# Kapitel 11

# Relationale Entwurfstheorie

## 11.1 Funktionale Abhängigkeiten

Gegeben sei ein Relationenschema $\mathcal{R}$ mit einer Ausprägung *R*. Eine *funktionale Abhängigkeit* (engl. *functional dependency*) stellt eine Bedingung an die möglichen gültigen Ausprägungen des Datenbankschemas dar. Eine funktionale Abhängigkeit, oft abgekürzt als FD, wird dargestellt als

$$\alpha \rightarrow \beta$$

Die griechischen Buchstaben $\alpha$ und $\beta$ repräsentieren Mengen von Attributen. Es sind nur solche Ausprägungen zulässig, für die gilt:

$$\vee\, r, t \in R: \; r.\alpha = t.\alpha \Rightarrow r.\beta = t.\beta$$

D. h., wenn zwei Tupel gleiche Werte für alle Attribute in $\alpha$ haben, dann müssen auch ihre $\beta$-Werte übereinstimmen. Anders ausgedrückt: Die $\alpha$-Werte bestimmen eindeutig die $\beta$-Werte; die $\beta$-Werte sind funktional abhängig von den $\alpha$-Werten.

Die nächste Tabelle zeigt ein Relationenschema $\mathcal{R}$ über der Attributmenge {*A, B, C, D*}.

| *R* | | | |
|---|---|---|---|
| *A* | *B* | *C* | *D* |
| $a_4$ | $b_2$ | $c_4$ | $d_3$ |
| $a_1$ | $b_1$ | $c_1$ | $d_1$ |
| $a_1$ | $b_1$ | $c_1$ | $d_2$ |
| $a_2$ | $b_2$ | $c_3$ | $d_2$ |
| $a_3$ | $b_2$ | $c_4$ | $d_3$ |

Aus der momentanen Ausprägung lassen sich z. B. die funktionalen Abhängigkeiten $\{A\} \rightarrow \{B\}, \{A\} \rightarrow \{C\}, \{C, D\} \rightarrow \{B\}$ erkennen, hingegen gilt nicht $\{B\} \rightarrow \{C\}$.

Ob diese Abhängigkeiten vom Designer der Relation als semantische Konsistenzbedingung verlangt wurden, läßt sich durch Inspektion der Tabelle allerdings nicht feststellen.

Statt $\{C, D\} \to \{B\}$ schreiben wir auch $CD \to B$. Statt $\alpha \cup \beta$ schreiben wir auch $\alpha\beta$.

Ein einfacher Algorithmus zum Überprüfen einer (vermuteten) funktionalen Abhängigkeit $\alpha \to \beta$ in der Relation $R$ lautet:

1. sortiere *R* nach $\alpha$-Werten
2. falls alle Gruppen bestehend aus Tupeln mit gleichen $\alpha$-Werten auch gleiche $\beta$-Werte aufweisen, dann gilt $\alpha \to \beta$, sonst nicht.

## 11.2 Schlüssel

In dem Relationenschema $\mathcal{R}$ ist $\alpha \subseteq \mathcal{R}$ ein *Superschlüssel*, falls gilt

$$\alpha \to \mathcal{R}$$

Der Begriff Superschlüssel besagt, daß alle Attribute von $\alpha$ abhängen aber noch nichts darüber bekannt ist, ob $\alpha$ eine minimale Menge von Attributen enthält.

Wir sagen: $\beta$ ist *voll funktional abhängig* von $\alpha$, in Zeichen $\alpha \dot{\to} \beta$, falls gilt

1. $\alpha \to \beta$
2. $\forall A \in \alpha : \alpha - \{A\} \not\to \beta$

In diesem Falle heißt $\alpha$ *Schlüsselkandidat*. Einer der Schlüsselkandidaten wird als *Primärschlüssel* ausgezeichnet.

