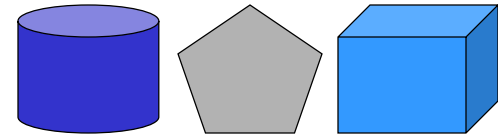


Datenintegration

Datenintegration



Kapitel 7: Datenfusion

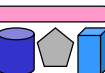
Dr. Anika Groß
Sommersemester 2016

Universität Leipzig
Institut für Informatik
<http://dbs.uni-leipzig.de>



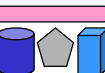
Inhalt

- Datenqualität
 - Beispiel und (typische) Probleme
 - Informationsqualität
- Object Matching (Duplikaterkennung)
 - Definition und Modell
 - Ähnlichkeitsmaße
 - MOMA
- Konfliktbehandlung
 - Vereinigung
 - Gruppierung und Aggregation



Datenqualität in Integrierten Inf. Systemen

- Integrierte Informationssysteme besonders anfällig für Qualitätsprobleme
 - Qualität der Ursprungsdaten (Eingabe, Fremdfirmen,...)
 - Qualität der Quellsysteme (Konsistenz, Constraints, Fehler, ...)
 - Qualität der Integrationsprozesse (Parsen, Transformieren, Mappings, ...)
 - Akkumulation!
- Probleme treten erst bei integrierter Sicht zu Tage



Datenqualität am Beispiel

- Google Scholar: Suchmaschine für wissenschaftliche Publikationen (scholar.google.com)
 - Datengenerierung u.a. durch automatisches Crawling und Extraktion aus PDF-Dokumenten
- Datenqualitätsproblem: Duplikate, u.a. durch
 - Tippfehler in den Originaldaten
 - Falsche Reihenfolge der Autoren
 - Heterogene Bezeichnung des Konferenzen/Journals (u.a. Abkürzung vs. Langname)
 - Extraktionsfehler (u.a. falsche Titel, fehlende Autoren)

[A **survey** of approaches to automatic **schema** matching - all 35 versions »](#)

E **Rahm**, PA Bernstein - The VLDB Journal The International Journal on Very Large ..., 2001 - Springer

... A **survey** of approaches to automatic **schema** matching ... Page 2. E. Rahm, PA Bernstein:

A **survey** of approaches to automatic **schema** matching 335 2.1. ...

[Cited by 1222](#) - [Related Articles](#) - [Web Search](#)

[CITATION] A **survey** of approaches to automatic **schema** matching

PA Bernstein, E **Rahm** - VLDB Journal, 2001

[Cited by 17](#) - [Related Articles](#) - [Web Search](#)

[CITATION] A **survey** of approaches to automatic **schema** mapping

E **Rahm**, PA Bernstein - The VLDB Journal, 2001

[Cited by 7](#) - [Related Articles](#) - [Web Search](#)

[CITATION] A **survey** of approaches to automatic **schema** mapping" the VLDB Journal

E **Rahm**, PA Bernstein - Vol

[Cited by 3](#) - [Related Articles](#) - [Web Search](#)

[CITATION] PA Bernstein A **survey** of approaches to automatic **schema** matching The VLDB Journal 10: 334350 (2001)

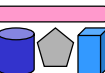
E **Rahm** - Digital Object Identifier (DOI)

[Cited by 1](#) - [Related Articles](#) - [Web Search](#)



Beispiele mangelnder Datenqualität

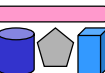
- Analyse wissenschaftlicher Publikationen
 - Unvollständige und nicht duplikatfreie Listen pro Autor, pro Konferenz, ...
 - Unvollständige Zitierungszahlen → Fehler in abgeleiteten Werten
- Customer-Relationship-Management
 - Kunden doppelt geführt → verärgerte Kunden durch unpassende Angebote
 - Kunden falsch bewertet → verpasste Gelegenheiten z.B. für Cross-Selling
 - Falsche Adressen → Portokosten
- Britische Gendatenbank (siehe Heise News vom 28.08.2007)
 - Genprofile von 4 Millionen Menschen: “rund 550.000 Namen in der Datenbank sind falsch, falsch geschrieben oder fehlerhaft”, “Personen[zahl] ... etwa um 13,7 Prozent niedriger sei als die Zahl gesamten Einträge”
 - Folgen?
- Kostenschätzungen durch Analysen
 - 25-40% der operativen Kosten; Milliardenbeträge



Informationsqualität

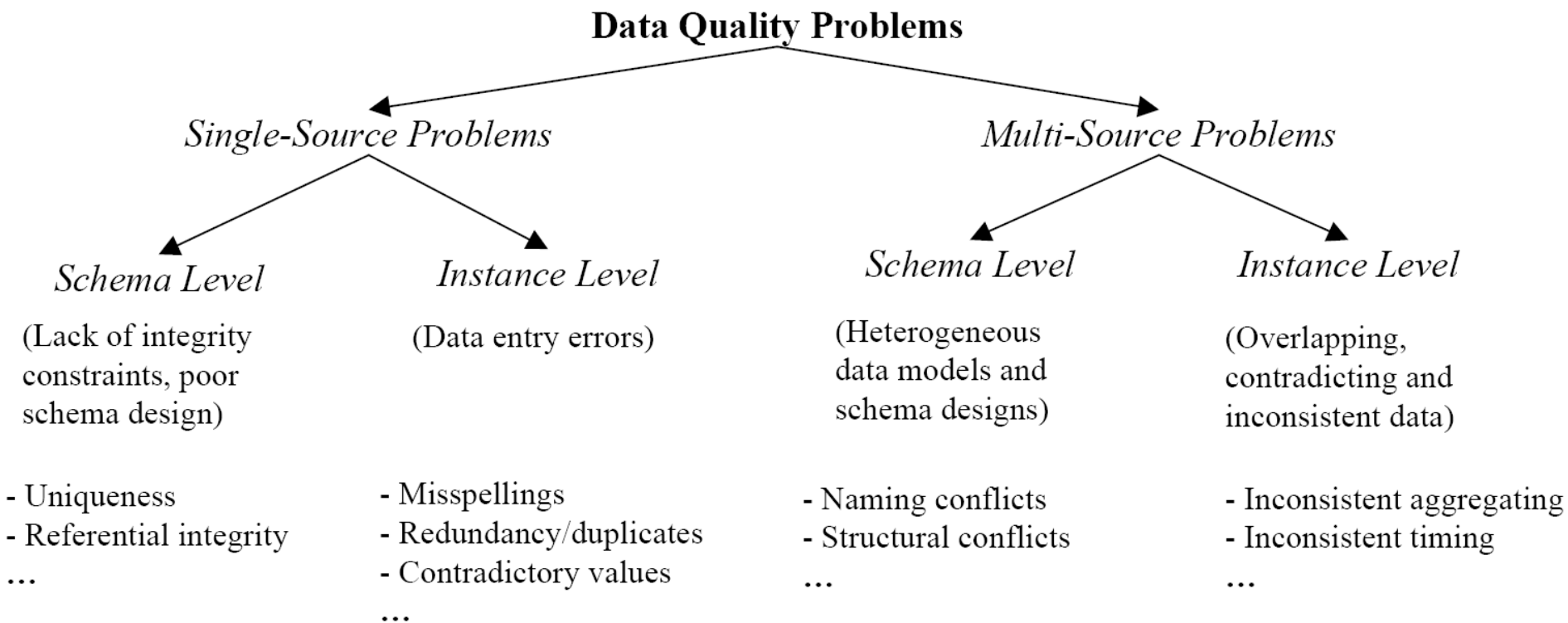
- Datenbasierte Inf.-Qualität (Datenqualität)
 - Korrektheit, Vollständigkeit, Interpretierbarkeit, Relevanz, Zuverlässigkeit, liefert Mehrwert, ...
- Technische Inf.-Qualität
 - Verfügbarkeit, Kosten, Latenz (Zeit bis zum ersten Ergebnis), Antwortzeit (Zeit bis zum kompletten Ergebnis), Sicherheit, Aktualität, ...
- Intellektuelle Inf.-Qualität
 - Glaubhaftigkeit, Objektivität, Reputation, ...
- Inf.-Qualität bzgl. Realisierung der Inf.-Systems (Darstellung)
 - Datenmenge, Kompaktheit, Konsistenz, Verständlichkeit, Verifizierbarkeit, ...

