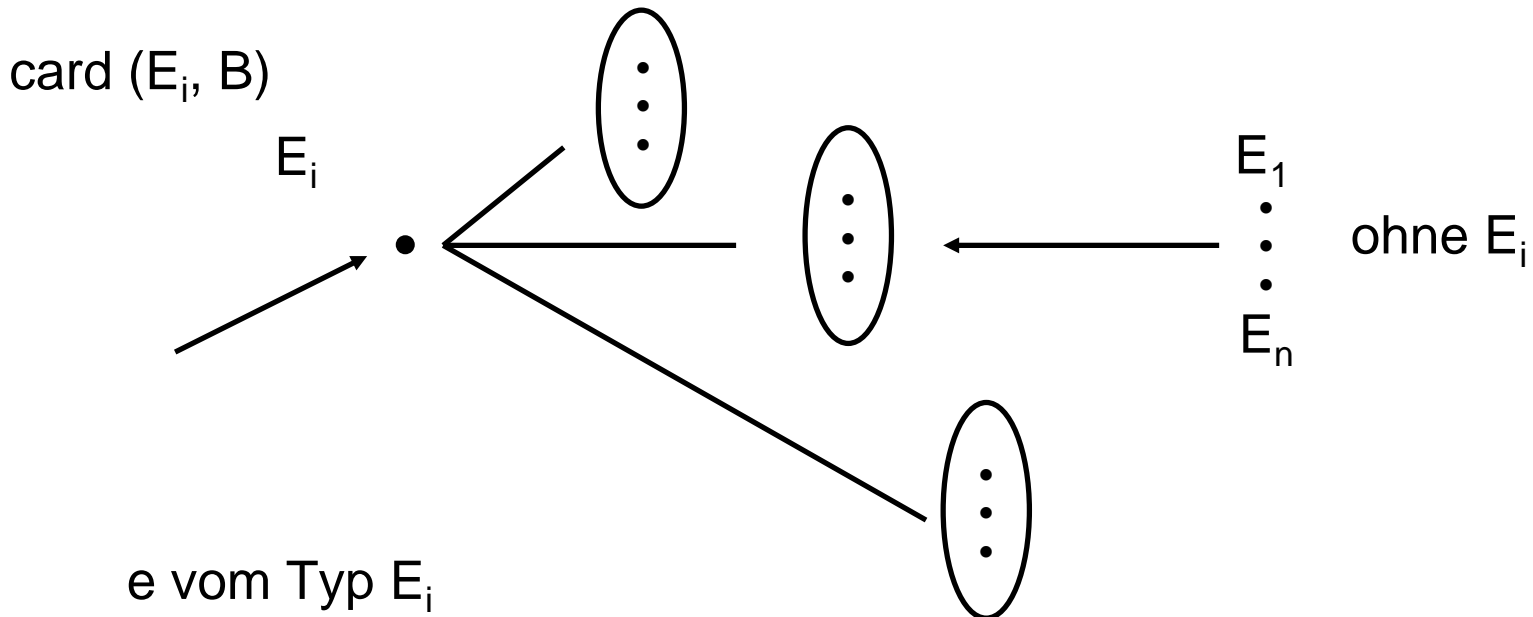
⇒ Angabe, ob alle Entities eines Typs Beziehungen dieses Typs haben müssen.



2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(2|9)

Die (min, max)-Kardinalität (von E_i in B):



Frage: Wie viele verschiedene $(n-1)$ -Tupel von Entities aus $E_1^t, \dots, E_i^t, \dots, E_n^t$ können/ müssen bezüglich B zu diesem e gehören?



2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(3|9)

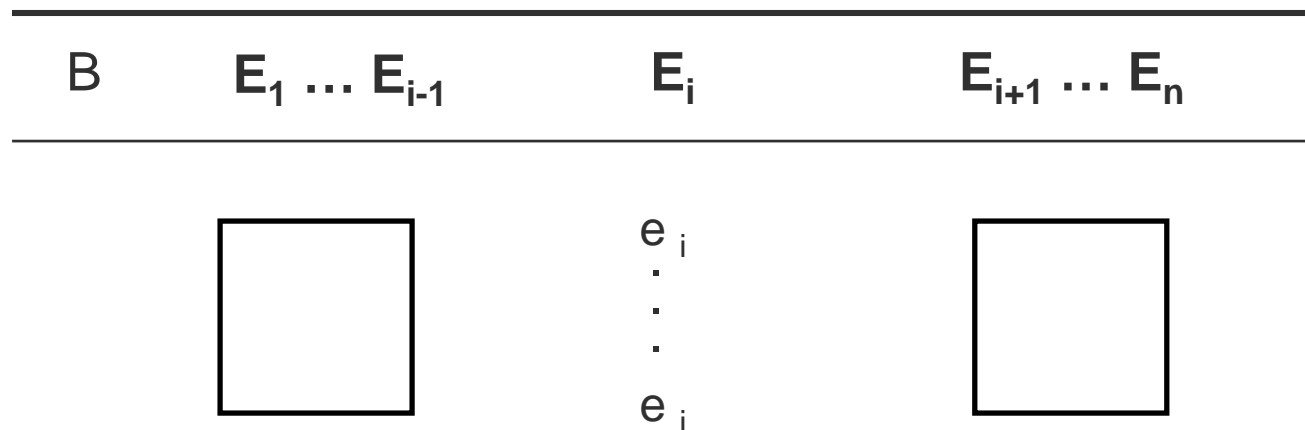


AIFB

24.05.2017

Die (min, max)-Kardinalität (von E_i in B):

- mindestens α_i
 - höchstens β_i
- } $\text{card}(E_i, B) = (\alpha_i, \beta_i)$
 $0 \leq \alpha_i \leq \beta_i; \beta_i \geq 1$
 $\beta_i = *$ für „beliebig viele“



Folgerung: $\beta_i = 1 \Leftrightarrow E_i$ Schlüssel von B



2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(4|9)

Schreibweisen:

„*“ = beliebig viele

(1,1): ein Entity hat zu einem bestimmten Zeitpunkt **genau eine** Beziehung.

(0, *): ein Entity kann zu jedem Zeitpunkt **beliebig viele** Beziehungen haben;
muss aber nicht in einer Beziehung stehen.