Folgende Tabelle zeigt die Relation *Städte*:

| Städte | | | |
|---|---|---|---|
| Name | BLand | Vorwahl | EW |
| Frankfurt | Hessen | 069 | 650000 |
| Frankfurt | Brandenburg | 0335 | 84000 |
| München | Bayern | 089 | 1200000 |
| Passau | Bayern | 0851 | 50000 |
| ... | ... | ... | ... |

Offenbar gibt es zwei Schlüsselkandidaten:

1. {Name, BLand}
2. {Name, Vorwahl}

## 11.3 Bestimmung funktionaler Abhängigkeiten

Wir betrachten folgendes Relationenschema:

ProfessorenAdr : {[PersNr, Name, Rang, Raum,
Ort, Straße, PLZ, Vorwahl, BLand, Landesregierung]}

Hierbei sei *Ort* der eindeutige Erstwohnsitz des Professors, die *Landesregierung* sei die eindeutige Partei des Ministerpräsidenten, *BLand* sei der Name des Bundeslandes, eine Postleitzahl (*PLZ*) ändere sich nicht innerhalb einer Straße, Städte und Straßen gehen nicht über Bundesgrenzen hinweg.

Folgende Abhängigkeiten gelten:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | {PersNr} | $\rightarrow$ | {PersNr, Name, Rang, Raum, Ort, Straße, PLZ, Vorwahl, BLand, EW, Landesregierung} |
| 2. | {Ort, BLand} | $\rightarrow$ | {Vorwahl} |
| 3. | {PLZ} | $\rightarrow$ | {BLand, Ort} |
| 4. | {Ort, BLand, Straße} | $\rightarrow$ | {PLZ} |
| 5. | {BLand} | $\rightarrow$ | {Landesregierung} |
| 6. | {Raum} | $\rightarrow$ | {PersNr} |

Hieraus können weitere Abhängigkeiten abgeleitet werden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7. | {Raum} | $\rightarrow$ | {PersNr, Name, Rang, Raum, Ort, Straße, PLZ, Vorwahl, BLand, Landesregierung} |
| 8. | {PLZ} | $\rightarrow$ | {Landesregierung} |

Bei einer gegebenen Menge $F$ von funktionalen Abhängigkeiten über der Attributmenge $U$ interessiert uns die Menge $F^+$ aller aus $F$ ableitbaren funktionalen Abhängigkeiten, auch genannt die *Hülle* (engl. *closure*) von $F$.

Zur Bestimmung der Hülle reichen folgende *Inferenzregeln*, genannt *Armstrong Axiome*, aus:

- Reflexivität: Aus $\beta \subseteq \alpha$ folgt: $\alpha \rightarrow \beta$
- Verstärkung: Aus $\alpha \rightarrow \beta$ folgt: $\alpha\gamma \rightarrow \beta\gamma$ für $\gamma \subseteq U$
- Transitivität: Aus $\alpha \rightarrow \beta$ und $\beta \rightarrow \gamma$ folgt: $\alpha \rightarrow \gamma$

Die Armstrong-Axiome sind *sound* (korrekt) und *complete* (vollständig). Korrekt bedeutet, daß nur solche FDs abgeleitet werden, die von jeder Ausprägung erfüllt sind, für die $F$ erfüllt ist. Vollständig bedeutet, daß sich alle Abhängigkeiten ableiten lassen, die durch $F$ logisch impliziert werden.

Weitere Axiome lassen sich ableiten:

- Vereinigung: Aus $\alpha \rightarrow \beta$ und $\alpha \rightarrow \gamma$ folgt: $\alpha \rightarrow \beta\gamma$
- Dekomposition: Aus $\alpha \rightarrow \beta\gamma$ folgt: $\alpha \rightarrow \beta$ und $\alpha \rightarrow \gamma$
- Pseudotransitivität: Aus $\alpha \rightarrow \beta$ und $\gamma\beta \rightarrow \delta$ folgt $\alpha\gamma \rightarrow \delta$

Wir wollen zeigen: $\{PLZ\} \rightarrow \{Landesregierung\}$ läßt sich aus den FDs 1-6 für das Relationenschema *ProfessorenAdr* herleiten:

- $\{$PLZ$\} \rightarrow \{$BLand$\}$ (Dekomposition von FD Nr.3)
- $\{$BLand$\} \rightarrow \{$Landesregierung$\}$ (FD Nr.6)
- $\{$PLZ$\} \rightarrow \{$Landesregierung$\}$ (Transitivität)