“Even though quality cannot be defined, you know what it is.” (Robert Pirsig)

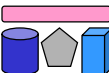


Probleme bzgl. Datenqualität

- Probleme auf Schema- und auf Instanzebene
- Probleme bezüglich einer oder mehrerer Datenquellen (Single-Source vs. Multi-Source)

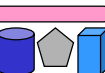


[RD00] Rahm, Do: Data Cleaning: Problems and Current Approaches. IEEE Data Eng. Bull. 23(4): 3-13 (2000)



Probleme bzgl. Instanzdatenqualität

- Intra-Source
 - Fehlende Integritätsbedingungen oder Konsistenz-Checks
 - Nicht korrekte Einträge (Tippfehler, Übertragungsfehler, fehlerhaftes OCR, ...)
 - Obsolete Einträge (falsche Aktualisierungszeitpunkte, vergessene Aktualisierung, ...)
 - Unterschiedliche Kodierung (1,2,...,5 bzw. „sehr gut“, „gut“, ..., „mangelhaft“)
 - Schreibvarianten
 - Kantstr. / Kantstrasse / Kant Str. / Kant Strasse
 - Kolmogorov / Kolmogoroff / Kolmogorow
- Inter-Source
 - Lokal konsistent aber global inkonsistent
 - Hervorgerufen durch Unterschiede in
 - Abkürzungen
 - Standards
 - Datentypen
 - Konventionen
 - Aktualisierungszeitpunkten
 - ...



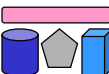
Object Matching: Problem

- Erkennung “gleicher” Objekte in Datenquellen
 - Entity Matching, Deduplication, Duplicate Detection, Record Linkage, Object Consolidation, Merge/Purge Problem, Reference Reconciliation, ...
- Gegeben: Objektmengen $A = \{a_i\}$ und $B = \{b_j\}$
 - Objekte repräsentiert als Datenbanksätze, XML-Fragmente, RDF-Tripel, ...
 - Spezialfall: $A = B$ (Duplikaterkennung innerhalb einer Datenquelle)
- Gesucht: Partitionierung von $A \times B$ in
 - $M = \{ (a_i, b_j) \}$ mit a_i und b_j referenzieren das gleiche Realweltobjekt
 - $U = \{ (a_i, b_j) \}$ mit a_i und b_j referenzieren *nicht* das gleiche Realweltobjekt
- Beispiel: Personen-/Adressdaten

Id	LastName	FirstName	Street	City	Gender
a_1	Smith	Kristen	2 Hurley Pl	South Fork, MN	female
a_2	Smith	Christian	Hurley St 2	S Fork MN	male
b_1	Smith	Christoph	23 Harley St	Chicago, IL	male
b_2	Smith	Kris L.	2 Hurley Place	South Fork, MN	female

$M =$

$U =$



Object Matching: Evaluation

- Bewertung mittels Precision und Recall

- Qualitätsmaße aus dem Information Retrieval

		Realität	
		Duplikat	Kein Duplikat
Methode	Duplikat	true-positive	false-positive
	Kein Duplikat	false-negative	true-negative

- Precision = $TP/(TP+FP)$

- Wie viele der vorhergesagten Duplikate sind wirklich welche?
 - Auch: Spezifität

- Recall = $TP/(TP+FN)$

- Wie viele der echten Duplikate haben wir gefunden?
 - Auch: Sensitivität

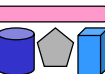
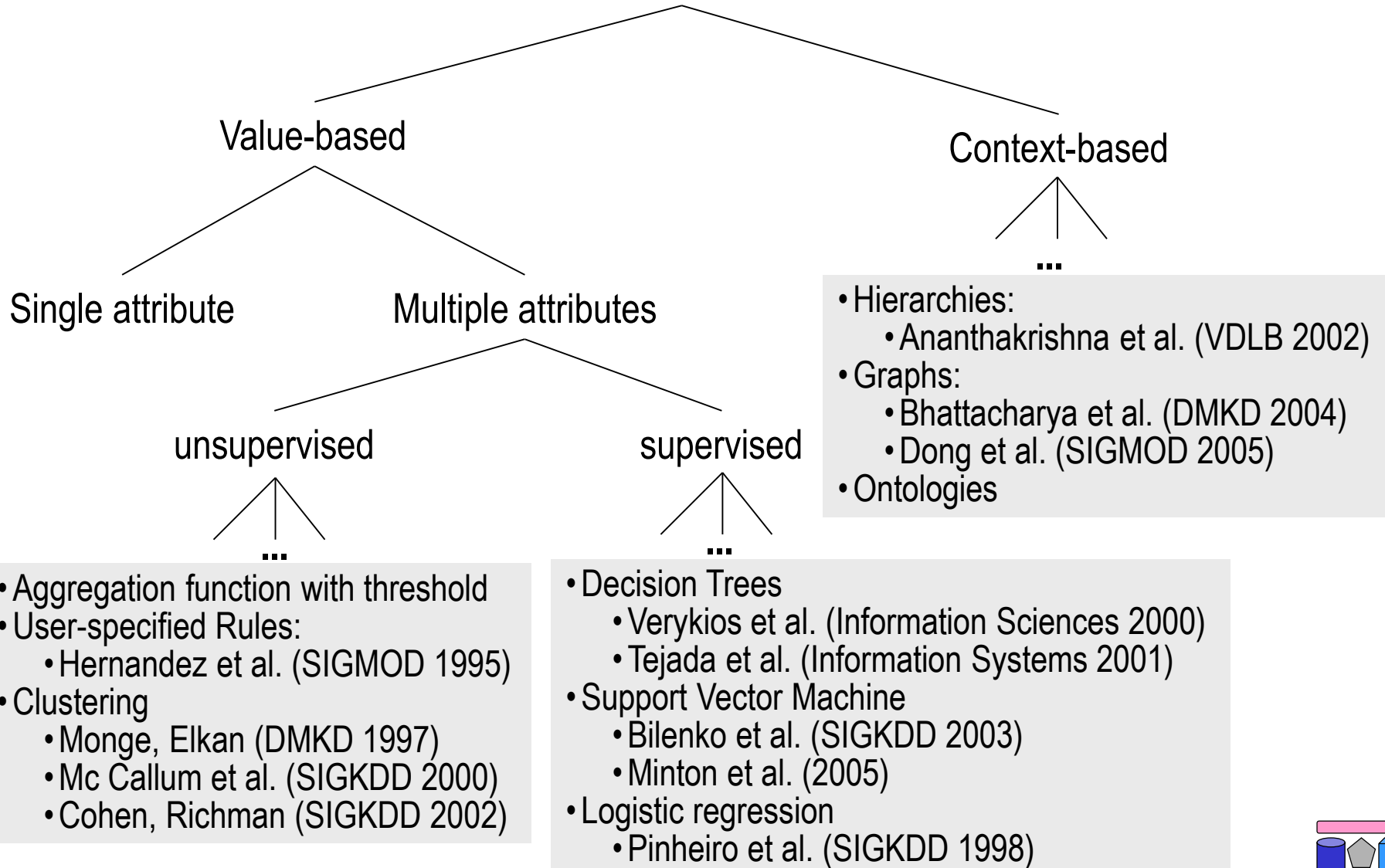
- Beispiel:

