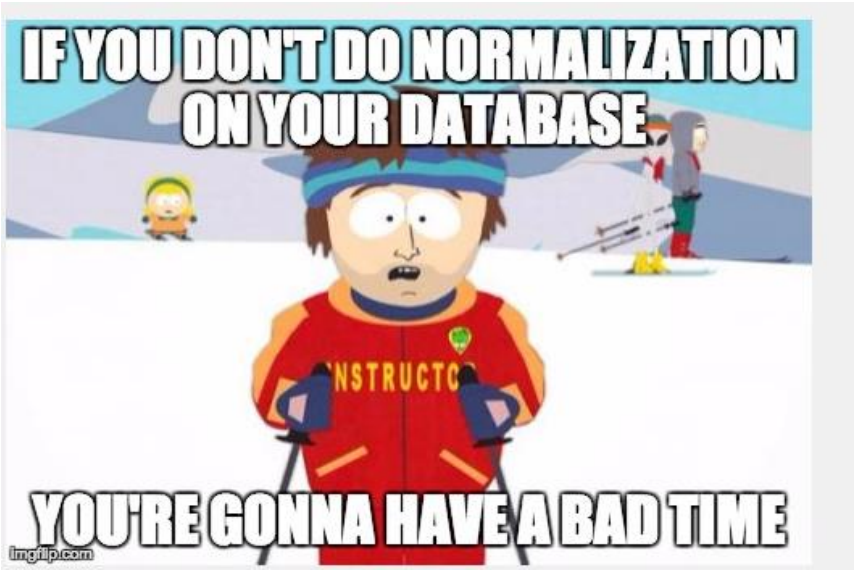
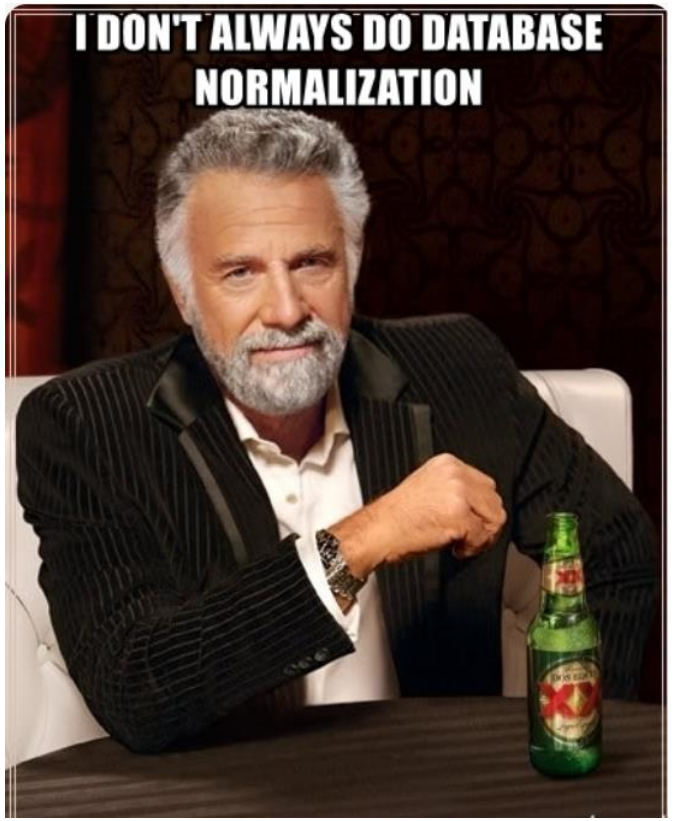
Datenbanksysteme

Normalisierung

Prof. Dr. Patrick Cato

Technische Hochschule Ingolstadt


IF YOU DON'T DO NORMALIZATION
ON YOUR DATABASE
YOU'RE GONNA HAVE A BAD TIME
imgflip.com


I DON'T ALWAYS DO DATABASE
NORMALIZATION

Spannungsfeld zwischen Normalisierung und Denormalisierung

Normalisierung

- Aufteilung von Attributen in mehrere Relationen
- Redundanz von Daten ist schwer zu verwalten (duplication effort)
- **Grundannahme:** Möglichst **redundanzfreie Speicherung** von Daten, um **Anomalien** zu verhindern. Fremdschlüsselredundanzen werden akzeptiert.