Oft ist man an der Menge von Attributen $\alpha^+$ interessiert, die von $\alpha$ gemäß der Menge $F$ von FDs funktional bestimmt werden:

$$\alpha^+ := \{\beta \subseteq U \mid \alpha \rightarrow \beta \in F^+\}$$

Es gilt der Satz:

$$\alpha \rightarrow \beta \text{ folgt aus Armstrongaxiomen genau dann wenn } \beta \in \alpha^+.$$

Die Menge $\alpha^+$ kann aus einer Menge $F$ von FDs und einer Menge von Attributen $\alpha$ wie folgt bestimmt werden:

$$X^0 := \alpha$$

$$X^{i+1} := X^i \cup \gamma \;\; falls\; \beta \rightarrow \gamma \in F \wedge \beta \subseteq X^i$$

D. h. von einer Abhängigkeit $\beta \rightarrow \gamma$, deren linke Seite schon in der Lösungsmenge enthalten ist, wird die rechte Seite hinzugefügt. Der Algorithmus wird beendet, wenn keine Veränderung mehr zu erzielen ist, d. h. wenn gilt: $X^{i+1} = X^i$.

**Beispiel** :

$$\begin{array}{rlcl}
\text{Sei} & U & = & \{A, B, C, D, E, G\} \\
\text{Sei} & F & = & \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, BC \rightarrow D, ACD \rightarrow B, \\
 & & & D \rightarrow EG, BE \rightarrow C, CG \rightarrow BD, CE \rightarrow AG\} \\
\text{Sei} & X & = & \{B, D\} \\
 & X^0 & = & BD \\
 & X^1 & = & BDEG \\
 & X^2 & = & BCDEG \\
 & X^3 & = & ABCDEG = X^4, \text{ Abbruch.} \\
\text{Also:} & (BD)^+ & = & ABCDEG
\end{array}$$

Zwei Mengen $F$ und $G$ von funktionalen Abhängigkeiten heißen genau dann *äquivalent* (in Zeichen $F \equiv G$), wenn ihre Hüllen gleich sind:

$$F \equiv G \Leftrightarrow F^+ = G^+$$

Zum Testen, ob $F^+ = G^+$, muß für jede Abhängigkeit $\alpha \rightarrow \beta \in F$ überprüft werden, ob gilt: $\alpha \rightarrow \beta \in G^+$, d. h. $\beta \subseteq \alpha^+$. Analog muß für die Abhängigkeiten $\gamma \rightarrow \delta \in G$ verfahren werden.

Zu einer gegebenen Menge $F$ von FDs interessiert oft eine kleinstmögliche äquivalente Menge von FDs.

Eine Menge von funktionalen Abhängigkeiten heißt minimal $\Leftrightarrow$

1. Jede rechte Seite hat nur ein Attribut.
2. Weglassen einer Abhängigkeit aus $F$ verändert $F^+$.
3. Weglassen eines Attributs in der linken Seite verändert $F^+$.

Konstruktion der minimalen Abhängigkeitsmenge geschieht durch Aufsplitten der rechten Seiten und durch probeweises Entfernen von Regeln bzw. von Attributen auf der linken Seite.

**Beispiel** :

$$\text{Sei } U = \{A, B, C, D, E, G\} \qquad \text{Sei } F = \{ \begin{array}{lclll} AB & \to & C, & D \to EG \\ C & \to & A, & BE \to C, \\ BC & \to & D, & CG \to BD, \\ ACD & \to & B, & CE \to AG \} \end{array}$$

Aufspalten der rechten Seiten liefert

$$\begin{array}{ccc} AB & \to & C \\ C & \to & A \\ BC & \to & D \\ ACD & \to & B \\ D & \to & E \\ D & \to & G \\ BE & \to & C \\ CG & \to & B \\ CG & \to & D \\ CE & \to & A \\ CE & \to & G \end{array}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Regel | $CE \to A$ | ist redundant wegen | $C \to A$ |
| | $CG \to B$ | ist redundant wegen | $CG \to D$ <br> $C \to A$ <br> $ACD \to B$ |
| Regel | $ACD \to B$ | kann gekürzt werden zu | $CD \to B$, wegen $C \to A$ |

