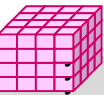


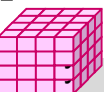
4. ETL: Schemaintegration + Data Cleaning

- ETL-Überblick
- Schemaintegration
- Schema Matching
 - Verfahren
 - Prototypen / Tools
- Data Cleaning
 - Probleme
 - Teilaufgaben
- Entity Matching (record linkage)
 - Blocking, Matching, Clustering
 - Systeme/Prototypen: MS SQL-Server, Dedoop, Famer



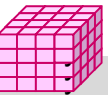
ETL-Prozess

- Data Warehousing und ETL: materialisierter Ansatz zur Datenintegration
 - Erzeugung einer aggregierten, materialisierten Datenquelle für Online-Analysen
 - komplexer, aufwändiger Integrationsprozess
 - Offline-Durchführung erlaubt höhere Datenqualität gegenüber virtueller Datenintegration (Datentransformation während Query-Verarbeitung)
- *Extraktion*: Selektion eines Ausschnitts der Daten aus Quellen
 - ausgeführt an den entsprechenden Quellen
- *Transformation*: Aufbereitung und Anpassung der Daten an vorgegebene Schema- und Qualitätsanforderungen
 - ausgeführt im temporären Arbeitsbereich (Data Staging Area)
- *Laden*: physisches Einbringen der Daten aus Arbeitsbereich in das Data Warehouse, einschließlich evtl. notwendiger Aggregationen

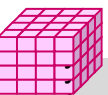
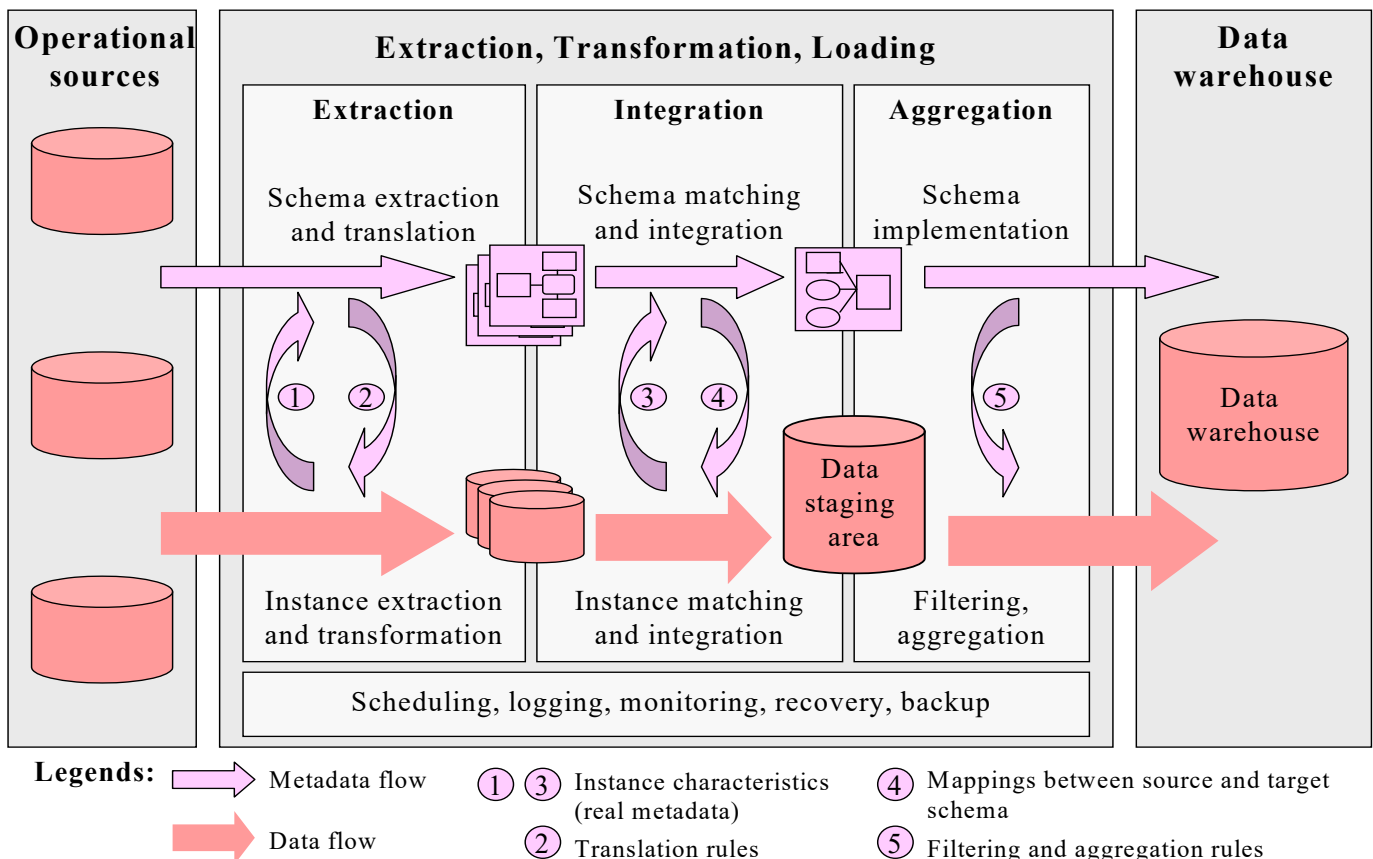