Denormalisierung

- Übersetzung des Entity Relationship Modells in ein relationales Schema mit möglichst wenig Relationen (Zusammenfassen wo möglich)
- Aus Effizienzgründen ist sinnvoll, Daten mehrfach zu halten. Dies wird streng überwacht (controlled redundancy)
- **Grundannahme**: Der **JOIN** ist eine sehr **ressourcenintensive Operation**. Zur **Performanceoptimierung** kann es gerechtfertigt sein, Daten bewusst redundant zu halten und Anomalien zu akzeptieren.

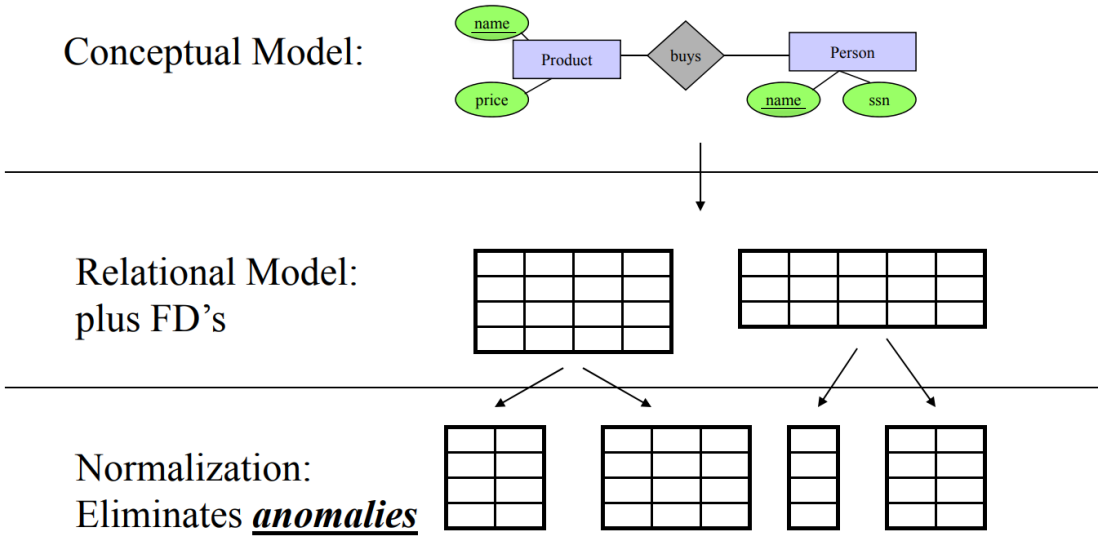
Theoretische Grundlagen

Definition Normalisierung

Als Normalisierung bezeichnet man die verlustfreie Zerlegung (nonloss / lossless decomposition) von Relationen. Hierbei gilt der Grundsatz: keine Information darf verloren gehen.

Durch Bildung eines JOINS müssen die zerlegten Informationen wiederherstellbar sein.

Relational Schema Design



Gebhardt (2019)

Problemraum: Beispiel für ein suboptimales Relationenschema

Was sind Probleme?

InvNr	ISBN	Title	Specialization	Author
2049	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
2050	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
3587	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4812	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4961	3-1007	Machine Learning	Artificial Intelligence	{Koste, Korbmacher}

Problemraum: Einfügeanomalien

Definition

Eine Einfügeanomalie ist eine Art von Dateninkonsistenz, die in einer Datenbank auftritt, wenn das Hinzufügen eines neuen Datensatzes zu einem Verstoß gegen Datenintegritätsregeln oder der Einführung redundanter Daten führt.