- Verfahren: $M = \{ (a_1, b_2) \}$ und $U = \{ (a_1, b_1), (a_2, b_1), (a_2, b_2) \}$
 - Realität: $M = \{ (a_1, b_2), (a_2, b_1) \}$ und $U = \{ (a_1, b_1), (a_2, b_2) \}$
 - Precision:
 - Recall:

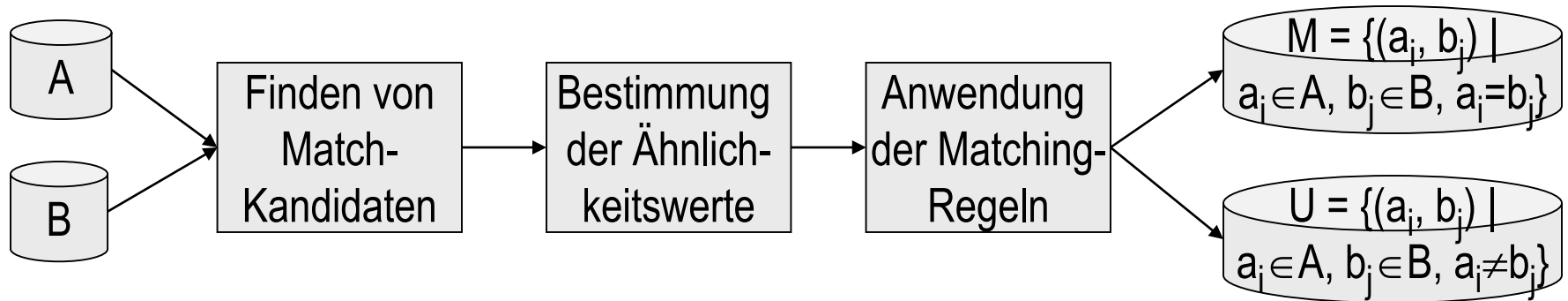


Übersicht über Object-Matching-Ansätze

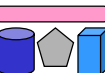
Object matching approaches



Object Matching: Modell

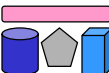


- Finden von Match-Kandidaten
 - “Welche Objekte sollen (intensiv) miteinander verglichen werden?”
 - Ziel: effiziente Verarbeitung durch frühzeitigen Ausschluss ungleicher Objekte
- Bestimmung der Ähnlichkeitswerte
 - “Wie ähnlich sind sich die Objekte a und b bzgl. eines Ähnlichkeitsmaßes?”
 - Ziel: mathematische Quantifizierung der Ähnlichkeit zwischen Objekten
- Anwendung der Matching-Regeln
 - “Wann werden die Objekte a und b als gleich angesehen (basierend auf Ä-Werten)?”
 - Ziel: korrekte Klassifikation in “match” und “non-match”



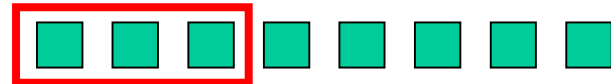
Finden von Match-Kandidaten

- Ähnlichkeitsbestimmung des kartesischen Produkts $A \times B$ sehr aufwändig
→ Reduktion auf “relevante Paare (a_i, b_j) ”
 - #Match-Paare \ll #Nicht-Match-Paare
- Ziel: Viele Nicht-Matches entfernen (hohe Reduction Rate), aber keine Matches (fälschlicherweise) entfernen (Pairs Completeness = 1)
- Blocking
 - Bestimme Blockschlüssel aus Objektattributen
 - Beispiel für Personen: Erster Buchstabe des Nachnamens + Geschlecht
 - Nur Objekte mit gleichem Schlüssel werden weiter betrachtet
- Sorted-Neighborhood-Methode
 - nächste Folie
- Clustering
 - Verwende billige Ähnlichkeitsfunktion und bilde Cluster

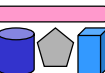


Sorted-Neighborhood-Methode

- Bilde Schlüssel aus Objektattributen
 - Beispiel: Die ersten drei Buchstaben des Nachnamens + die ersten vier Konsonanten des Vornamens + der erste Buchstabe des Geschlechts
- Sortiere Objekte bzgl. Schlüssel
- Vergleiche nur Objekte die maximal $w-1$ Positionen entfernt liegen
 - Sliding Window der Größe w
- Aufwand für n Objekte
 - SNM: Schlüsselbildung + Sortieren + Vergleich = $O(n) + O(n \cdot \log(n)) + O(n \cdot w)$
 - naiver Ansatz: $O(n^2)$
- Problem: Was ist ein guter Schlüssel? (Attribute, Reihenfolge, ...)
 - Multi-Pass-Ansatz, d.h. mehrere Durchläufe mit unterschiedlichen Schlüsseln

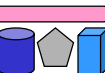


Id	LastName	FirstName	Street	City	Gender	Schlüssel
a_1	Smith	Kristen	2 Hurley Pl	South Fork, MN	female	
a_2	Smith	Christian	Hurley St 2	S Fork MN	male	
b_1	Smith	Christoph	23 Harley St	Chicago, IL	male	
b_2	Smith	Kris L.	2 Hurley Place	South Fork, MN	female	



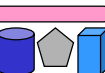
Ähnlichkeitsbestimmung, Ähnlichkeitsmaße

- **Attributbasierte Ähnlichkeitsbestimmung**
 - Gleiche/ähnliche Objekte haben gleiche/ähnliche Attributwerte
 - Bestimmung der Ähnlichkeit von Attributwerten → Field Matching
- **Kontextbasierte Ähnlichkeitsbestimmung**
 - Verwendung von Struktur, assoziierten Informationen, ...
 - Beispiel: Neighborhood-Matcher in MOMA
- **Generische Ähnlichkeitsmaße**
 - Weit verbreitet, da in vielen Bereichen einsetzbar
 - Vorwiegend für Zeichenketten (Strings):
 - Soundex, Edit-Distance, q-gram, Jaccard, Jaro-Winkler, ...
 - kein bestes Ähnlichkeitsmaß; Qualität abhängig von Match-Problem (z.B. String-Länge)
- **Domänenspezifische Ähnlichkeitsmaße**
 - Spezielle Funktionen, z.B. Abstand geografischer Orte aus Längen- und Breitengrad
 - Verwendung von Hintergrundwissen (z.B. Synonyme)



Ähnlichkeitsmaße für Strings: Soundex

- Entwickelt 1918 zur Volkszählung in den USA
- Idee: Gleichklingende Wörter werden in identische Zeichenfolge übersetzt
- Soundex-Code:
 - Erster Buchstaben gefolgt von Codes für die nächsten drei Konsonanten
 - Ähnliche Konsonanten besitzen den gleichen Code (B und P erhalten „1“, V und B erhalten „0“)
 - Beispiel: Soundex („Naumann“) = Soundex („Neuman“) = N550
- Gut: Beachtet Lautähnlichkeiten, oft implementiert
- Schlecht: Sehr heuristisch (fehlende Konsonanten? Warum nur 3? Warum keine Vokale?)
- Nur für Namen geeignet, Fehlermodell ist „verhören“ (und nicht vertippen)
- Abhängigkeit von Sprache (Soundex für das Neugriechische?)