üblich: (0,1), (0, *), (1,1), (1, *)

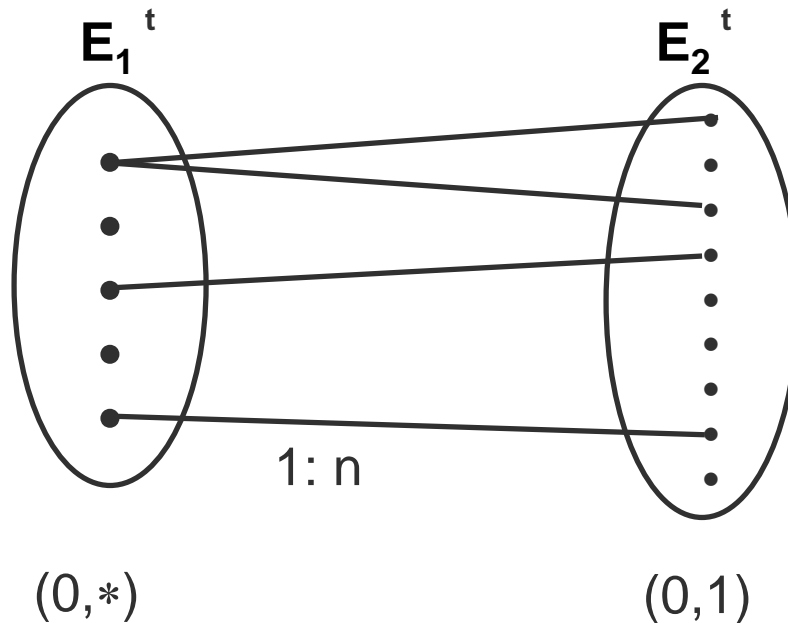
(d.h. im allg. Beschränkung auf diese Spezialfälle)



2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(5|9)

Zusammenhang “:“ zu “(min / max)“ bei Grad 2



2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(6|9)

Zusammenhang “:“ zu “(min / max)“ bei Grad 2

E_1		E_2
	1:1	
(0,1)		(0,1)
(1,1)		(1,1)
	1:n	
(0,*)		(0,1)
(1,*)		(1,1)
	n:m	
(0,*)		(0,*)
(1,*)		(1,*)

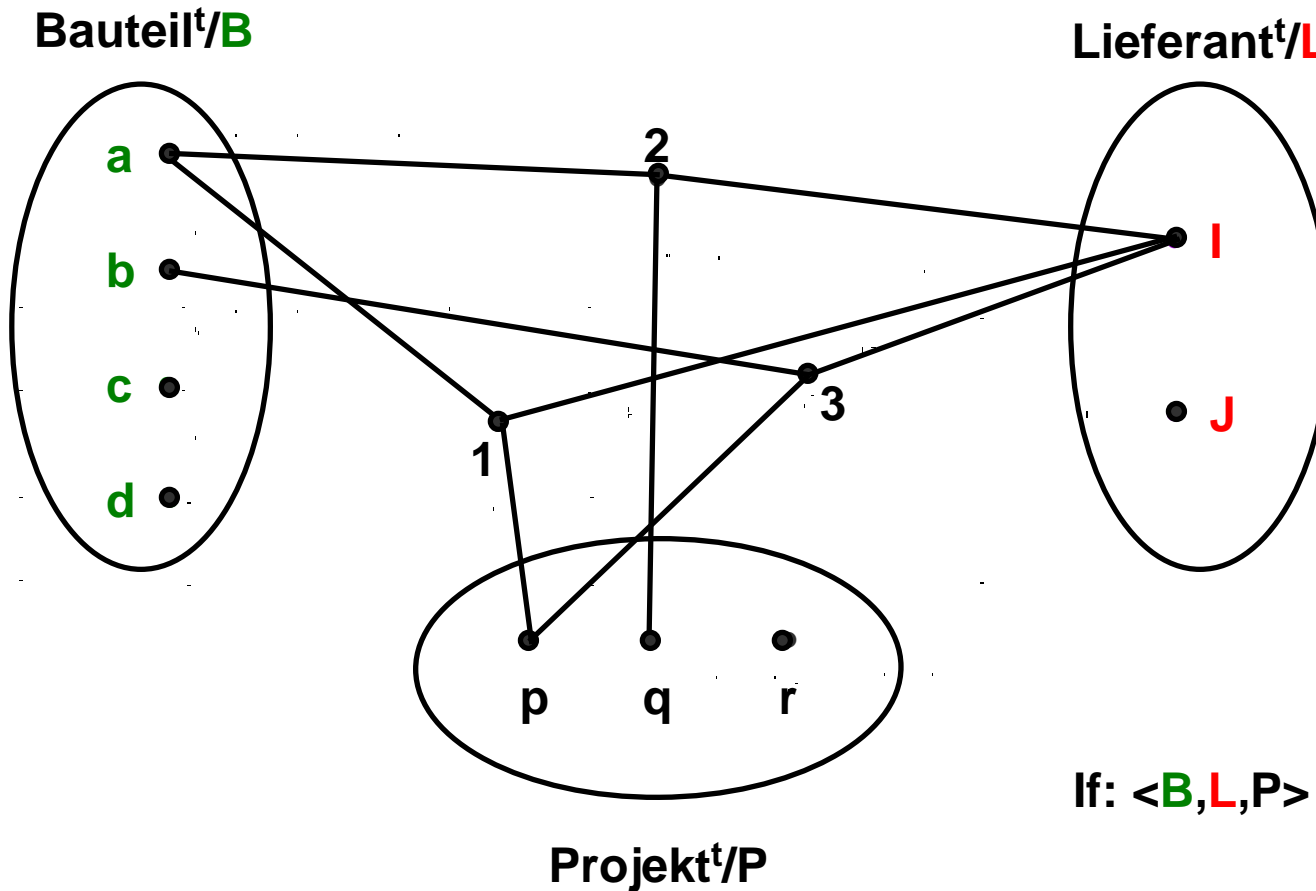


2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(7|9)

Grad=3

Beispiel 2.8: (Beispiel von 2.1.9 (12/15) mit Einschränkung (2) von 2.1.9 (13/15))



2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(8|9)