InvNr	ISBN	Title	Specializatzion	Author
4961	3-8538	Machine Learning	Artificial Intelligence	{Koste, Korbmacher}

InvNr	ISBN	Title	Specialization	Author
2049	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
2050	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
3587	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4812	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4961	3-1007	Machine Learning	Artificial Intelligence	{Koste, Korbmacher}

Problemraum: Änderungsanomalie

Definition

Eine Änderungsanomalie ist eine Art von Dateninkonsistenz, die in einer Datenbank auftritt, wenn Änderungen an bestehenden Informationen nicht korrekt oder konsistent im gesamten Datensatz übertragen werden wenn nicht alle (redundanten) Vorkommen eines Attributwertes zugleich geändert werden. Dieses führt zu inkonsistenten Daten.

Beispiel: Bücher mit dem Titel „Databases“ werden jetzt dem Themengebiet Big Data zugeordnet.

InvNr	ISBN	Title	Specialization	Author
2049	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
2050	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
3587	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4812	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4961	3-1007	Machine Learning	Artificial Intelligence	{Koste, Korbmacher}

Problemraum: Löschanomalien

Definition

Eine Lösch-Anomalie ist eine Art von Dateninkonsistenz, die in einer Datenbank auftritt, wenn das Löschen eines Datensatzes unbeabsichtigt zum Verlust anderer, nicht zusammenhängender Daten führt.

Beispiel: Lösche Exemplare 4961 (Verlust)

InvNr	ISBN	Title	Specialization	Author
2049	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
2050	3-8538	Databases	Information System	{Saake, Sattler, Heuer}
3587	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4812	3-6633	Data Science	Information System	{Grunert, Meyer, Heuer}
4961	3-1007	Machine Learning	Artificial Intelligence	{Koste, Korbmacher}

Informationsverlust

Definition

Gegeben sind zwei Attributmengen X und Y mit X,Y ⊆ [R].
$X \rightarrow$ Y heißt funktionale Abhängigkeit (Functional Dependency, FD), falls gilt:

Es existiert eine Funktion
f(x):= y
für x ∈ π_X (R), y ∈ π_Y (R) für **alle möglichen Instanzen** von R.

„Die Werte von x bestimmen die Werte von y eindeutig“
X heißt Determinante.

Beispiel

persnr	name	vorname	geburtstag	projektnr	pname	prioritaet
1	Schweitzer	Albert	01.03.1973	5	Unis	7
2	Carlos	Rob	12.07.1975	1	Data Center	10
2	Carlos	Rob	12.07.1975	3	Lobbysiet	8
2	Carlos	Rob	12.07.1975	6	Rabbit breeder	2
3	Mueller	Peter	09.10.1963	2	House breeder	3
3	Mueller	Peter	09.10.1963	4	Politician	5

{persnr} → {name, vorname, geburtsdatum}
{projektnr} → {pname, prioritaet}
{projektnr} → {persnr, name, vorname, geburtsdatum}
…

Instanz versus Schema

Die funktionale Abhängigkeit bezieht sich auf das Schema und nicht die vorliegende Instanz (eine Tabelle mit Zeilen und Spalten bzw. der aktuelle Inhalt der Relation). FD definiert den Constraint für die **möglichen Instanzen** von R. Datenbankdesigner müssen diese FDs identifizieren.

Personen

id integer	name character varying	vorname character varying	geburtsdatum date
1	Schweitzer	Albert	1973-03-01
2	Carlos	Rob	1975-07-12
3	Mueller	Peter	1963-10-09
4	Zappa	Frank	1955-11-04
5	Taylor	Tim	1980-03-04
6	Wurst	Hans	1974-02-01
7	Miese	Peter	1983-05-06
8	Koenig	Dieter	1967-06-11

{id} → {name, vorname, geburtsdatum} // ja
{name } → {vorname} // nein
{geburtsdatum} → {name, id, vorname} // nein

Zwar wären die FDs für die vorliegende Instanz korrekt, aber nicht für das Schema!

3.4 Geben ist das Relationenschema:

Angebot (Kaffee, Bohne, Land, Roestung, Verarbeitung, Typ)

Unten ist eine Ausprägung/Instanz (nach Kaffee sortiert) abgebildet.