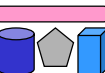


Ähnlichkeitsmaße für Strings: Edit-Distance

- Gegeben seien zwei Strings a und b ($|a|=n$, $|b|=m$)
- Editabstand = Anzahl der Edit-Operationen, um a in b zu konvertieren
 - Edit-Operationen: Einfügen, Löschen oder Ersetzen eines Zeichens
- Ähnlichkeit ist normierter Editabstand
 - auch: Levenshtein-Abstand
- Editabstandsfunktion $d(i,j)$ mit $0 \leq i \leq n$ und $0 \leq j \leq m$
 - berechne den Editabstand zwischen $a[1..i]$ und $b[1..j]$
 - $d(0,j) = j$ (=j Einfügeoperationen) und $d(i, 0) = i$ (i Löschooperationen)
 - $d(n,m) = \text{dist}(a,b) = \text{Editabstand zwischen } a \text{ und } b$

$$\text{sim}_{edit}(a,b) = 1 - \frac{\text{dist}(a,b)}{\max(|a|, |b|)}$$

$$d(i, j) = \min \left\{ \begin{array}{l} d(i, j-1) + 1 \\ d(i-1, j) + 1 \\ d(i-1, j-1) + t(i, j) \end{array} \right\} \quad t(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{wenn } a[i] \neq b[j] \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$



Ähnlichkeitsmaße für Strings: Edit-Distance (2)

- Beispiel: RASEN und HASE
 - RASEN → RASE → HASE
 - RASEN → HASEN → HASE
 - Edit-Abstand = 2 → String-Ähnlichkeit = $1 - 2 / \max(5;4) = 0,6$
- Berechnung des kürzesten Editabstandes mittels Abstandsmatrix
 - Speichern der Teillösungen (für rekursive Berechnung)
 - Initialisierung mit festen Werten $d(i,0)$ und $d(0,j)$
 - Sukzessive Berechnung von $d(i,j)$ mit steigenden i, j

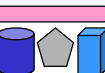
$$d(i, j) = \min \left\{ \begin{array}{l} d(i, j-1) + 1 \\ d(i-1, j) + 1 \\ d(i-1, j-1) + t(i, j) \end{array} \right\}$$

		H	A	S	E
	0	1	2	3	4
R	1				
A	2				
S	3				
E	4				
N	5				



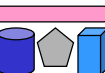
Ähnlichkeitsmaße für Strings: q-gram

- Gegeben seien zwei Strings a und b ($|a|=n$, $|b|=m$)
- Idee: Wie viele gleiche Substrings der Länge q enthalten a und b?
 - Häufig $q = 3$ (Trigram)
- Ähnlichkeit mittels Dice-Koeffizient $sim_{qgram}(a, b) = \frac{2 \cdot |Q(a) \cap Q(b)|}{|Q(a)| + |Q(b)|}$
 - $Q(a)$ = Menge der Trigramme von a
 - zu vergleichende Strings erhalten Präfix und Suffix mit je $q-1$ Füllzeichen
- Beispiel: RASEN und HASE mit $q=3$
 - RASEN \rightarrow ##R , #RA , RAS , ASE , SEN , EN% , N%%
 - HASE \rightarrow
 - Ähnlichkeit =



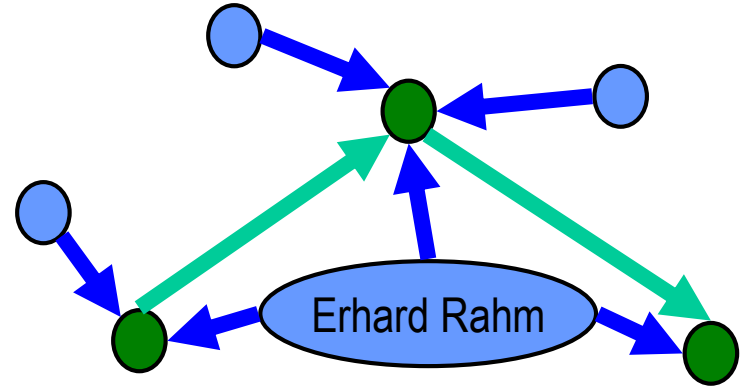
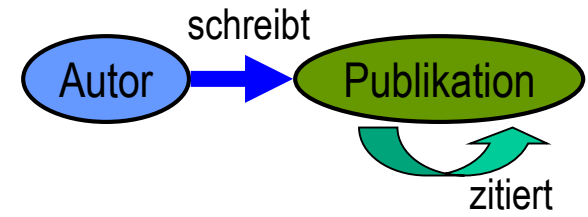
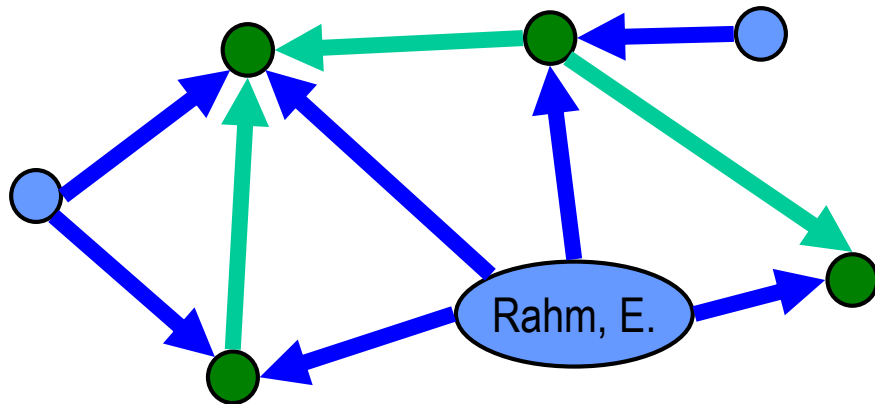
Ähnlichkeiten für Bäume

- Relevanz u.a. für XML-Dokumente (Baumstruktur)
- Ausnutzung der Hierarchie in der Ähnlichkeitsbeachtung
 - Bottom-Up
 - Sukzessive Aggregation von Ähnlichkeiten für Unterbäume
 - Eltern aggregieren Ähnlichkeiten ihrer Kinder
 - Teuer – immer den gesamten Baum betrachten
 - Top-Down
 - Kinder nur vergleichen, wenn Eltern hinreichend ähnlich
 - Billiger – viele Kinder werden nie verglichen
 - Aber: Geringerer Recall
- Spezielle Baumprobleme
 - Fehlende / neue Kinder
 - XML ist semistrukturiert
 - Ähnliches Problem: NULL-Werte in RDBMS
 - Reihenfolgevertauschungen
 - Möglichkeit: Tree-Edit-Distance



Ähnlichkeit für Graphen

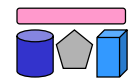
- Darstellung von Objektbeziehungen als Graph



- Anwendungen

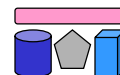
- Erkennung gleicher Autoren aufgrund Ko-Autorenschaft und zitierter Dokumente
 - Autoren neigen dazu, oft mit denselben Koautoren zu publizieren
 - Autoren neigen dazu, gleiche Papiere (vor allem eigene) zu zitieren
- Erkennung von gleichen Webseiten aufgrund der Struktur der Links
 - Mirror-sites, Google-Bombs
- Erkennen gleicher Personen in sozialen Netzwerken
- ...