ETL-Prozess (2)

- aufwändigster Teil des Data Warehousing
 - Vielzahl von operativen Quellen
 - Heterogenität der Datenquellen (DBMS, Schemata, Daten)
 - Gewährleistung hoher Qualität der Warehouse-Daten
- entscheidende Rolle im Data Warehousing, da großer Einfluss auf
 - Genauigkeit und Richtigkeit der später durchgeführten Analysen
 - die darauf basierenden Entscheidungen: „Garbage In, Garbage Out“

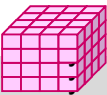


ETL-Prozess: Ablauf



ETL als Integrationsprozess

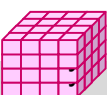
- ETL: Integration auf 2 Ebenen, Schemaintegration und Datenintegration
- Schemaintegration
 - Konstruktion eines Data Warehouse-Schemas aus existierenden Quellschemata
 - Ableitung von Korrespondenzen zwischen dem Data Warehouse-Schema und existierenden Quellschemata: *Schema Matching*
- Datenintegration / Data Cleaning
 - Transformation heterogener Daten in einheitliche, durch Data Warehouse-Schema vorgeschriebene Repräsentation
 - Entdeckung und Behebung von Datenqualitätsproblemen
 - Entdeckung äquivalenter Objekte/Sätze (Korrespondenzen auf Instanzenebene): *Entity Matching* / Duplikatbehandlung



Schemaintegration - Anforderungen

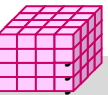
- Minimalität
 - keine Redundanz im integrierten Schema
 - Abbildung mehrerer gleicher/ähnlicher Konzepte in lokalen Schemata auf ein Konzept im integrierten Schema
- Korrektheit
 - Äquivalenz der im integrierten Schema enthaltenen Informationen mit denen in den lokalen Schemata
 - Konsistenz der während der Integration ergänzten Informationen, z.B. Beziehungen zwischen Konzepten im integrierten Schema
- Verständlichkeit

Vollständigkeit (Beibehaltung aller Informationen aus Quellschemas) ?



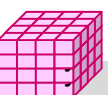
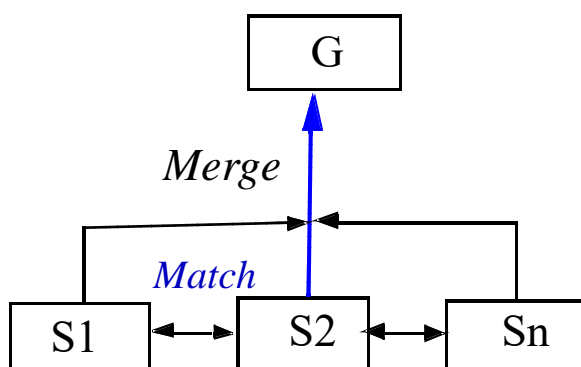
Schemaintegration (2)

- Probleme der Schemaintegration
 - Heterogenität der Schemarepräsentationen
 - z.B. relational (SQL), XML, Dateien ...
 - semantische Heterogenität der Schemaelemente (Namenskonflikte, strukturelle Konflikte)
- Alternativen
 - Bottom-Up-Schemaintegration
 - Top-Down-Schemaintegration