Angebot					
Kaffee	Bohne	Land	Röstung	Verarbeitung	Typ
Alice	Arabica	Brasilien	plus	natur	rein
Bob	Arabica	Ecuador	plus	nass	rein
Carol	Arabica	Peru	full	nass	mischung
Carol	Arabica	Honduras	full	natur	mischung
Carol	Robusta	Indien	plus	nass	mischung
Dan	Arabica	Brasilien	full	nass	mischung
Dan	Robusta	Indien	full	natur	mischung
Eve	Arabica	Indonesien	full	nass	rein
Faythe	Arabica	Äthiopien	plus	natur	mischung
Faythe	Arabica	Guatemala	plus	nass	mischung
Grace	Arabica	Äthiopien	normal	nass	rein
Rupert	Robusta	Indien	full	nass	rein

Überprüfen Sie für jede der unten angegeben funktionalen Abhängigkeiten (FD), ob sie auf der gegebenen Ausprägung gelten oder nicht. Geben Sie für jede FD die Antwort (ja/nein) an. Falls eine FD nicht erfüllt ist geben Sie außerdem ein entsprechendes Beispiel als Begründung an.

a)Land ➔ Bohne

b)Bohne ➔ Land

c)(Kaffee, Bohne) ➔ Land

d) Land ➔ (Bohne, Verarbeitung)

a)Land ➔ Bohne Ja

b)Bohne ➔ Land Nein (Beispiel Arabica (Brasilien ungleich Ecuador)

c)(Kaffee, Bohne) ➔ Land Nein (Beispiel Carol Arabica bestimmt Peru, Honduras und keine Eindeutigkeit)

d) Land ➔ (Bohne, Verarbeitung) Nein (brasilien bestimmt Arabica, natur und arabica, nass)

Volle funktionale Abhängigkeit

Definition

Eine funktionale Beziehung, deren Determinanten irreduzibel ist, heißt volle funktionale Beziehung.

α und β sind Attributmengen eines relationalen Schemas sch(*R*). Eine volle funktionale Abhängigkeit besteht wenn:

- Die funktionale Abhängigkeit $\alpha \rightarrow \beta$ gilt
- die Attributmenge α nicht verkleinert werden kann

In anderen Worten: Eine vollständig funktionale Abhängigkeit liegt dann vor, wenn das Nicht-Schlüsselattribut nicht nur von einem Teil der Attribute eines zusammengesetzten Primärschlüssels funktional abhängig ist, sondern von allen Teilen.

Beispiel volle funktionale Abhängigkeit

Reihe	Band	Titel
Asterix	1	Asterix der Gallier
Asterix	17	Die Trabantenstadt
Asterix	25	Der große Graben
Tim and Struppi	1	Der geheimnisvolle Stern
Franka	1	Das Kriminalmuseum
Franka	2	Das Meisterwerk

Pipmeyer (2016)

Transitive Abhängigkeiten

Definition

- Geht man von einer Attributmenge α aus sch(R) aus, die ein Schlüssel ist und die Attributmenge β aus sch(R) funktional bestimmt
- Dann liegt eine transitive Abhängigkeit vor, wenn β auch eine weitere Attributmenge γ aus sch(R), die nicht Teil des Schlüssels ist, bestimmt. Also $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma$

Buchexemplar			
InvNr	**ISBN**	**Titel**	**Fachgebiet**
2049	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme
2050	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme
2051	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme
2121	3-4711	Formale Sprachen	Theoretische Informatik
3587	3-6633	Data Science	Informationssysteme
4812	3-6633	Data Science	Informationssysteme
4961	3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz

Normalformen

Definition 1. Normalform (1NF)

Definition

Eine Relation ist in erster Normalform (1NF), wenn alle Attribute **atomare Wertebereiche** haben (d.h. keine zusammengesetzten Wertebereiche)

Buchexemplar				
InvNr	**ISBN**	**Titel**	**Fachgebiet**	**Autoren**
2049	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	{Saake,Sattler,Heuer}
4812	3-6633	Data Science	Informationssysteme	{Grunert,Meyer,Heuer}
4961	3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	{Korste, Korbmacher}

Ab wann ein Wert als atomar angesehen wird, hängt vom Nutzungskontext ab. Beispielsweise ist die Trennung von mehreren Vornamen in einzelne Spalten nicht sinnvoll, weil es keine Abfragen auf die einzelnen Vornamen gibt. Zudem gibt es in manchen Kulturkreisen viele zusammengesetzte Namen, sodass auch nicht bekannt wäre, wie viele Spalten anzulegen wären. Es ist daher immer auch auf die Machbarkeit zu achten!