- Beispiel-Algorithmus: MOMA's Neighborhood-Matcher



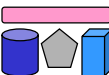
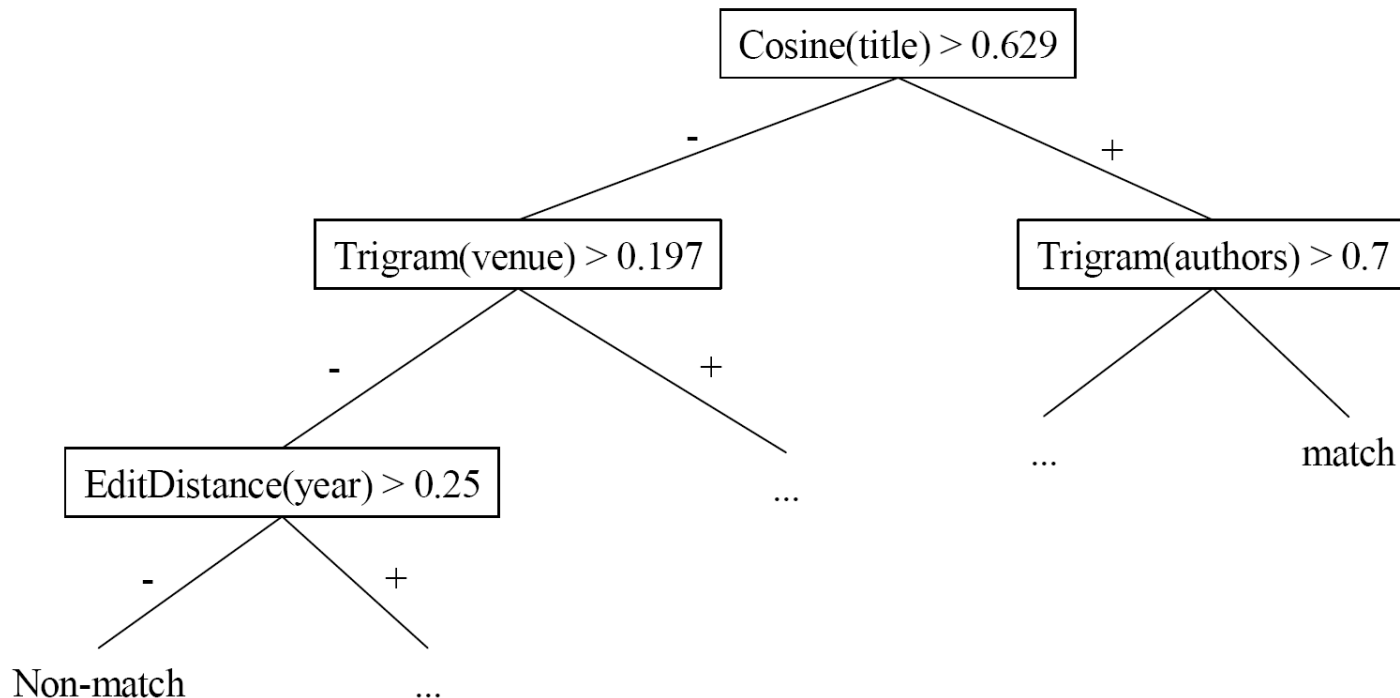
Matching-Regeln

- Verfahren (auf Basis ermittelter Ähnlichkeitswerte) zur Entscheidung “match” oder “non-match”
- Schwellwertbasiert: alle Paare mit Ähnlichkeit $\geq t$
- Top-N: für jedes Objekt x diejenigen N Objekte y mit größten $\text{sim}(x,y)$
- Kombination mehrerer Ähnlichkeitswerte mittels Regeln
 - Gewichtung der Attribute und/oder Ähnlichkeitsmaße
 - Beispiel: $\text{sim}_1(\text{FirstName}) \geq 0.5 \wedge \text{sim}_2(\text{LastName}) \geq 0.8 \rightarrow$ “match” else “non-match”
- Constraints
 - Einbringen von Domänenwissen zur Überprüfung des Match-Ergebnisses
 - Beispiel:
 - Matching von Personen, Quelle A liefert Alter, Quelle B liefert Einkommen
 - $\text{Alter}(p_A) < 10 \wedge \text{Einkommen}(p_B) > 50.000\text{€} \rightarrow (p_A, p_B)$ ist non-match



Lernverfahren für Object-Matching

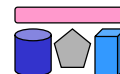
- Finden effektiver Match-Einstellungen ist schwierig
 - Auswahl der Attribute, Matcher (Ähnlichkeitsmaße), Einstellungen (u.a. Schwellwerte und Gewichtungen bei Matching-Regeln)
- Machine Learning verspricht Verbesserung
 - manuell spezifizierte Trainingsdatenmenge
 - Lernen von Match-Kriterien (z.B. mit Entscheidungsbaum)
 - Problem: gute Trainingsdaten mit vertretbarem manuellen Aufwand



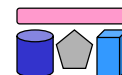
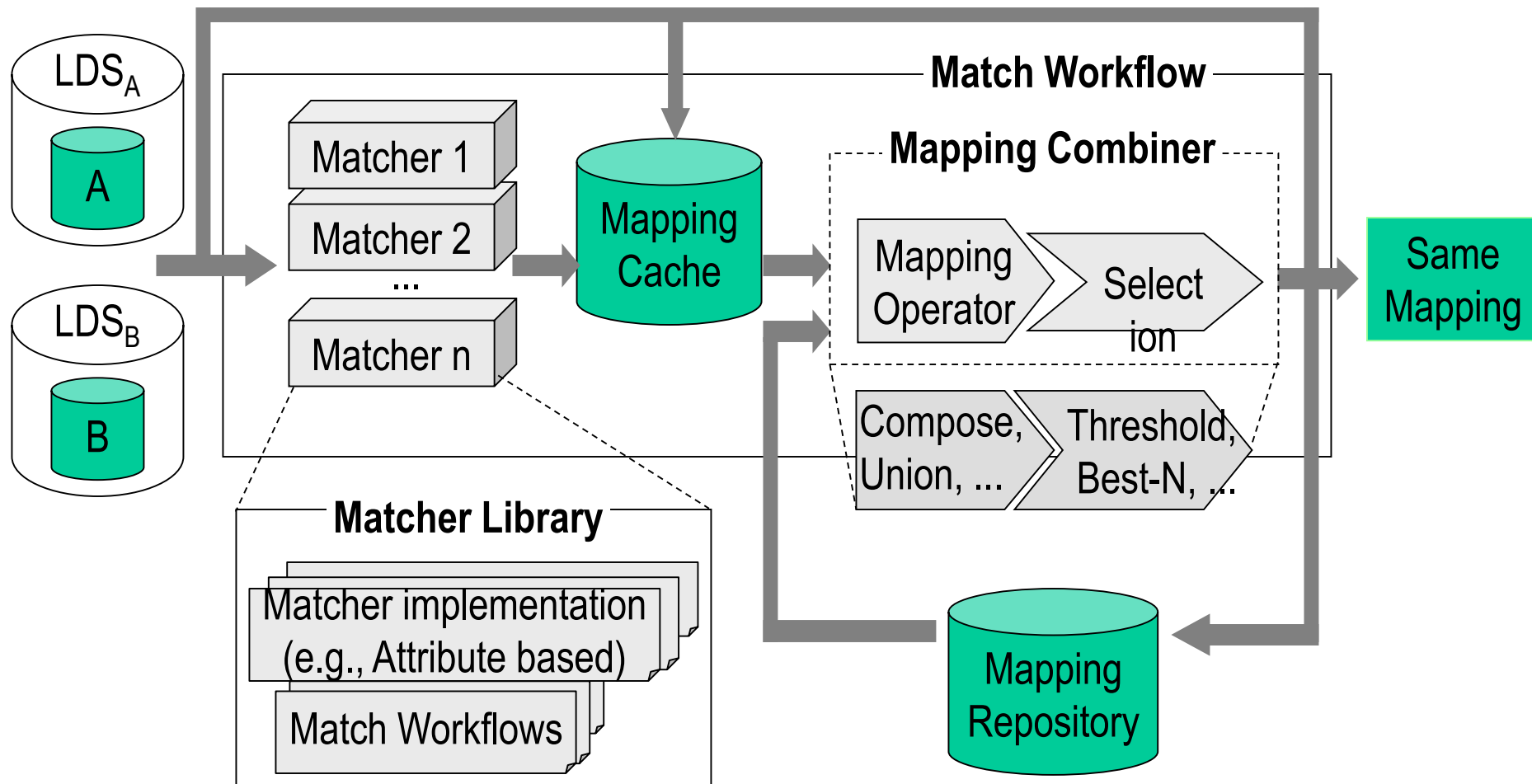
Object-Matching-System MOMA