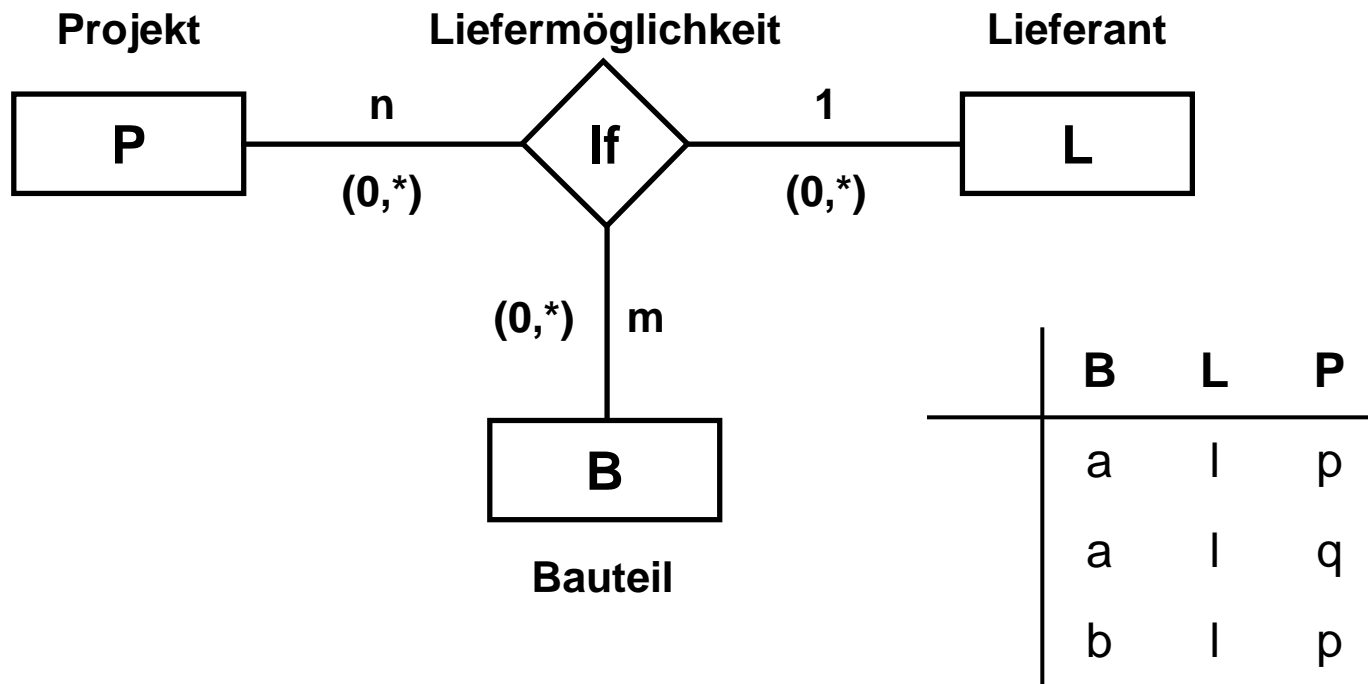


AIFB

24.05.2017

Fortsetzung von Beispiel 2.8:

Beziehung I_f : $\langle B, L, P \rangle$



Sachverhalt $n : 1 : m$ (d.h. daß P,B identifizierend für I_f sind) ist mit (min,max) nicht darstellbar !

2.2.1 Erweiterung bzgl. der Kardinalität (min, max) - Kardinalität

(9|9)

Beispiel 2.9: „ER-Diagramm“ (Ausschnitt aus einem Unternehmen)

Beziehungstypen :

4 ist Angehöriger von

5 wird geleitet von

1 ist Mitarbeiter an

2 ist Projektleiter von

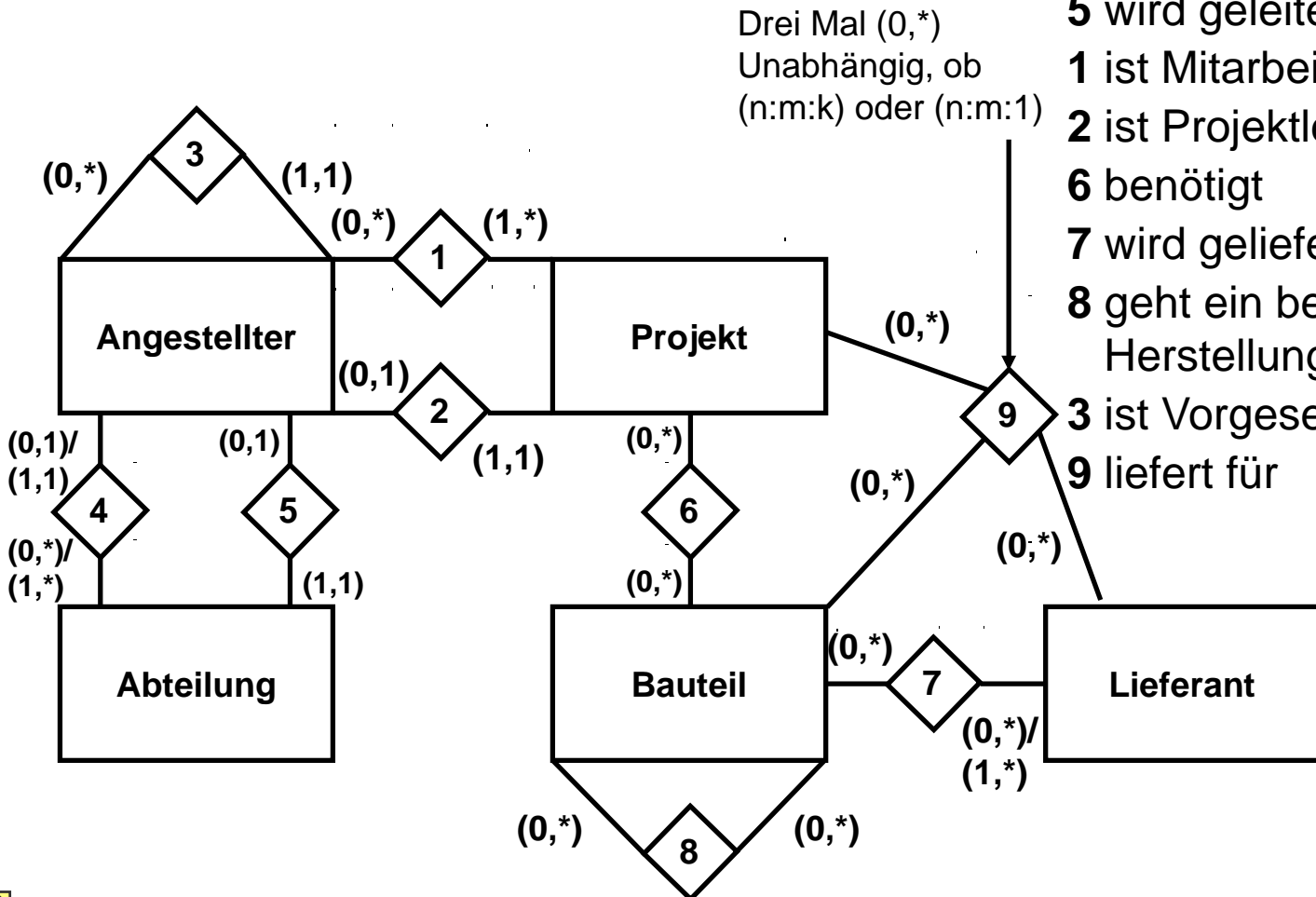
6 benötigt

7 wird geliefert von

8 geht ein bei der
Herstellung von

3 ist Vorgesetzter von

9 liefert für



AIFB

24.05.2017



2.2.2 Erweiterung bzgl. spezieller Beziehungstypen

(1|9)

- Das ER-Modell wurde von verschiedenen Autoren erweitert.
- Erweiterungen unterscheiden sich sowohl von den Konzepten, als auch in der grafischen Notation, wobei z.T. für gleiche Konzepte unterschiedliche Notationen auftreten.
- Die häufigste Erweiterung ist:

Generalisierung / Spezialisierung



AIFB

24.05.2017



Generalisierung/Spezialisierung

Ein Entity-Typ ist eine Zusammenfassung ähnlicher Entities. Oft läßt sich diese Menge in **Untergruppen** aufteilen.