1NF - Beispiel

- Die Relation Buchexemplar lässt sich in die erste Normalform überführen, in dem für jeden Eintrag in Autoren ein Tupel gebildet wird
- Damit entstehen allerdings weitere Redundanzen, die mit den folgenden Normalformen eliminiert werden müssen

Buchexemplar				
InvNr	**ISBN**	**Titel**	**Fachgebiet**	**Autoren**
2049	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Saake
2049	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Sattler
2049	3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Heuer
4812	3-6633	Data Science	Informationssysteme	Grunert
4812	3-6633	Data Science	Informationssysteme	Meyer
4812	3-6633	Data Science	Informationssysteme	Heuer
4961	3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	Korste
4961	3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	Korbmacher

Definition 2. Normalform (2NF)

Definition

Eine Relation ist in der 2. Normalform (2NF) wenn:

- Eine Relation in der 1. Normalform ist
- Wenn jedes Nichtschlüsselattribut von **allen Schlüsselkandidaten** voll (irreduzibel) abhängt und jedes Nichtschlüsselattribut vollständig vom gesamten Primärschlüssel abhängt

Oder anders: Eine Relation R liegt nicht in der zweiten Normalform vor, wenn es ein Nichtschlüsselattribut gibt, das nur von einem Teil des Schlüssels abhängt.

Die Relation Buch ist nicht in 2NF

Buch			
ISBN	**Titel**	**Fachgebiet**	**Autoren**
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Saake
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Sattler
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Heuer
3-6633	Data Science	Informationssysteme	Grunert
3-6633	Data Science	Informationssysteme	Meyer
3-6633	Data Science	Informationssysteme	Heuer
3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	Korste
3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	Korbmacher

Formalisierung der Zerlegung

Jede Relation R, die nicht in 2NF ist, wird folgendermaßen zerlegt:

Die Relation R[A, B, C] (auf den schnittfreien Attributmengen A, B, C) habe die irreduzibele FD: A → B, wobei A echter Teil eines Schlüssels ist und B ein Nichtschlüsselattribut ist, dann wird durch die Zerlegung gebildet:

R1 = R[A, B]
R2 = R[↑A, C] oder R[↑A, C]

A ist Fremdschlüssel in R2

Beispiel Die Relation Buch ist nicht in 2NF

Buch			
ISBN	**Titel**	**Fachgebiet**	**Autoren**
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Saake
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Sattler
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme	Heuer
3-6633	Data Science	Informationssysteme	Grunert
3-6633	Data Science	Informationssysteme	Meyer
3-6633	Data Science	Informationssysteme	Heuer
3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	Korste
3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz	Korbmacher

Relation Buchexemplar lässt sich **durch Zerlegung** in zwei Relationen in die zweite Normalform bringen

Buch		
ISBN	**Titel**	**Fachgebiet**
3-8538	Datenbanken	Informationssysteme
3-6633	Data Science	Informationssysteme
3-1007	Maschinelles Lernen	Künstliche Intelligenz

Buch_Autoren	
ISBN	**Autor**
3-8538	Saake
3-8538	Sattler
3-8538	Heuer
3-6633	Grunert
3-6633	Meyer
3-6633	Heuer
3-1007	Korste
3-1007	Korbmacher

Bilden Sie eine 3er oder
2er Gruppe und bearbeiten
Sie das Aufgabenblatt

Gesamtzeit: 15 Minuten

Gegeben ist die untenstehende Instanz der Relation („Bücher“) mit dem Schlüsselkandidaten {reihe,band} und es gilt unter anderem {reihe,band} ➔ {verlag} sowie {reihe} ➔ {verlag}. Ein Datenbankarchitekt transformiert in eine neue Relation mit dem künstlichen Primärschlüssel ID (siehe Nächstes Slide. In welcher Normalform ist die Tabelle vor der Transformation? In welcher nach der Transformation. Treffen Sie alle Annahmen auf Basis der Instanz.