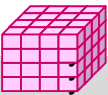
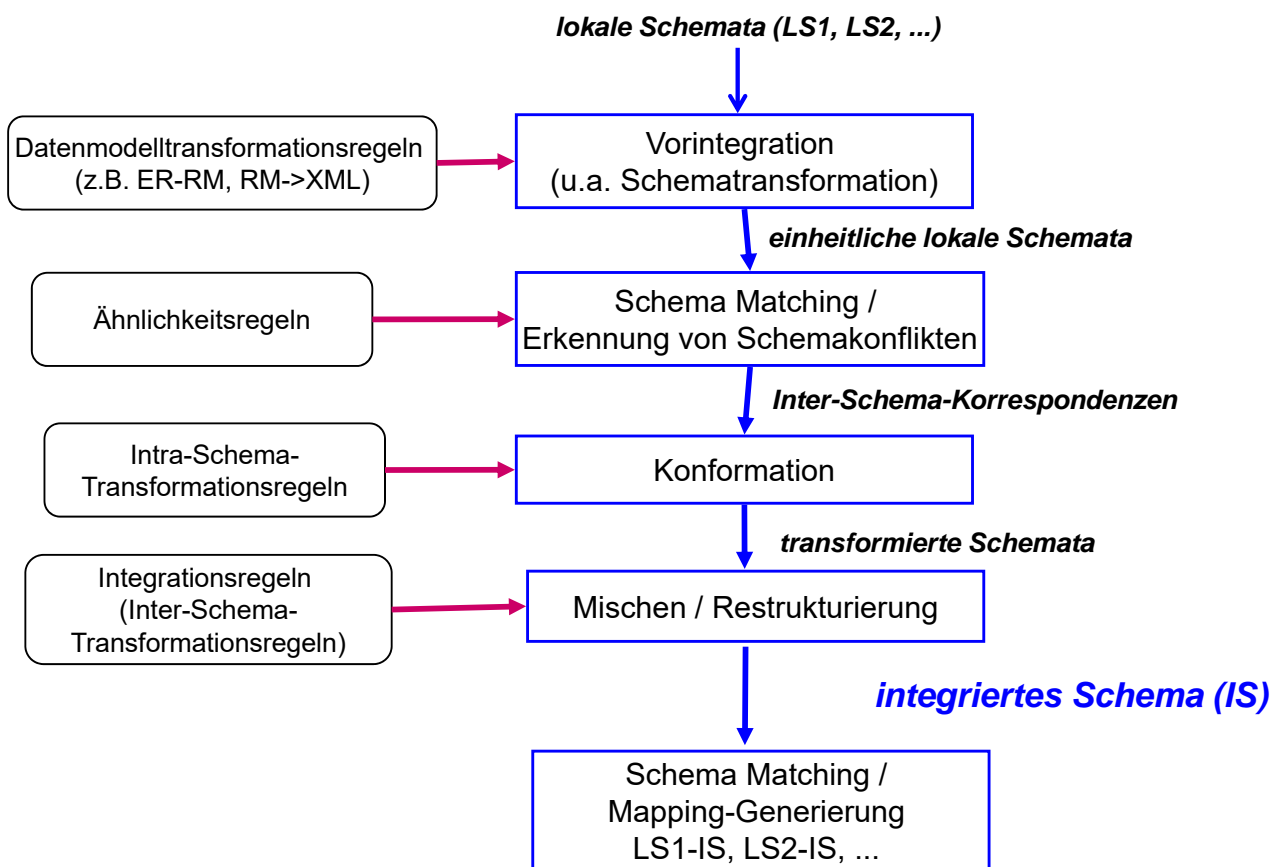


Bottom-Up-Integration (*Global as View*)

- (vollständiges) Mischen aller Source-Schemata in globales Schema
- setzt Abgleich zwischen Source-Schemas voraus, insbesondere Bestimmung von Korrespondenzen / Konflikten
- globales Schema entspricht gemeinsamer Sicht (View) auf die zugrundeliegenden Quellen
- neue Quelle ändert meist globales Schema

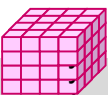
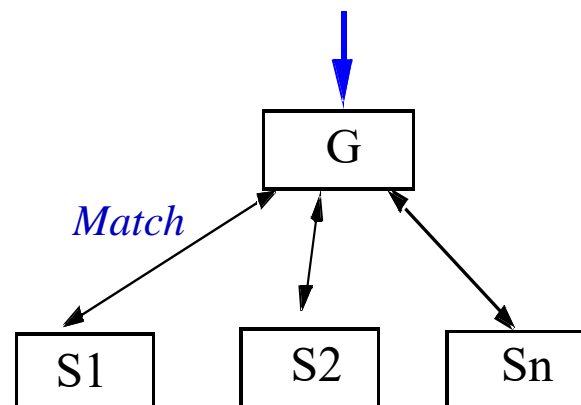


Bottom-Up-Schemaintegration (2)