Diese **Untergruppen** sind gekennzeichnet durch Eigenschaften, die nicht allen Entities eines Typs gemeinsam sind.

ANGEST: <PersNr, Name, Gehalt>

WISS_ANGEST: < Attribute wie ANGEST, **Fachgebiet** >

HIWI: < Attribute wie ANGEST, **Matrikel-Nr** >

WISS_ANGEST und HIWI sind Untergruppen (Unterklassen) von ANGEST.



2.2.2 Erweiterung bzgl. spezieller Beziehungstypen

(5|9)

Definition:

$S = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ (alle E_i paarweise verschieden) ist eine **Spezialisierung** von E bzw. E ist eine **Generalisierung** von S ,

wenn

$$\forall \text{ Zeitpunkt } t: \cup_i E_i^t \subseteq E^t \quad (\text{„is-a“-Beziehung zwischen } E_i \text{ und } E)$$

für jeden **Subtyp** E_i von E gilt:

- $E_i^t \subseteq E^t$ zu jedem Zeitpunkt t .
- E_i hat denselben Primärschlüssel wie E
sogar: *Jeder* Schlüssel von E ist auch Schlüssel von E_i .
- Subtyp E_i hat insgesamt mindestens soviel Attribute wie E ,
i.a. mehr (Zusatzattribute).
Die Attribute von E werden an die Subtypen E_i **vererbt**.



2.2.2 Erweiterung bzgl. spezieller Beziehungstypen

(6|9)



AIFB

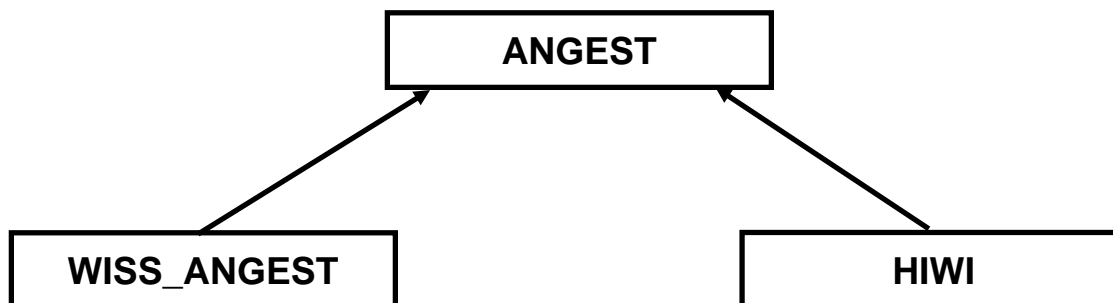
24.05.2017

Grafische Notation:

- Spezialisierung von Angestellte in die Subtypen Wiss.-Angestellte und HiWi

bzw.

- Generalisierung von HiWi oder Wiss.-Angestellte zu Angestellter



2.2.2 Erweiterung bzgl. spezieller Beziehungstypen

(8|9)

Generalisierungen/Spezialisierungen können weiter unterschieden werden:

- Wenn $E_1^t \cup E_2^t \cup \dots \cup E_n^t = E^t$ ist, dann ist S eine **vollständige** Spezialisierung (sonst: **partielle** Spezialisierung)
- Wenn alle E_i paarweise disjunkt sind, d.h. $E_i^t \cap E_j^t = \emptyset$ für $i \neq j$ und $\forall t$, dann ist S eine **disjunkte** Spezialisierung (sonst: **überlappende** Spezialisierung)

Beispiel 2.10:

STUDENTEN_MIT_VORDIPLOM

STUDENTEN_OHNE_VORDIPLOM

ist eine vollständige und disjunkte Spezialisierung von STUDENTEN.



2.2.2 Erweiterung bzgl. spezieller Beziehungstypen

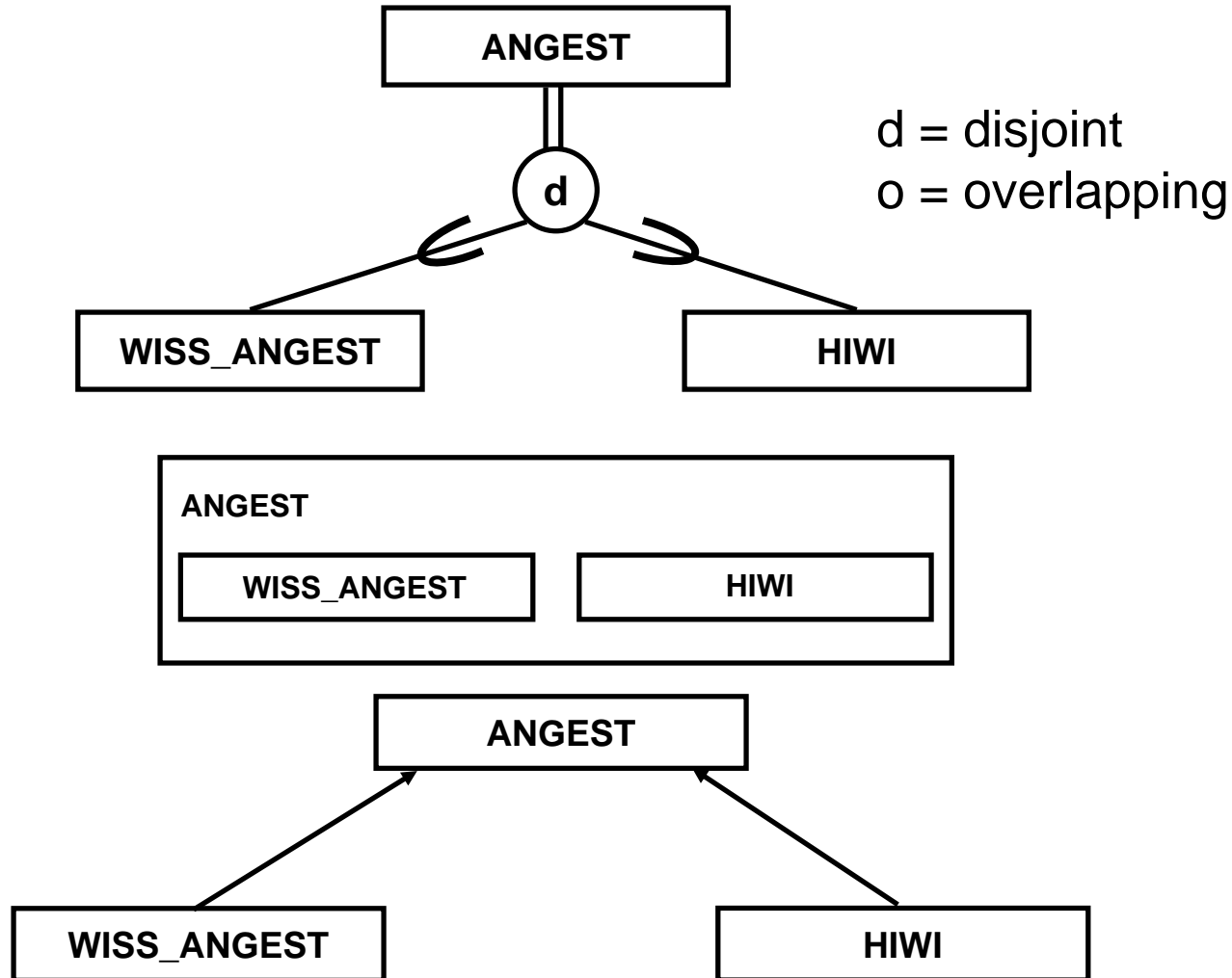
(9|9)