## 11.4 Schlechte Relationenschemata

Als Beispiel für einen schlechten Entwurf zeigen wir die Relation *ProfVorl*:

| ProfVorl | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PersNr | Name | Rang | Raum | VorlNr | Titel | SWS |
| 2125 | Sokrates | C4 | 226 | 5041 | Ethik | 4 |
| 2125 | Sokrates | C4 | 226 | 5049 | Mäutik | 2 |
| 2125 | Sokrates | C4 | 226 | 4052 | Logik | 4 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2132 | Popper | C3 | 52 | 5259 | Der Wiener Kreis | 2 |
| 2137 | Kant | C4 | 7 | 4630 | Die 3 Kritiken | 4 |

Folgende Anomalien treten auf:

- Update-Anomalie:
  Angaben zu den Räumen eines Professors müssen mehrfach gehalten werden.
- Insert-Anomalie:
  Ein Professor kann nur mit Vorlesung eingetragen werden (oder es entstehen NULL-Werte).
- Delete-Anomalie:
  Das Entfernen der letzten Vorlesung eines Professors entfernt auch den Professor (oder es müssen NULL-Werte gesetzt werden).

## 11.5 Zerlegung von Relationen

Unter *Normalisierung* verstehen wir die Zerlegung eines Relationenschemas $\mathcal{R}$ in die Relationenschemata $\mathcal{R}_1, \mathcal{R}_2, \ldots \mathcal{R}_n$, die jeweils nur eine Teilmenge der Attribute von $\mathcal{R}$ aufweisen, d. h. $\mathcal{R}_i \subseteq \mathcal{R}$. Verlangt werden hierbei

- Verlustlosigkeit:
  Die in der ursprünglichen Ausprägung *R* des Schemas $\mathcal{R}$ enthaltenen Informationen müssen aus den Ausprägungen $R_1, \ldots, R_n$ der neuen Schemata $\mathcal{R}_1, \mathcal{R}_2, \ldots \mathcal{R}_n$ rekonstruierbar sein.
- Abhängigkeitserhaltung: Die für $\mathcal{R}$ geltenden funktionalen Abhängigkeiten müssen auf die Schemata $\mathcal{R}_1, \ldots, \mathcal{R}_n$ übertragbar sein.

Wir betrachten die Zerlegung in zwei Relationenschemata. Dafür muß gelten $\mathcal{R} = \mathcal{R}_1 \cup \mathcal{R}_2$. Für eine Ausprägung *R* von $\mathcal{R}$ definieren wir die Ausprägung $R_1$ von $\mathcal{R}_1$ und $R_2$ von $\mathcal{R}_2$ wie folgt:

$$R_1 := \Pi_{\mathcal{R}_1}(R)$$

$$R_2 := \Pi_{\mathcal{R}_2}(R)$$

Eine Zerlegung von $\mathcal{R}$ in $\mathcal{R}_1$ und $\mathcal{R}_2$ heißt *verlustlos*, falls für jede gültige Ausprägung *R* von $\mathcal{R}$ gilt:

$$R = R_1 \bowtie R_2$$

Es folgt eine Relation *Biertrinker*, die in zwei Tabellen zerlegt wurde. Der aus den Zerlegungen gebildete natürliche Verbund weicht vom Original ab. Die zusätzlichen Tupel (kursiv gesetzt) verursachen einen Informationsverlust.