- MOMA = Mapping based Object Matching
- Framework für Objekt-Matching (Fuzzy Match)
 - Unterstützung komplexer Match-Workflows
 - Kombination mehrerer Matcher / Ergebnisse
 - Wiederverwendung bereits berechneter Mappings
 - Unterstützung heterogener Datenquellen, v.a. von Web-Daten
- Mapping-basierter Ansatz
 - Match-Ergebnis ist Mapping bestehend aus Instanz-Korrespondenzen („Same-Mapping“)
 - bereits existierende Mappings (z.B. Web-Links) werden ausgenutzt
 - semantische Beziehungen zwischen Objekten („Assoziations-Mappings“) werden durch spezielle Matcher bzw. Workflows ausgenutzt
- Realisierung im Rahmen der iFuice-P2P-Architektur zur Datenintegration

Quelle _A	Quelle _B	Sim
a ₁	b ₁	0.9
a ₂	b ₂	0.7
a ₃	b ₃	1

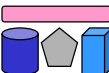
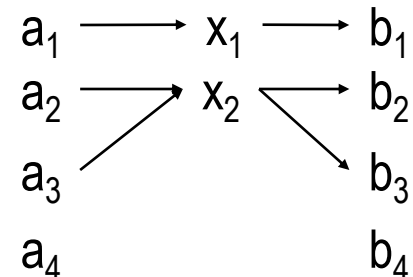
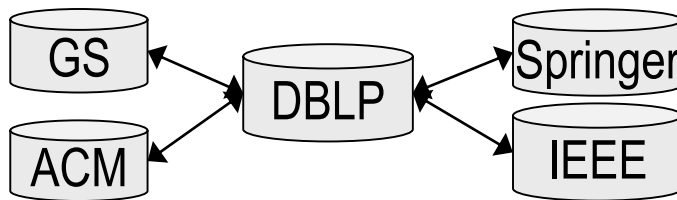


MOMA-Architektur



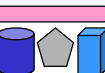
Wiederverwendung von Match-Ergebnissen

- Vereinigung / Durchschnitt von Mappings zur Absicherung der Match-Qualität
 - Vereinigung erhöht i.Allg. Recall auf Kosten der Precision
 - Durchschnitt erhöht i.Allg. Precision auf Kosten des Recalls
- Komposition von Mappings ermöglicht effiziente Berechnung neuer Mappings
 - $\text{compose}(M_{AX}, M_{XB}) = \{ (a_i, b_k) \mid (a_i, x_j) \in M_{AX}, (x_j, b_k) \in M_{XB} \}$
 - Besonders gut geeignet, falls Hub-Datenquelle vorhanden ist (Sternstruktur)
 - Fehlende Objekte in „mittlerem“ Datenquelle führen zu fehlenden Korrespondenzen (Bsp: a_4 - b_4); Komposition kann zu falschen Korrespondenzen führen (Bsp: a_2 - b_3)
 - Grundannahme: Transitivität der Ähnlichkeit (" $a \approx x \wedge x \approx b \rightarrow a \approx b$ ") ... gültig?



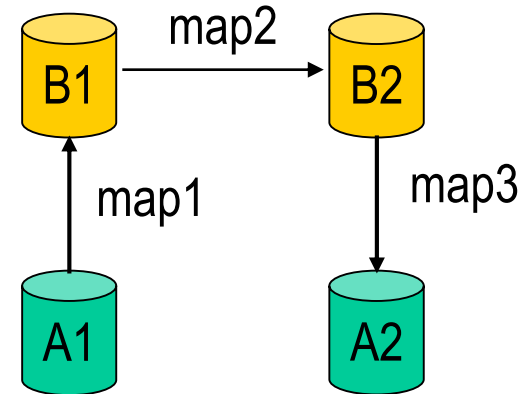
Neighborhood-Matcher: Idee

- Motivation: Wertevergleich für heterogene Objekte schwierig
- Beispiel für gleiche Konferenzen
 - Proceedings of the 27th International Conference on Very Large Databases
 - Proc. of VLDB 2001, Italy
- Lösung 1: Match-Verfahren mittels Domänenwissen
 - Abkürzungen, z.B. VLDB = Very Large Databases
 - Zuordnungen, z.B. „VLDB 2001“ = „27. VLDB“
 - ...
 - Problem: Woher kommt Domänenwissen? Bei jeder Domäne anders!
- Lösung 2: Verwendung assoziierter Informationen
 - Beispiel: „Zwei Konferenzen sind gleich, wenn die Menge der zugehörigen Publikationen gleich sind.“
 - Mögliche Abschwächungen
 - alle → viele
 - gleich → ähnlich

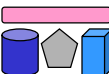
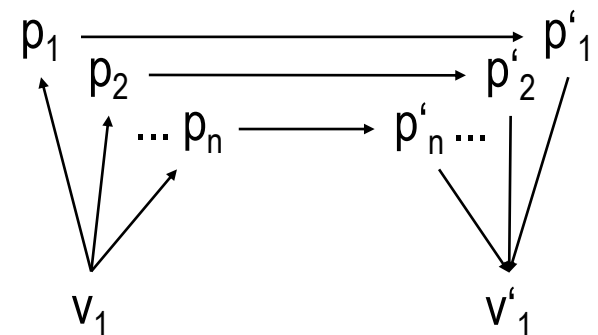


Neighborhood-Matcher: Match-Workflow

- Verwendung von Assoziations-Mappings
 - Syntax: Gleicher Struktur wie Same-Mappings; fester „Ähnlichkeitswert“ = 1
 - Semantik: Korrespondenzen zwischen assoziierten Objekten, z.B. Publikationen - Venue
- Match-Workflow als Komposition von drei Mappings
 - map1 und map3 sind Assoziations-Mappings
 - map2 ist ein Same-Mapping
- Idealfall (rechts) nicht immer erreicht, da
 - Assoziations-Mappings unvollständig, z.B. nicht alle Publikationen in Datenquelle zu jedem Venue verfügbar
 - Same-Mapping fehlerhaft, z.B. als Ergebnis eines automatischen Match-Verfahrens