AIFB

24.05.2017

Grafische Notationen:





2 Das Entity-Relationship-Modell

2.1	Das Grundmodell.....	2
2.2	Erweiterungen des ER-Modells	58
2.3	Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata	77
2.3.1	Ein Modellierungsbeispiel	85

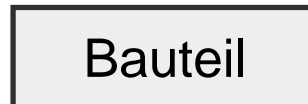


2.3 Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata

(1|7)

1. Man beginne mit „leicht erkennbaren natürlichen Objekten“ (Personen und konkreten Gegenständen) und fasse diese zu Objekttypen zusammen. (etwa Substantive in einem beschreibenden Text).

Beispiel:



2. Man sammle zu jedem Objekttyp relevante Attribute und definiere die entsprechenden Wertebereiche.



2.3 Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata

(2|7)

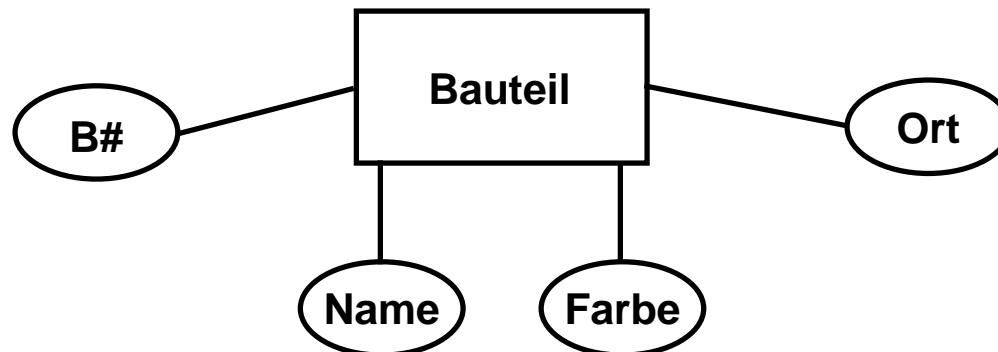
3. Man ordne jedem **Objektyp** alle **Attribute** zu, für die gilt:

Zwischen Attributwert und Objekten besteht eine

1:1 - oder

1:n – Beziehung

Beispiel:



4. Man bestimme den **Schlüssel**:

- Alle Attribute mit 1:1 - Beziehung sind Schlüssel
- Gibt es keine solchen Attribute, so
 - wähle eine Attributkombination mit Schlüsseleigenschaft

oder

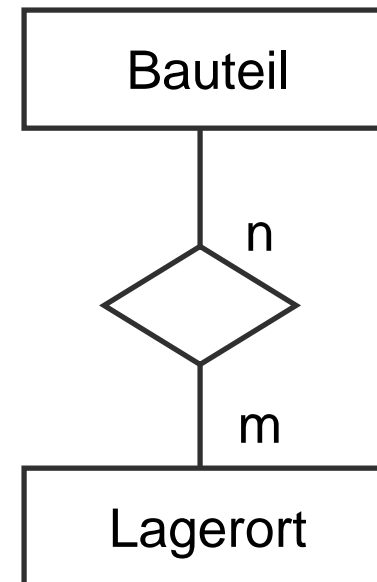
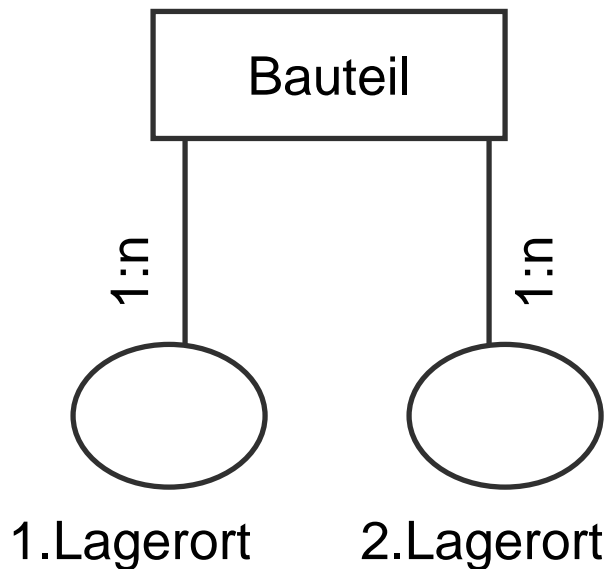
- führe zusätzliches Attribut mit Schlüsseleigenschaft ein (1:1 Beziehung)
(alleine oder in Kombination mit anderen).