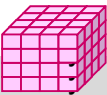
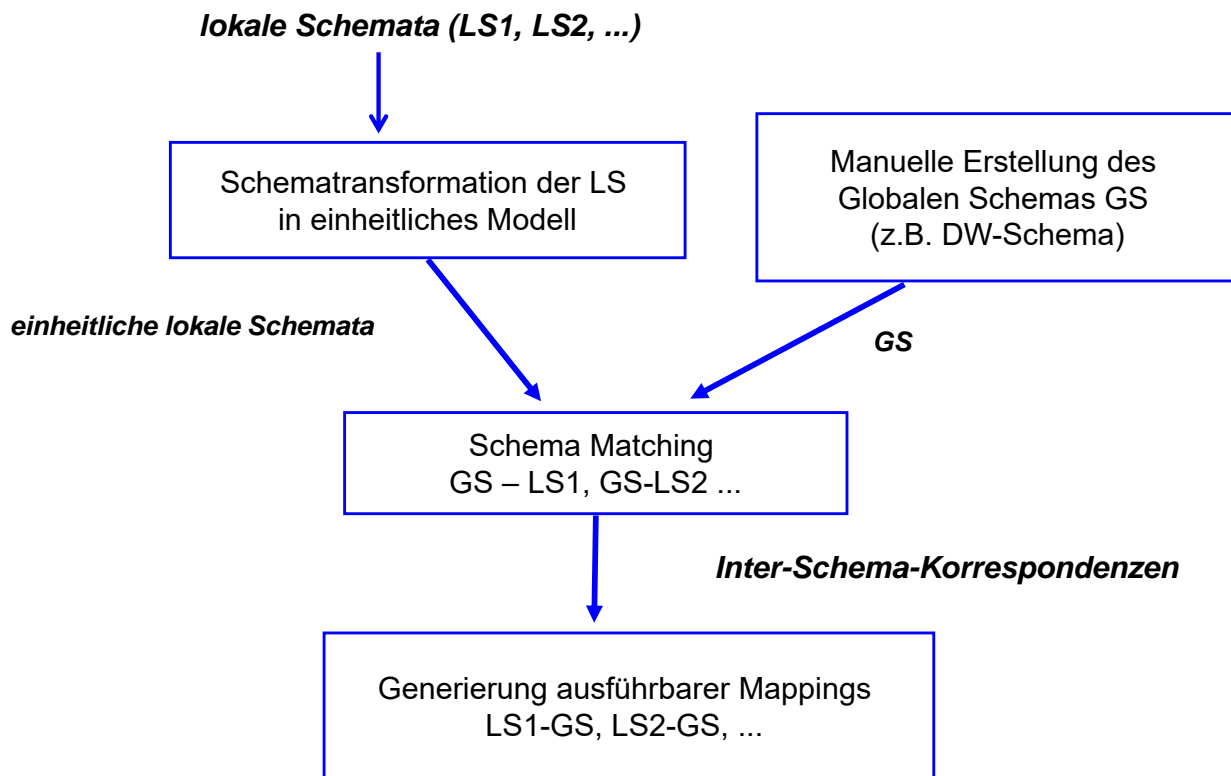


Top-Down-Integration (Local as View)

- globales Schema G ist vorgegeben
- jede Source S wird unabhängig von anderen Sources mit globalem Schema abgeglichen, d.h. ein Mapping $G - S$ erstellt (Mapping beschreibt Inhalt der Quelle)
- aufwändige Query-Verarbeitung bei virtueller Integration
- G berücksichtigt i.a. nur Teile der lokalen Schemata



Top-Down-Schemaintegration (2)



Namenskonflikte

Mitarbeiter
Name
Adresse

Angestellte
Name
Anschrift

Firma
Name
Adresse

- **Synonyme:** unterschiedliche Namen für das selbe Konzept

Mitarbeiter \approx Angestellte

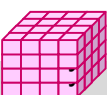
Mitarbeiter.Adresse \approx Angestellte.Anschrift

- **Homonyme:** gleiche Namen für verschiedene Konzepte

(Mitarbeiter.)Name \neq (Firma.)Name

(Mitarbeiter.)Adresse \neq (Firma.)Adresse

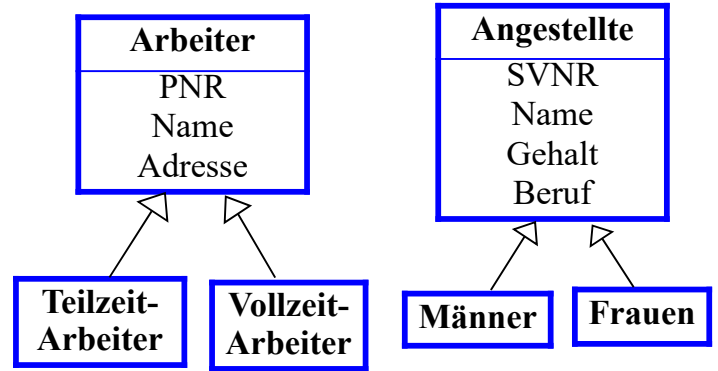
- **Hyponyme/Hyperonyme:** Unter-/Oberbegriffe



Strukturelle Konflikte

Entity vs. Entity

- unterschiedliche Schlüssel
PNR - SVN
- unterschiedliche Attributmengen, fehlende Attribute
- unterschiedliche Abstraktionsebenen (Generalisierung, Aggregation)



unterschiedliche Realitätsausschnitte

(RWS, real world states), Instanzmengen disjunkt (disjoint):