Reihe	Band	Titel	Verlag	Jahr
Asterix	1	Asterix der Gallier	Ehapa	1968
Asterix	2	Das Meisterwerk	Ehapa	1969
Asterix	5	Die goldene Sichel	Ehapa	1970
Franka	1	Das Kriminalmuseum	Epsilon	2000
Franka	2	Das Meisterwerk	Epsilon	2001
Franka	5	Die goldene Sichel	Epsilon	2002
Lucky Luke	1	Das Kriminalmuseum	Ehapa	1968
Lucky Luke	2	Die goldene Sichel	Ehapa	1970
Tintin	1	Neue Abenteuer	Ehapa	1968

ID	Reihe	Band	Titel	Verlag	Jahr
1	Asterix	1	Asterix der Gallier	Ehapa	1968
2	Asterix	2	Das Meisterwerk	Ehapa	1969
3	Asterix	5	Die goldene Sichel	Ehapa	1970
4	Franka	1	Das Kriminalmuseum	Epsilon	2000
5	Franka	2	Das Meisterwerk	Epsilon	2001
6	Franka	5	Die goldene Sichel	Epsilon	2002
7	Lucky Luke	1	Das Kriminalmuseum	Ehapa	1968
8	Lucky Luke	2	Die goldene Sichel	Ehapa	1970
9	Tintin	1	Neue Abenteuer	Ehapa	1968

Definition

Eine Relation ist in der 3. Normalform (3NF) wenn:

- R in der 2. Normalform (2NF) ist
- kein Nichtschlüssel-Attribut transitiv von einem Kandidatenschlüssel der Relation abhängt

Formalisierung des Zerlegungsalgorithmus (2NF nach 3NF)

Definition

Jede Relation R, die nicht in 3NF ist, wird folgendermaßen zerlegt:

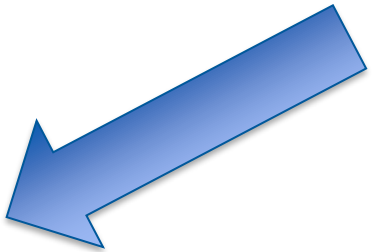
Die Relation R[A, B, C] (auf den schnittfreien Attributmengen A, B, C) habe die irreduzierbare FD: $A \rightarrow B$, wobei A **nicht ein Schlüssel** von R ist und B ein Nichtschlüsselattribut. Dann wird durch die Zerlegung

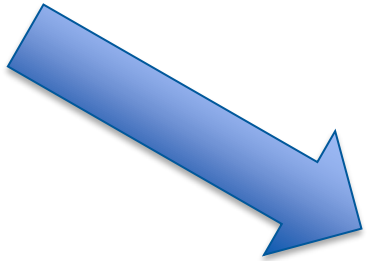
R1 = R[$\underline{A}$, B]
R2 = R[$\uparrow\underline{A}$, C] oder R2 = R[$\uparrow\underline{A}$, $\underline{C}$]

3NF - Example

ID	SName	Country_Code	Area
1	Freiburg	D	357.000
2	Berlin	D	357.000
3	Orlando	USA	9.834.000
4	Bern	CH	41.285

Country Code ➔ Area





3NF

Country_Code	Area
D	357.000
USA	9.834.000
CH	41.285

ID	SName	Country_Code (FK)
1	Freiburg	D
2	Berlin	D
3	Orlando	USA
4	Bern	CH

Aufgabe

L_ID	Firma	Straße	Hausnummer	PLZ	Ort
1	Müller GmBH	Neustrasse	1	12345	Neustadt
2	Maier KG	Musterstrasse	3	34567	Musterstadt
3	Schmidt AG	Altgasse	5	98765	Altstadt
4	Mayr GbR	Schillerstrasse	8a	35781	Weilburg
5	Schneider e.K.	Pfadstrasse	5	98765	Altstadt