2.3 Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata

(4|7)

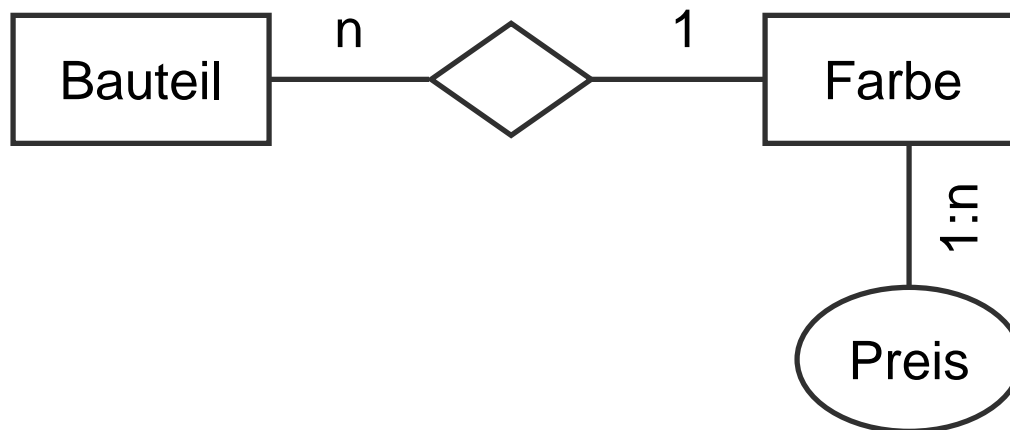
5. Stellt man fest, daß zwischen den Werten eines vermeintlichen Attributes und den Objekten eines Typs eine n:m - Beziehung besteht, dann
- führe man zusätzliche Attribute ein
(nur sinnvoll, wenn alle - oder fast alle – Objekte entsprechende Werte annehmen)
- oder
- fasse dieses Attribut als Objekttyp auf
(mit zusätzlichem Beziehungstyp)



2.3 Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata

(5|7)

6. Stellt man fest, daß ein vermeintliches Attribut selbst Attribute hat, so ist dieses Attribut als Objekttyp aufzufassen.



2.3 Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata

(6|7)

7. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist es oft günstiger, die Attribute der Objekttypen nur in den Diagrammen der einzelnen Benutzersichten, nicht aber im „Unternehmens-Modell“ (ER-Diagramm für das ganze Unternehmen) grafisch darzustellen.
8. Bildung von / Ergänzung um Beziehungstypen (ggf. mit Attributen)
z.B. durch Textanalyse („alle Verben prüfen“)



AIFB

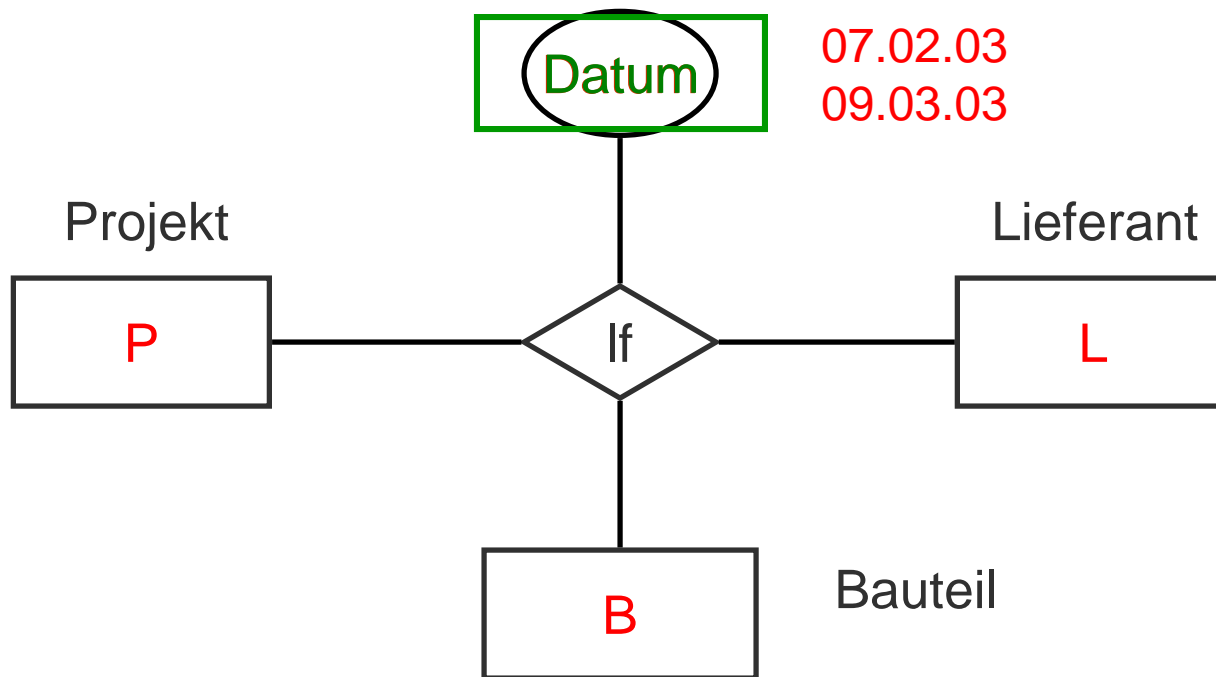
24.05.2017



2.3 Hinweise für den Aufbau von ER-Schemata

(7|7)

9. Stellt man fest, daß ein vermeintliches Attribut a einer Beziehung dort zum Schlüssel gehört, so ist a als Objekttyp aufzufassen.



Schlüssel: Bauteil Lieferant Projekt (i.a.)

evtl. aber: Bauteil Lieferant Projekt Datum



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(1|11)

Ein Unternehmen möchte alle relevanten Daten mit Hilfe eines Datenbanksystems verwalten. Deshalb wurden die Struktur des Unternehmens und die Anforderungen an das Informationssystem in einem Text skizziert. Dieser Text dient als Grundlage für die Modellierung mittels eines ER-Diagramms:

Das Unternehmen ist hierarchisch gegliedert. Es besteht aus verschiedenen Unternehmensbereichen (Elektro, KFZ, ...), die auf Betriebe verteilt sind, die sich an verschiedenen Standorten befinden. An einem Standort befindet sich nur jeweils ein Betrieb. Zu jedem Betrieb soll der Betriebsleiter und das Personalbudget, sowie die zum Betrieb gehörenden Gebäude festgehalten werden.



AIFB

24.05.2017

ER-Modell



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(2|11)

Zu jedem Standort sollten sowohl die Postanschrift, als auch die geografischen Koordinaten gespeichert werden. Letztere dienen der Tourenplanung mittels eines GPS (Global Positioning System).

Die Abteilungen des Unternehmens sind jeweils geschlossen in einem Gebäude untergebracht, um kurze Wege zu gewährleisten.

Zu den zur Verwaltung der Mitarbeiter notwendigen Informationen gehören neben Personal-Nummer, Name und Gehalt auch die Zugehörigkeit zu Unternehmensbereich, Betrieb und Abteilung, sowie das Gebäude in dem sich der Arbeitsplatz befindet.