| Biertrinker | | |
|---|---|---|
| Kneipe | Gast | Bier |
| Kowalski | Kemper | Pils |
| Kowalski | Eickler | Hefeweizen |
| Innsteg | Kemper | Hefeweizen |

| Besucht | |
|---|---|
| Kneipe | Gast |
| Kowalski | Kemper |
| Kowalski | Eickler |
| Innsteg | Kemper |

| Trinkt | |
|---|---|
| Gast | Bier |
| Kemper | Pils |
| Eickler | Hefeweizen |
| Kemper | Hefeweizen |

| Besucht $\bowtie$ Trinkt | | |
|---|---|---|
| Kneipe | Gast | Pils |
| Kowalski | Kemper | Pils |
| *Kowalski* | *Kemper* | *Hefeweizen* |
| Kowalski | Eickler | Hefeweizen |
| *Innsteg* | *Kemper* | *Pils* |
| Innsteg | Kemper | Hefeweizen |

Eine Zerlegung von $\mathcal{R}$ in $\mathcal{R}_1, \ldots, \mathcal{R}_n$ heißt $abhängigkeitsbewahrend$ (auch genannt $hüllentreu$) falls die Menge der ursprünglichen funktionalen Abhängigkeiten äquivalent ist zur Vereinigung der funktionalen Abhängigkeiten jeweils eingeschränkt auf eine Zerlegungsrelation, d. h.

- $F_{\mathcal{R}} \equiv (F_{\mathcal{R}_1} \cup \ldots \cup F_{\mathcal{R}_n})$ bzw.
- $F_{\mathcal{R}}^+ = (F_{\mathcal{R}_1} \cup \ldots \cup F_{\mathcal{R}_n})^+$

Es folgt eine Relation *PLZverzeichnis*, die in zwei Tabellen zerlegt wurde. Fettgedruckt sind die jeweiligen Schlüssel.

| PLZverzeichnis | | | |
|---|---|---|---|
| **Ort** | **BLand** | **Straße** | PLZ |
| Frankfurt | Hessen | Goethestraße | 60313 |
| Frankfurt | Hessen | Galgenstraße | 60437 |
| Frankfurt | Brandenburg | Goethestraße | 15234 |

| Straßen | |
|---|---|
| **PLZ** | **Straße** |
| 15234 | Goethestraße |
| 60313 | Gorthestraße |
| 60437 | Glagenstraße |

| Orte | | |
|---|---|---|
| Ort | BLand | **PLZ** |
| Frankfurt | Hessen | 60313 |
| Frankfurt | Hessen | 60437 |
| Frankfurt | Brandenburg | 15234 |

Es sollen die folgenden funktionalen Abhängigkeiten gelten:

- $\{$PLZ$\} \rightarrow \{$Ort, BLand$\}$
- $\{$Straße, Ort, BLand$\} \rightarrow \{$PLZ$\}$

Die Zerlegung ist verlustlos, da PLZ das einzige gemeinsame Attribut ist und $\{$PLZ$\} \rightarrow \{$Ort, BLand$\}$ gilt.

Die funktionale Abhängigkeit $\{$Straße, Ort, BLand$\} \rightarrow \{$PLZ$\}$ ist jedoch keiner der beiden Relationen zuzuordnen, so daß diese Zerlegung nicht abhängigkeitserhaltend ist.

Folgende Auswirkung ergibt sich: Der Schlüssel von *Straßen* ist $\{$PLZ, Straße$\}$ und erlaubt das Hinzufügen des Tupels [15235, Goethestraße].

Der Schlüssel von $Orte$ ist $\{$PLZ$\}$ und erlaubt das Hinzufügen des Tupels [Frankfurt, Brandenburg, 15235]. Beide Relationen sind lokal konsistent, aber nach einem Join wird die Verletzung der Bedingung $\{$Straße, Ort, BLand$\} \rightarrow \{$PLZ$\}$ entdeckt.

## 11.6 Erste Normalform

Ein Relationenschema $\mathcal{R}$ ist in erster Normalform, wenn alle Attribute atomare Wertebereiche haben. Verboten sind daher zusammengesetzte oder mengenwertige Domänen.