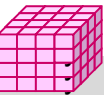
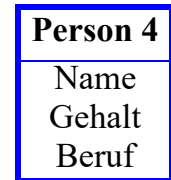
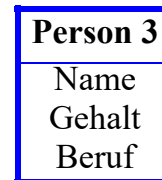
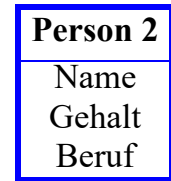
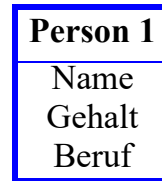
Person1 - Person2

überlappend (overlaps):

Person1 - Person3, Person2 - Person3

enthalten (contains):

Person4 \subseteq Person1, Person4 \subseteq Person3,



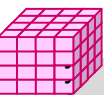
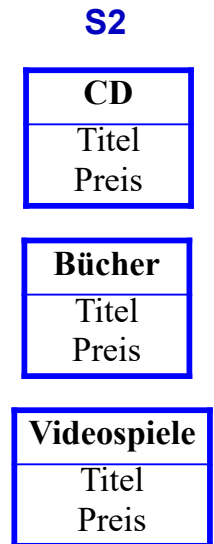
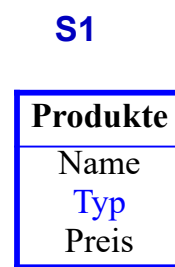
Strukturelle Konflikte (2)

Attribut vs. Entity-Konflikte

- Repräsentation von Attributen als eigenständige Entities/Relationen
- Bsp.: Produkttyp

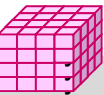
Attribut vs. Attribut-Konflikte

- unterschiedliche Datentypen
Preis (Float) vs. Preis (String)
- unterschiedliche Detailgrade
Name vs. Vorname und Nachname
- unterschiedliche Einheiten: *\$ vs. Euro*
- unterschiedliche Genauigkeiten: *Tausend Euro vs. Euro*
- unterschiedliche Integritätsbedingungen, Wertebereiche, Default-Werte ...
Alter > 18 vs. Alter > 21
- unterschiedliche Zulässigkeit von Nullwerten



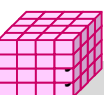
Behandlung von Konflikten

- **Konflikterkennung: Vergleich der Schemata**
 - Identifikation der ähnlichen/gleichen in den Schemata enthaltenen Information
 - Identifikation verschiedener Strukturen, die ähnliche Informationen repräsentieren
- **Repräsentation der Inter-Schema-Korrespondenzen**
 - Synonyme, Matches: Kunde \approx Klient
 - is-a-Korrespondenzen: Angestellte *is-a* Person
 - RWS-Korrespondenzen: RWS(Produkte) *contains* RWS(Bücher)
- **Behebung von Schemakonflikten v.a. bei Bottom-Up-Integration (Merge) erforderlich**
 - Umbenennungen zur Behebung von Namenskonflikten
 - Schemakonformation und –restrukturierungen
- **Top-Down-Integration: Spezifikation notwendiger Transformationen bei Mapping-Erzeugung**



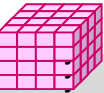
Automatisierungsbedarf

- **bisherige Schemaintegrationsansätze weitgehend manuell**
 - nutzerdefinierte Korrespondenzen und Konfliktbehandlung
 - Nutzung spezifischen Schema-/Domain-Wissens
 - aufwändig / fehleranfällig vor allem für größere Schemata
 - nicht skalierbar auf viele Schemata
 - hoher Anpassungsaufwand bei Schemaänderungen
- **Skalierbarkeit erfordert semi-automatische Lösungen / Tools!**
 - vollautomatische Lösungen aufgrund semantischer Heterogenität nicht möglich
 - Namensproblematik (Synonyme, Homonyme)
 - begrenzte Mächtigkeit von Metadaten / Schemasprachen
- **(Teil-)Automatisches [Schema-Matching](#)**
 - v.a. für große Schemata wichtig
 - Nutzer-Feedback notwendig, jedoch im begrenzten Umfang



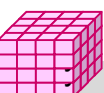
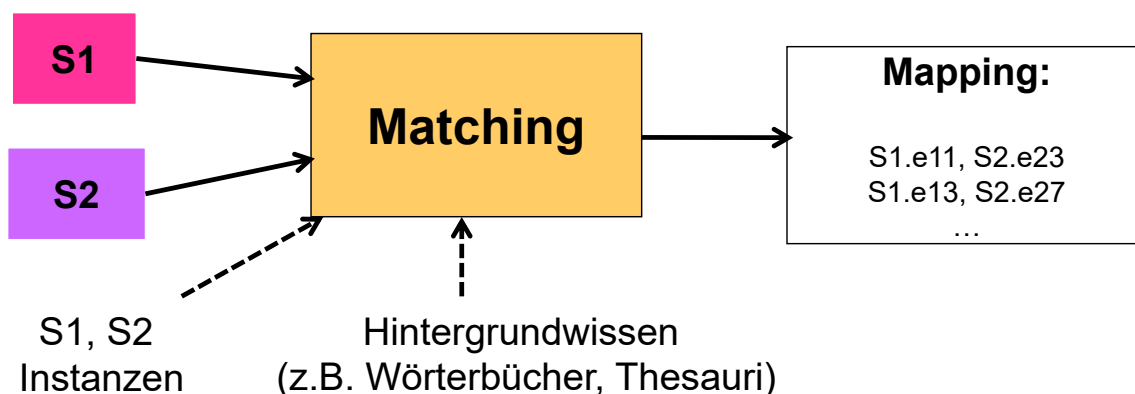
4. ETL: Schemaintegration + Data Cleaning