Die Aufgaben der Firma sind stark projektbezogen. Deshalb sind für eine Projektverwaltung alle Projekte, Projektleiter und die zugehörigen Mitarbeiter zu speichern. Da manche Mitarbeiter parallel an verschiedenen Projekten arbeiten, ist auch der prozentuale Anteil der Arbeitszeit, mit dem an einem Projekt gearbeitet wird, von Bedeutung.



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(3|11)

Substantive

Das Unternehmen ist hierarchisch gegliedert. Es besteht aus verschiedenen **Unternehmensbereichen** (Elektro, KFZ, ...), die auf **Betriebe** verteilt sind, die sich an verschiedenen **Standorten** befinden. An einem Standort befindet sich nur jeweils ein Betrieb. Zu jedem Betrieb soll der **Betriebsleiter** und das Personalbudget, sowie die zum Betrieb gehörenden **Gebäude** festgehalten werden.



AIFB

24.05.2017

ER-Modell



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(4|11)

Zu jedem Standort sollten sowohl die Postanschrift, als auch die geografischen Koordinaten gespeichert werden. Letztere dienen der Tourenplanung mittels eines GPS (Global Positioning System).

Die **Abteilungen** des Unternehmens sind jeweils geschlossen in einem Gebäude untergebracht, um kurze Wege zu gewährleisten.

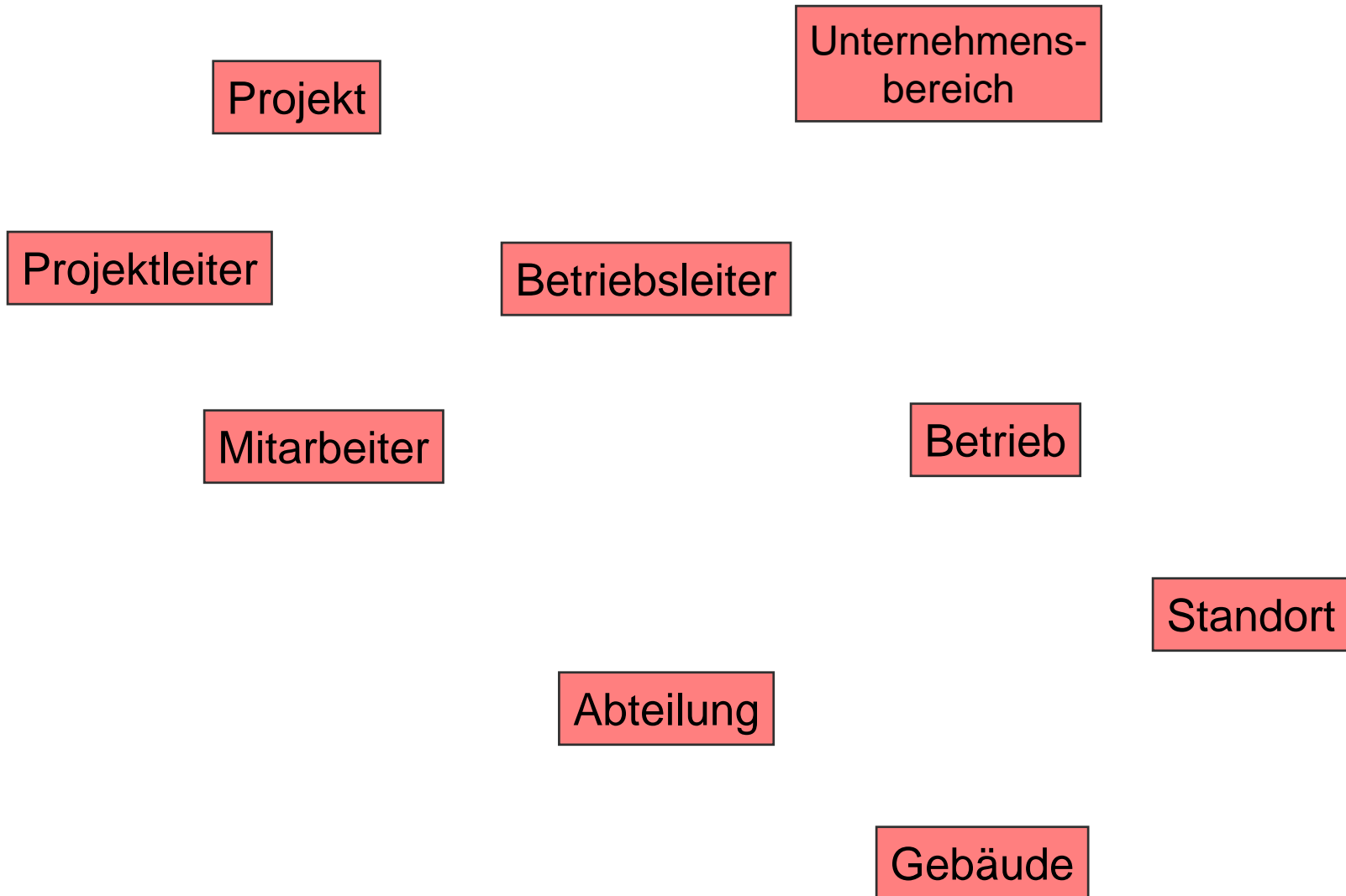
Zu den zur Verwaltung der **Mitarbeiter** notwendigen Informationen gehören neben Personal-Nummer, Name und Gehalt auch die Zugehörigkeit zu Unternehmensbereich, Betrieb und Abteilung, sowie das Gebäude in dem sich der Arbeitsplatz befindet.

Die Aufgaben der Firma sind stark projektbezogen. Deshalb sind für eine Projektverwaltung alle **Projekte**, **Projektleiter** und die zugehörigen Mitarbeiter zu speichern. Da manche Mitarbeiter parallel an verschiedenen Projekten arbeiten, ist auch der prozentuale Anteil der Arbeitszeit, mit dem an einem Projekt gearbeitet wird, von Bedeutung.



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(5|11)



AIFB

24.05.2017

ER-Modell

2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(6|11)

Attribute

Das Unternehmen ist hierarchisch gegliedert. Es besteht aus verschiedenen **Unternehmensbereichen** (Elektro, KFZ, ...), die auf **Betriebe** verteilt sind, die sich an verschiedenen **Standorten** befinden. An einem Standort befindet sich bislang nur jeweils ein Betrieb. Zu jedem Betrieb soll der **Betriebsleiter** und das **Personalbudget**, sowie die zum Betrieb gehörenden **Gebäude** festgehalten werden.



AIFB

24.05.2017

ER-Modell



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(7|11)

Zu jedem Standort sollten sowohl die **Postanschrift**, als auch die **geografischen Koordinaten** gespeichert werden. Letztere dienen der Tourenplanung mittels eines GPS (Global Positioning System).