Zum Beispiel müßte die Relation

| Eltern | | |
|---|---|---|
| Vater | Mutter | Kinder |
| Johann | Martha | $\{$Else, Lucia$\}$ |
| Johann | Maria | $\{$Theo, Josef$\}$ |
| Heinz | Martha | $\{$Cleo$\}$ |

„flachgeklopft“ werden zur Relation

| Eltern | | |
|---|---|---|
| Vater | Mutter | Kind |
| Johann | Martha | Else |
| Johann | Martha | Lucia |
| Johann | Maria | Theo |
| Johann | Maria | Josef |
| Heinz | Martha | Cleo |

## 11.7 Zweite Normalform

Ein Attribut heißt $Primärattribut$, wenn es in mindestens einem Schlüsselkandidaten vorkommt, andernfalls heißt es Nichtprimärattribut.

Ein Relationenschema $\mathcal{R}$ ist in zweiter Normalform falls gilt:

- $\mathcal{R}$ ist in der ersten Normalform
- Jedes Nichtprimär-Attribut $A \in \mathcal{R}$ ist voll funktional abhängig von jedem Schlüsselkandidaten.

Seien also $\kappa_1, \ldots, \kappa_n$ die Schlüsselkandidaten in einer Menge $F$ von FDs. Sei $A \in \mathcal{R} - (\kappa_1 \cup \ldots \cup \kappa_n)$ ein $Nichtprim\ddot{a}rattribut$. Dann muß für $1 \leq j \leq n$ gelten:

$$\kappa_j \dot{\rightarrow} A \in F^+$$

Folgende Tabelle verletzt offenbar diese Bedingung:

| StudentenBelegung | | | |
|---|---|---|---|
| **MatrNr** | **VorlNr** | Name | Semester |
| 26120 | 5001 | Fichte | 10 |
| 27550 | 5001 | Schopenhauer | 6 |
| 27550 | 4052 | Schopenhauer | 6 |
| 28106 | 5041 | Carnap | 3 |
| 28106 | 5052 | Carnap | 3 |
| 28106 | 5216 | Carnap | 3 |
| 28106 | 5259 | Carnap | 3 |
| ... | ... | ... | ... |

Abbildung 11.1 zeigt die funktionalen Abhängigkeiten der Relation *StudentenBelegung*. Offenbar ist diese Relation nicht in der zweiten Normalform, denn *Name* ist nicht voll funktional abhängig vom Schlüsselkandidaten {*MatrNr, VorlNr*}, weil der Name alleine von der Matrikelnummer abhängt.

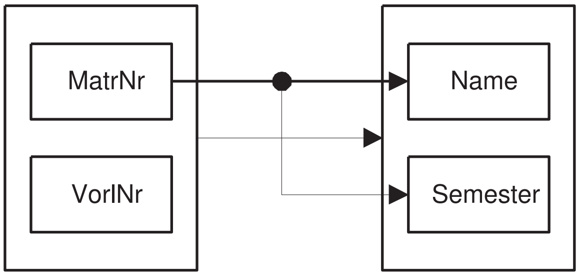


Abbildung 11.1: Graphische Darstellung der funktionalen Abhängigkeiten von StudentenBelegung

Als weiteres Beispiel betrachten wir die Relation

Hörsaal : { [Vorlesung, Dozent, Termin, Raum] }

Eine mögliche Ausprägung könnte sein:

| Vorlesung | Dozent | Termin | Raum |
|---|---|---|---|
| Backen ohne Fett | Kant | Mo, 10:15 | 32/102 |
| Selber Atmen | Sokrates | Mo, 14:15 | 31/449 |
| Selber Atmen | Sokrates | Di, 14:15 | 31/449 |
| Schneller Beten | Sokrates | Fr, 10:15 | 31/449 |

Die Schlüsselkandidaten lauten:

- {Vorlesung, Termin}
- {Dozent, Termin}
- {Raum, Termin}

Alle Attribute kommen in mindestens einem Schlüsselkandidaten vor. Also gibt es keine Nichtprimärattribute, also ist die Relation in zweiter Normalform.