- ETL-Überblick
- Schemaintegration
- Schema Matching
 - Verfahren
 - Prototypen / Tools
- Data Cleaning
 - Probleme
 - Teilaufgaben
- Entity Matching (record linkage)
 - Blocking, Matching, Clustering
 - Systeme/Prototypen: MS SQL-Server, Dedoop, Famer

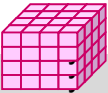
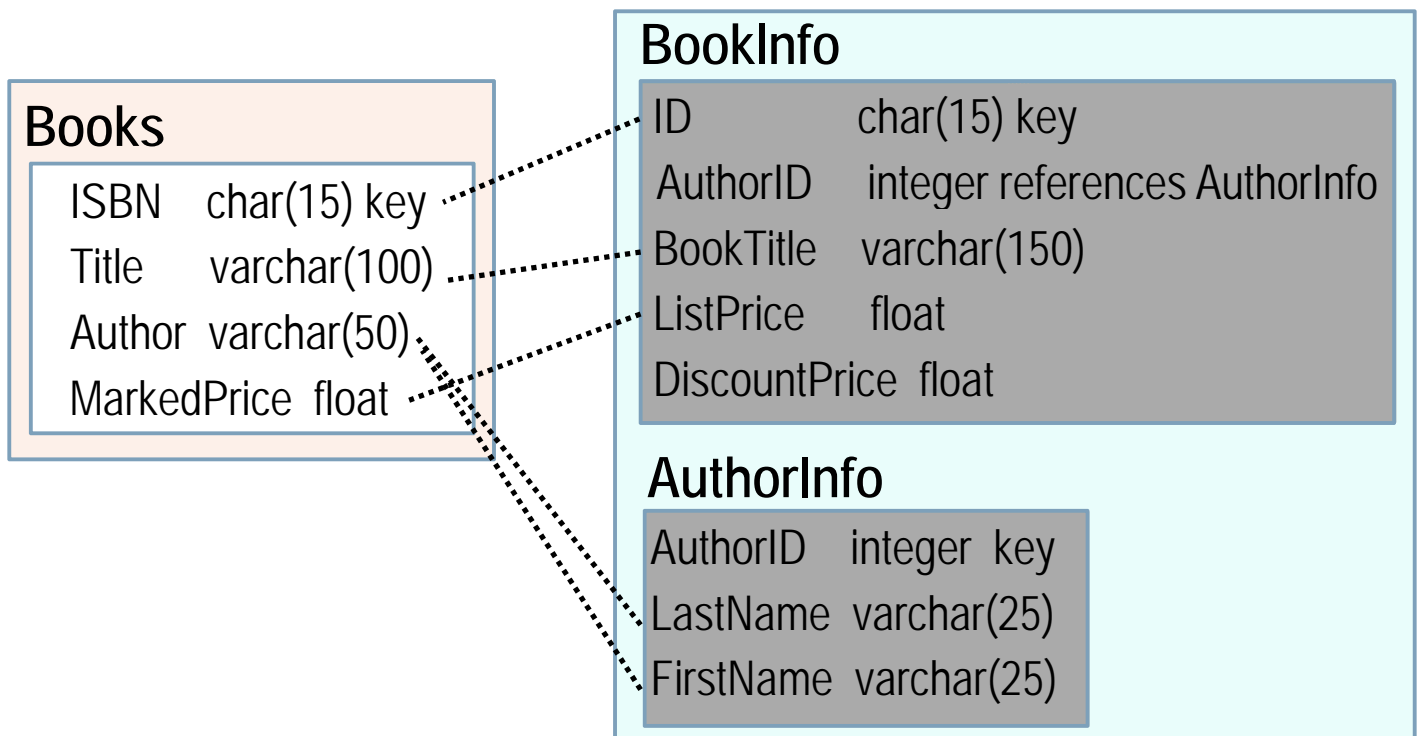


Schema Matching

- kritischer Schritt in zahlreichen Applikationen
 - Datenintegration (u.a. Data Warehouses), Datenaustausch (XML Message Mapping), Wissensverarbeitung (Ontologie-Matching)
- Finden semantischer **Korrespondenzen** zwischen 2 Schemas
 - **Input:** Schemas und evtl. Instanzbeispiele und Hintergrundwissen
 - **Output:** paarweise Korrespondenzen zwischen Schemaelementen (z.B. $S1.e1 - S2.e2$), ggf. ergänzt um numerische Ähnlichkeit (zwischen 0 und 1) und Beziehungstyp: equal, is-a, part-of, related, ...