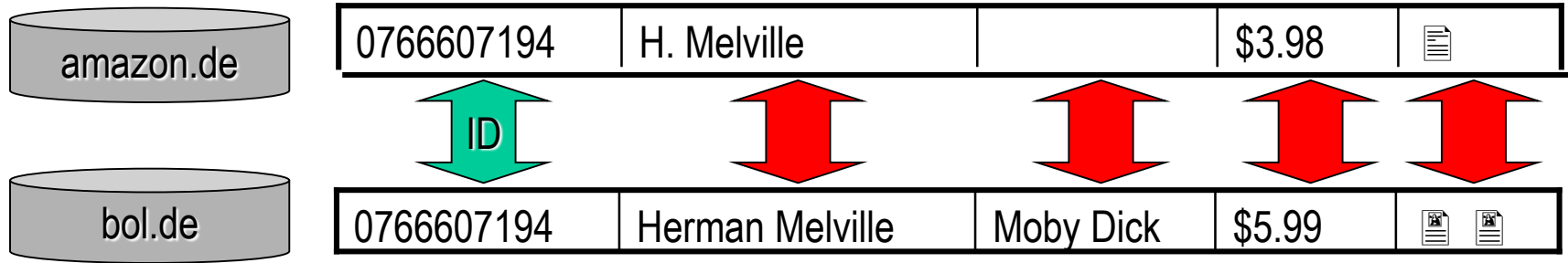


- Ähnlichkeitswert für $(v_i - v'_j)$
 - Dice-Koeffizient (analog q-gram)
$$\frac{2 \cdot \# \text{Pfade von } v_i \text{ nach } v'_j}{\# \text{Korresp. } (v_i, p_r) + \# \text{Korresp. } (p'_s, v'_j)}$$



Datenkonflikte und Konfliktlösung

- Datenkonflikt: Duplikate haben unterschiedliche Werte für ein semantisch gleiches Attribut
- Datenkonflikte sind
 - Intra-Source: Innerhalb eines Informationssystems
 - Inter-Source: Bei der Integration mehrerer Informationssysteme



- Datenauswahl: Präferenzordnung
 - Aktualität der Quelle
 - Vertrauen in Datenquelle
 - Quelle mit mehr Informationen
 - Mehr als 2 Quellen: Majority Voting
- Datenfusion
 - Verwendung von Konfliktlösungsfunktionen
 - „Aggregation“ der Konfliktwerte in einen
 - Hochgradig domänen-/attributabhängig

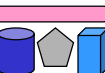
SQL: Standard Union

- Unbefriedigend
 - Keine Duplikaterkennung, nur Eliminierung identischer Tupel
 - Schemata müssen identisch sein, keine strukturelle Heterogenität
 - Kein Füllen von Lücken: NULL \neq Wert
 - Keine Datenfusion (Probleme mit PK's)

Mitarbeiter m			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
2	Stefanie	Meier	34

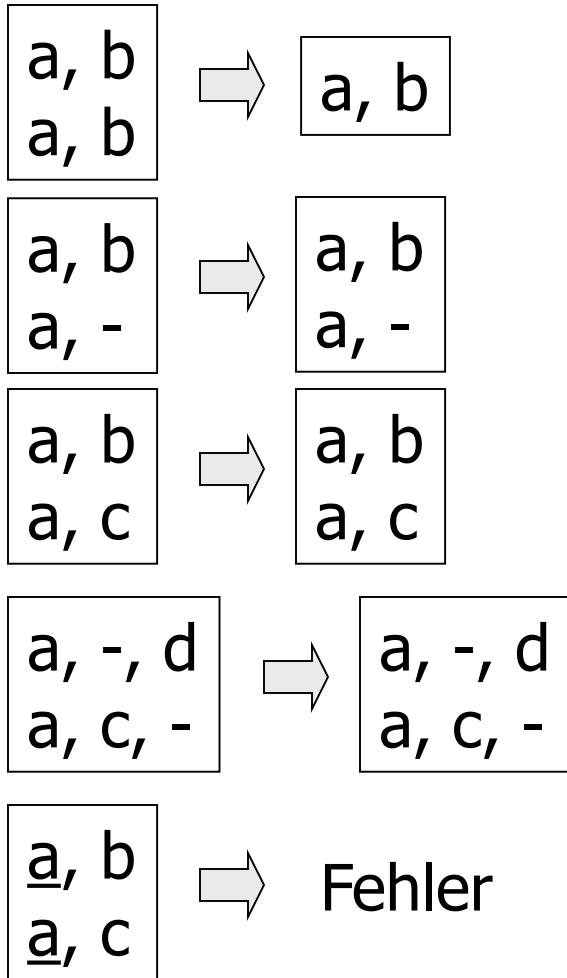
Employees e			
p_id	vorname	nachname	alter
5	Petra	Weger	28
2	Stefanie	Meier	Null

m \cup e			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
2	Stefanie	Meier	34
5	Petra	Weger	28
2	Stefanie	Meier	Null

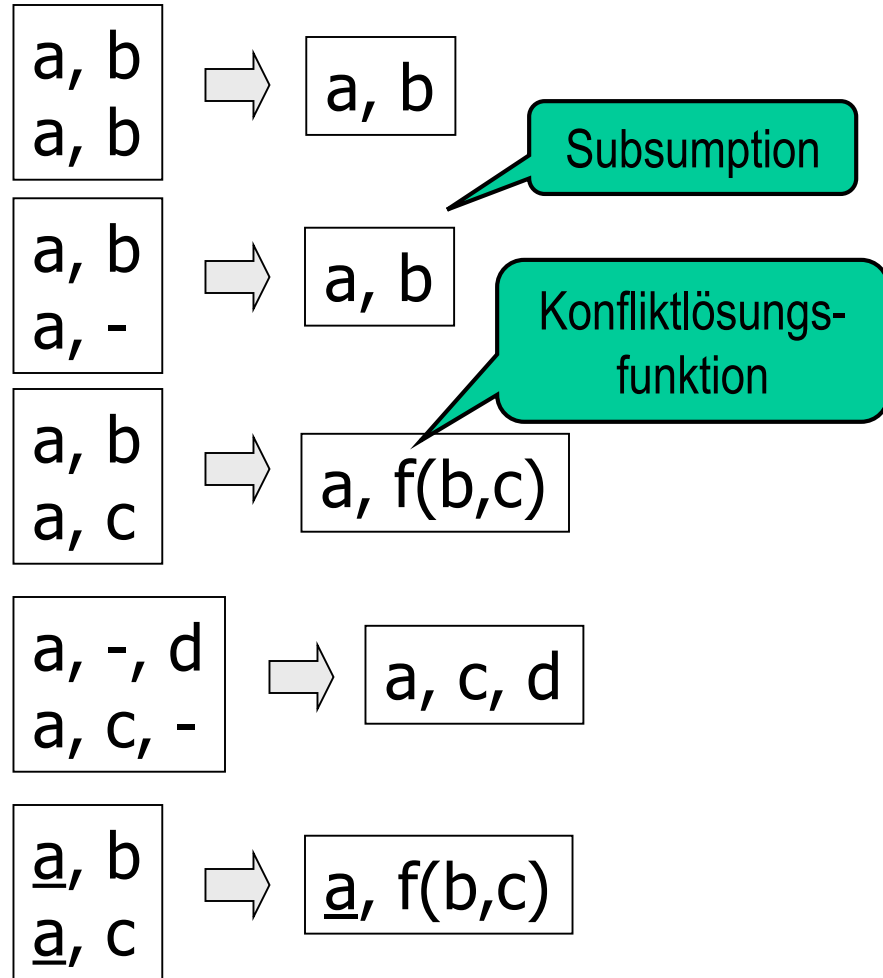


Duplikatintegration

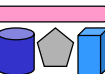
Standard Union



“Gute” Duplikatintegration



Annahme: a identifiziert Objekte (und damit Duplikate)