## 11.8 Dritte Normalform

Wir betrachten die Relation

$$\text{Student} : \{[\ \text{MatrNr, Name, Fachbereich, Dekan}]\}$$

Eine mögliche Ausprägung könnte sein:

| MatrNr | Name | Fachbereich | Dekan |
|---|---|---|---|
| 29555 | Feuerbach | 6 | Matthies |
| 27550 | Schopenhauer | 6 | Matthies |
| 26120 | Fichte | 4 | Kapphan |
| 25403 | Jonas | 6 | Matthies |
| 28106 | Carnap | 7 | Weingarten |

Offenbar ist *Student* in der zweiten Normalform, denn die Nichtprimärattribute *Name*, *Fachbereich* und *Dekan* hängen voll funktional vom einzigen Schlüsselkandidat *MatrNr* ab.

Allerdings bestehen unschöne Abhängigkeiten zwischen den Nichtprimärattributen, z. B. hängt *Dekan* vom *Fachbereich* ab. Dies bedeutet, daß bei einem Dekanswechsel mehrere Tupel geändert werden müssen.

Seien $X, Y, Z$ Mengen von Attributen eines Relationenschemas $\mathcal{R}$ mit Attributmenge $U$.
$Z$ heißt *transitiv abhängig* von $X$, falls gilt

$$X \cap Z = \emptyset$$
$$\exists\, Y \subset U : X \cap Y = \emptyset, Y \cap Z = \emptyset$$
$$X \to Y \to Z, Y \not\to X$$

Zum Beispiel ist in der Relation *Student* das Attribut *Dekan* transitiv abhängig von *MatrNr*:

$$\text{MatrNr} \overset{\not\leftarrow}{\to} \textit{Fachbereich} \to \textit{Dekan}$$

Ein Relationenschema $\mathcal{R}$ ist in dritter Normalform falls gilt

- $\mathcal{R}$ ist in zweiter Normalform

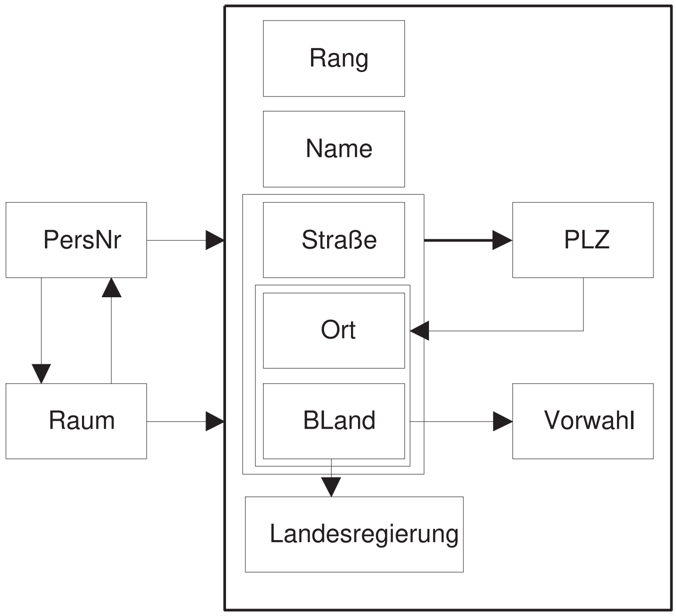


Abbildung 11.2: Graphische Darstellung der funktionalen Abhängigkeiten von ProfessorenAdr

- Jedes Nichtprimärattribut ist nicht-transitiv abhängig von jedem Schlüsselkandidaten.

Als Beispiel betrachten wir die bereits bekannte Relation

$$\text{ProfessorenAdr} : \{[\text{PersNr, Name, Rang, Raum, Ort, Straße}$$
$$\text{PLZ, Vorwahl, BLand, Landesregierung}]\}$$

Abbildung 11.2 zeigt die funktionalen Abhängigkeiten in der graphischen Darstellung. Offenbar ist die Relation nicht in der dritten Normalform, da das Nichtprimärattribut *Vorwahl* transitiv abhängig vom Schlüsselkandidaten *PersNr* ist:

$$PersNr \stackrel{\not\leftarrow}{\rightarrow} \{Ort, BLand\} \rightarrow Vorwahl$$

Um Relationen in dritter Normalform zu erhalten, ist häufig eine starke Aufsplittung erforderlich. Dies führt natürlich zu erhöhtem Aufwand bei Queries, da ggf. mehrere Verbundoperationen erforderlich werden.