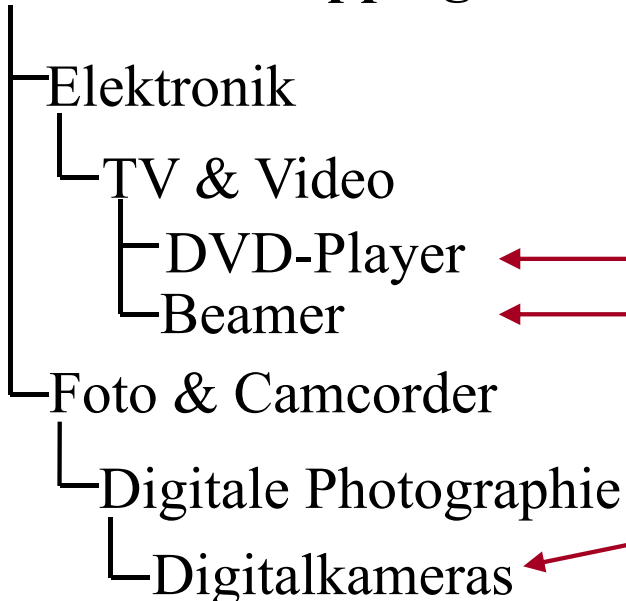


Match-Beispiel 1: relationale Schemas

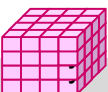
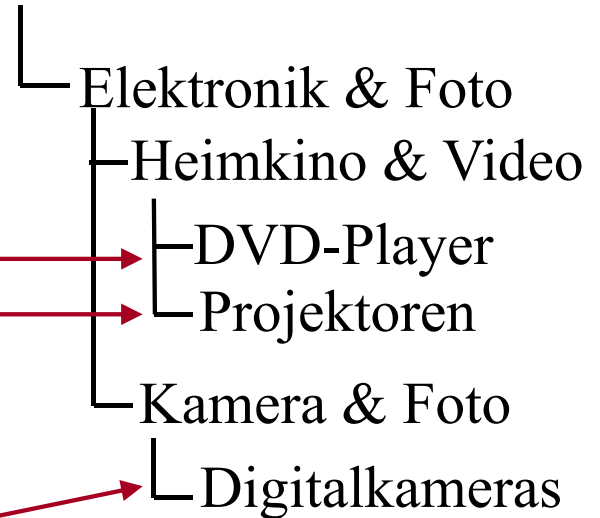


Match-Beispiel 2: Produktkataloge

Yahoo.de Shopping



Amazon.de



Match-Beispiel 3: n Produkt-Schemata (Kameras)

Iigs.net

<page title>: "Pentax K-5 II + 18-55 mm WR – Digital...",
 battery type: "D-Li90 Lithium-ion battery",
 box contents: "AV cable USB cable Li-ion battery D-Li90...",
 colour of product: "Black",
 compatible memory cards: "SD/SDHC/SDXC",
 dimensions w x d x h: "131 x 72.5 x 97 mm",
 interface: "Mini-HDMI and AV outputs compatible with...",
 iso sensitivity: "80 to 51 200",
 led screen size: "3.0",
 lens type: "18-55MM WR Lens",
 megapixel: "16",
 sensor type: "CMOS",
 type: "Single Lens Kit",
 warranty: "1 Year",
 weatherproof: "Yes",
 weight: "760 g",
 white balance: "Auto Daylight Shade Cloudy Fluorescent..."

Eglobalcentral.co.uk

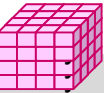
<page title>: "Nikon D3300 Kit with 18-55mm VR II Len...",
 aspect ratio: "3:2",
 battery: "EN-EL14a lithium-ion battery and charger",
 continuous shooting: "Yes (5.fps)",
 dimensions w x h x d: "124 x 98 x 76 mm (4.88 x 3.86 x...",
 effective pixels: "24 megapixels",
 focal length fmm: "1.5vu00d7",
 gps: "None",
 hdmi: "Yes (mini-HDMI)",
 image processor: "Expeed 4",
 image stabilisation: "No",
 iso sensitivity: "Auto, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200...",
 led type: "Fixed",
 lens mount: "Nikon F mount",
 max resolution: "6000 x 4000",
 microphone: "Mono",
 sensor size: "APS-C (23.5 x 15.6 mm)",
 sensor type: "CMOS",
 shutter speed: "30 sec - 1/4000 sec",
 storage type: "SD/SDHC/SDXC",
 total pixels: "25 megapixels",
 usb: "USB 2.0",
 viewfinder: "Optical (pentamirror), 95%",
 weight inc batteries: "430 g (0.95 lb / 15.17 oz)",
 wireless: "Optional"