Outer Union

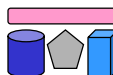
- R1 und R2 Relationen mit Schemata S1 bzw. S2
- Outer Union füllt R1 und R2 mit Attributen und NULL-Werten auf, so dass beide dem Schema $S1 \cup S2$ entsprechen
- Dann berechne die normale Union
- Kann also mit strukturell heterogenen Schemata umgehen
- Attribute in S1 und S2 mit identischem Namen sind nur einmal im Resultat
- Aber keine Datenfusion

E. F. Codd: Extending the Database Relational Model to Capture More Meaning. TODS 4(4): 397-434 (1979)

R		
A	B	C
P	1	2
P	2	1
Q	1	2

S	
B	D
2	U
3	V

$R \uplus S$			
A	B	C	D
P	1	2	⊥
P	2	1	⊥
Q	1	2	⊥
⊥	2	⊥	U
⊥	3	⊥	V

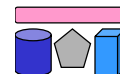


Subsumption

- Subsumption: Tupel t_1 subsumiert t_2 , wenn
 - Es die gleichen Attribute hat und
 - t_2 mehr NULL-Werte hat als t_1 und
 - $t_1.A = t_2.A$ für alle Attribute A mit $t_2.A \neq \text{NULL}$
- $R \downarrow$ ergibt die Tupel aus R , die nicht durch andere Tupel in R subsumiert werden
- Semantik der NULL?
 - Wert unbekannt ("*unknown*")
 - Bsp.: Unbekannter Geburtstag
 - Wert nicht anwendbar ("*inapplicable*")
 - Bsp.: Ehemann/-frau für Ledige
 - Wert zurückbehalten ("*withheld*")
 - Bsp.: Geheime Telefonnummer

R			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
1	Peter	Müller	⊥
1	Peter	⊥	⊥
1	Peter	⊥	32
1	Peter	⊥	42
2	Wiebke	⊥	2
2	⊥	Meyer	2

$R \downarrow$			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
1	Peter	⊥	42
2	Wiebke	⊥	2
2	⊥	Meyer	2



Minimum Union

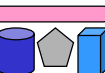
$$K \oplus C = (K \uplus C) \downarrow$$

Kunde K			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
2	Franz	Schmidt	55
3	Wiebke	Meyer	⊥

Customer C		
p_id	nachname	alter
1	Müller	32
2	Schmidt	⊥
3	⊥	56

$K \uplus C$			
p_id	vorname	nachname	alter

$K \oplus C$			
p_id	vorname	nachname	alter



Join

- Ist Join geeignet zur Integration?

Kunde K			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
2	Franz	Schmidt	55
3	Wiebke	Meyer	⊥
4	Klaus	Lehmann	28

Customer C		
p_id	nachname	alter
1	⊥	32
2	Schmidt	⊥
3	Meier	56
5	Weger	47

K \bowtie_{p_id} C					
p_id	K.vorname	K.nachname	C.nachname	K.alter	C.alter
1	Peter	Müller	⊥	32	32
2	Franz	Schmidt	Schmidt	55	⊥
3	Wiebke	Meyer	Meier	⊥	56



Merge

- Vermischt Join und Union zu einem Operator
- COALESCE beseitigt NULLs
- Priorisierung möglich
- Lässt sich mit Hilfe von SQL ausdrücken

```
( SELECT K.p_id, K.vorname,  
  Coalesce(K.nachname, C.nachname),  
  Coalesce(K.alter, C.alter)  
FROM K LEFT OUTER JOIN C ON K.p_id = C.p_id )  
UNION  
( SELECT C.p_id, K.vorname,  
  Coalesce(C.nachname, K.nachname),  
  Coalesce(C.alter, K.alter)  
FROM K RIGHT OUTER JOIN C ON K.p_id = C.p_id )
```

Customer C		
p_id	nachname	alter
1	⊥	32
2	Schmidt	⊥
3	Meier	56
5	Weger	47

Kunde K			
p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
2	Franz	Schmidt	55
3	Wiebke	Meyer	⊥
4	Klaus	Lehmann	28

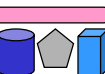
C ⊠ K			
p_id	vorname	nachname	alter

Konfliktlösung

- NULL-Werte nur ein (einfacher) Teil der Konfliktlösung
 - Allgemein: Konfliktlösungsfunktion
- Idee zur Implementierung in SQL
 - Duplikatfindung als Gruppierung
 - Konfliktlösung mit Aggregatfunktionen

$$f(x, y) := \begin{cases} \perp & \text{if } x = \perp \text{ and } y = \perp \\ x & \text{if } x \neq \perp \text{ and } y = \perp \\ y & \text{if } x = \perp \text{ and } y \neq \perp \\ g(x, y) & \text{else} \end{cases}$$

Min, Max, Sum, Count, Avg, StdDev	Standard Aggregationsfunktionen
Random	Zufallswahl
First, Last	Nimmt ersten/letzten Wert, reihenfolgeabhängig
Longest, Shortest	Nimmt längsten/kürzesten Wert
Choose(source)	Quellenauswahl
ChooseDepending(col, val)	Wahl abhängig von val in col
Vote	Mehrheitsentscheid
Coalesce	Nimmt ersten nicht-null Wert
Group, Concat	Gruppiert, fügt zusammen
MostRecent	Nimmt aktuellsten Wert
MostAbstract, MostSpecific	Benutzt eine Taxonomie
.... 44



Gruppierung/Aggregation zur Integration (1)

- Allgemeines Vorgehen
 - Outer-Union auf alle Quellen
 - Mit einer SQL GROUP BY Anfrage umschließen
 - Gruppierung nach “Duplikat-Id”
 - Aggregat-Funktionen als Konfliktlösungsfunktion für alle anderen Attribute
 - Konfliktlösungsfunktion manuell bestimmen

$K \uplus C$

p_id	vorname	nachname	alter
1	Peter	Müller	32
2	Franz	Schmidt	55
3	Wiebke	Meyer	55
1	Peter A.	Müller	32
2	⊥	Schmidt	⊥
3	⊥	Meier	56

p_id	vorname	nachname	alter
1			
2			
3			

```
SELECT p_id, MAXLEN(vorname), CHOOSE(nachname,C), MAX(alter)
FROM  $K \uplus C$ 
GROUP BY p_id
```

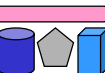
Längster String

größter Wert

C ist bevorzugte Quelle

Gruppierung/Aggregation zur Integration (2)

- Vorteile
 - Eleganter Rahmen
 - Effizient (durch Sortierung)
 - Simpel, kurz, deklarativ
- Nachteile
 - Outer Union meistens nicht implementiert
 - Kann durch Sichten simuliert werden
 - Konfliktresolution beschränkt auf eingebaute Aggregatfunktionen
 - MAX, MIN, AVG, VAR, STDDEV, SUM, COUNT
 - User-defined aggregate functions?
 - Duplikaterkennung nur nach Gleichheit
 - Besser: GROUP BY similar(id,name,birthdate)
 - User-defined grouping functions?



Zusammenfassung

- Datenqualität entscheidend für Informationssysteme
 - schwieriges Problem für integrierte Informationssysteme
- Object Matching entscheidender Aspekt
 - Erkennung von Instanzen des gleichen Realweltobjekts
 - Viele Algorithmen (u.a. Ähnlichkeitsmaße) und Frameworks
 - Qualität abhängig von Domäne, Parametern, Hintergrundwissen, ...
- Instanzintegration
 - Konfliktlösung für widersprüchliche / fehlende Werte
 - Konfliktlösungsfunktionen zur Definition, welche Attributwerte im fusionierten/aggregierten Ergebnisobjekt auftreten