Die **Abteilungen** des Unternehmens sind jeweils geschlossen in einem Gebäude untergebracht, um kurze Wege zu gewährleisten.

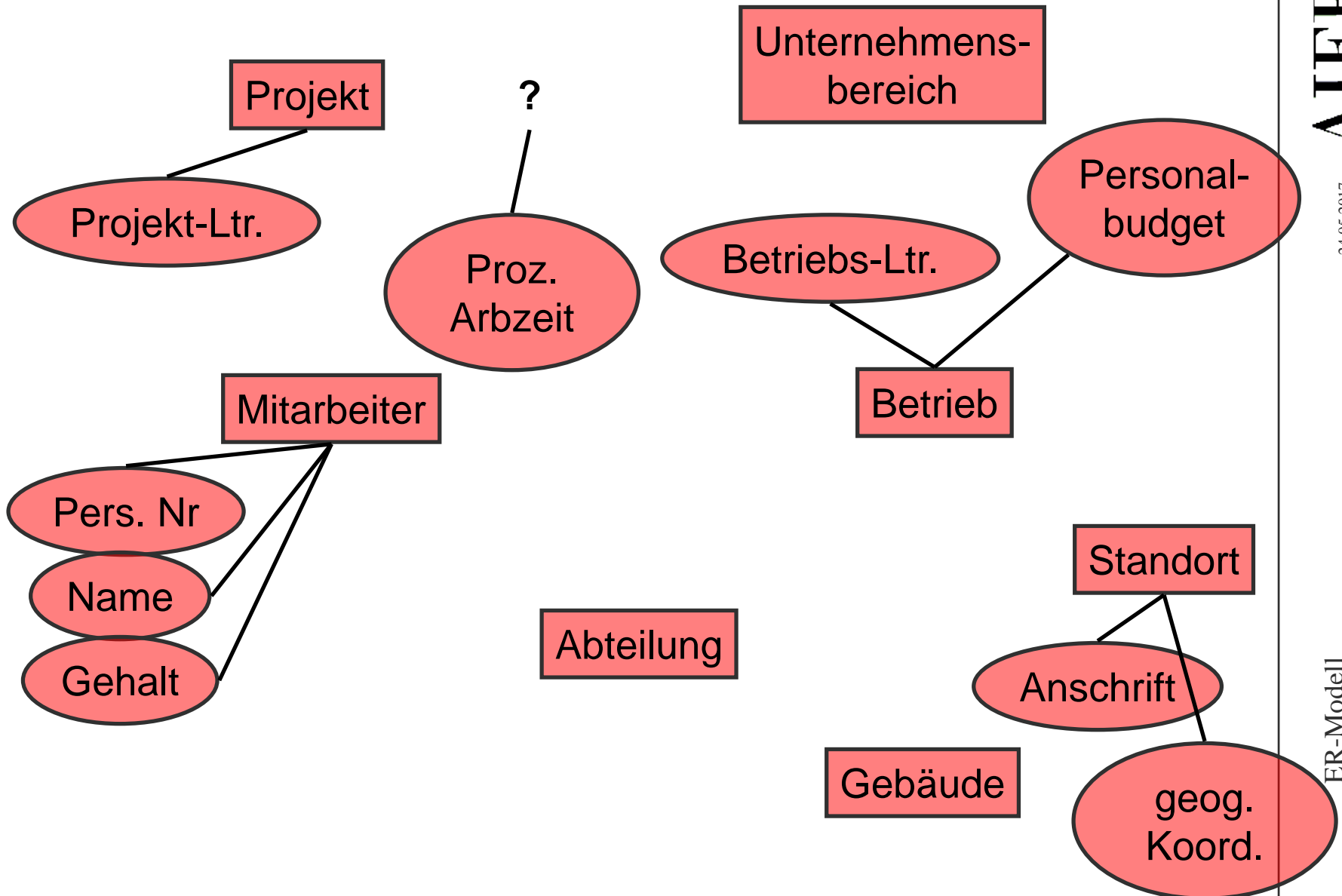
Zu den zur Verwaltung der **Mitarbeiter** notwendigen Informationen gehören neben **Personal-Nummer**, **Name** und **Gehalt** auch die Zugehörigkeit zu Unternehmensbereich, Betrieb und Abteilung, sowie das Gebäude in dem sich der Arbeitsplatz befindet.

Die Aufgaben der Firma sind stark projektbezogen. Deshalb sind für eine Projektverwaltung alle **Projekte**, **Projektleiter** und die zugehörigen Mitarbeiter zu speichern. Da manche Mitarbeiter parallel an verschiedenen Projekten arbeiten, ist auch der **prozentuale Anteil der Arbeitszeit**, mit dem an einem Projekt gearbeitet wird, von Bedeutung.



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(8|11)



AIFB

24.05.2017

ER-Modell

Beziehungen

Das Unternehmen ist hierarchisch gegliedert. Es besteht aus verschiedenen **Unternehmensbereichen** (Elektro, KFZ, ...), die auf

- ① **Betriebe** verteilt sind, die sich an verschiedenen **Standorten**
- ② **befinden**. An einem Standort befindet sich bislang nur jeweils ein
- ③ **Betrieb**. Zu jedem Betrieb soll der **Betriebsleiter** und das
- ④ **Personalbudget**, sowie die **zum Betrieb gehörenden Gebäude** festgehalten werden.



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(10|11)

Zu jedem Standort sollten sowohl die **Postanschrift**, als auch die **geografischen Koordinaten** gespeichert werden. Letztere dienen der Tourenplanung mittels eines GPS (Global Positioning System).

Die **Abteilungen** des Unternehmens sind jeweils geschlossen in einem Gebäude **untergebracht**, um kurze Wege zu gewährleisten.

⑤

Zu den zur Verwaltung der **Mitarbeiter** notwendigen Informationen gehören neben **Personal-Nummer**, **Name** und **Gehalt** auch die

⑥ **Zugehörigkeit** zu Unternehmensbereich, Betrieb und Abteilung, sowie das Gebäude in dem sich der Arbeitsplatz befindet.

Die Aufgaben der Firma sind stark projektbezogen. Deshalb sind für

⑦ eine Projektverwaltung alle **Projekte**, **Projektleiter** und die

⑧ **zugehörigen Mitarbeiter** zu speichern. Da manche Mitarbeiter parallel an verschiedenen Projekten arbeiten, ist auch der **prozentuale Anteil der Arbeitszeit**, mit dem an einem Projekt gearbeitet wird, von Bedeutung.



2.3.1 Ein Modellierungsbeispiel

(11|11)