Shopmania.in

<page title>: "Kodak DC220 digital camera prices...",
 aperture: "F/4.0-4.8",
 autofocus: "Contrast Detect\n/ Live View\n/ Single",
 brand: "Kodak",
 category: "Digital Cameras",
 digital zoom: "2x",
 exposure compensation: "-/+ 2 EV range, in 1/2 EV steps",
 flash modes: "Auto / Fill-in / Off",
 focal length equivalent to 35mm: "29 - 58 mm",
 image ratio: "4:3",
 image resolutions: "640x480",
 light sensitivity iso: "140",
 live view: "Yes",
 lowest recommended price: "Rs.3,894.19 - http://www...",
 max shutter speed: "1/362",
 min shutter speed: "1/2",
 optical zoom: "2x",
 product name: "Kodak DC220",
 product rating: "0 out of 5",
 resolution: "0.9 MP",
 screen size: "2\"",
 sensor type: "CCD",
 user reviews: "Write a review",
 viewfinder type: "Optical",
 weight: "550 g"

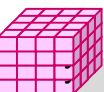
Mypriceindia.com

<page title>: "Fujifilm Finepix Z70 Price In India...",
 aperture range: "F4.0 (W) - F4.8 (T)",
 audio formats: "WAV",
 auto focus: "Yes, Contrast Detect, Tracking, Single, Live...",
 camera resolution: "12 MP",
 digital zoom: "6.3x",
 focal length: "6.4 - 32 mm (35 mm Equivalent to 36 - 180...",
 image format: "JPEG (Fine & Normal JPEG Quality)",
 image stablizer: "Yes",
 iso rating: "100 - 1600",
 lens type: "Fujinon 5x optical zoom lens",
 manual focus: "No",
 maximum shutter speed: "1/2000 sec",
 minimum shutter speed: "4 Sec",
 optical zoom: "5x",
 other focus features: "Normal Focus Range (80 cm)...",
 self timer: "Yes, 2 or 10 sec, Couple, Group",
 video format: "AVI",
 white balancing: "White Balance Presets (6), Custom..."



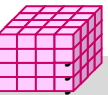
Match Tool: Altova MapForce

The screenshot displays the Altova MapForce software interface. The main workspace shows a mapping project with several data sources on the left: 'ShortPO' (containing CustomerNr, Lineltems, Lineltem, ArticleNr, Amount), 'Customers' (containing Customer, Number, FirstName, LastName, Address, Street, City, ZIP, State), and 'CompletePO' (containing Customer, Number, FirstName, LastName, Address, Street, City, ZIP, State, Lineltems, Lineltem, Article, Number, Name, SinglePri, Amount). The mapping logic involves 'filter' nodes and an 'equal' node, with data flowing from the sources through these nodes to the final output structure. The interface also includes a library pane on the left with various XPath and XSLT functions, and a bottom status bar with 'CAP NUM SCRL' indicators.



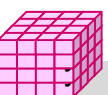
Automatische Match-Ansätze

- linguistische Ansätze
 - Ähnlichkeit von Attribut/Konzeptnamen: Stringähnlichkeit bzw. Ähnlichkeit über *Wörterbücher* (unter Berücksichtigung von Synonymen sowie Hypo/Hypernymen) oder *Wort-Embeddings* aus vortrainierten Vokabularen
 - Ähnlichkeit von Beschreibungen
- strukturelle Ähnlichkeit (bei „tieferen“ Schemata bzw. Ontologien)
 - ähnliche Vorgänger bzw. Nachfolger
- ähnliche Instanzdaten (z.B. Attributwerte)
- Ähnlichkeit zu bereits berechneten Korrespondenzen
- kombinierte Ansätze



Linguistisches Matching

- einfachster Ansatz: Namensgleichheit
- syntaktische Ansätze: approximate String-Ähnlichkeit von Namen
 - q-grams, Edit distance, TF/IDF ...
- semantische Ähnlichkeit durch Nutzung terminologischer Beziehungen
 - Synonyme: *KFZ* ~ *Auto*
 - Hyponyme/Hyperonyme: *Buch* is-a *Publikation*, *Artikel* is-a *Publikation*
 - Nutzung von Wörterbüchern / Thesauri, z.B. WordNet
- **Vorverarbeitung** zur Behandlung kryptischer Namen, Auflösung von Abkürzungen, etc.
 - Tokenisierung von Namen: *PO_OrderNum* → {*PO*, *Order*, *Num*}
 - Expansion von Akronymen, Kurzformen: *PO* → *Purchase Order*
Num → *Number*



Ähnlichkeitsmaße für Strings: Edit-Distance

- Gegeben seien zwei Strings a und b
- Editabstand $d(a,b)$ = 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

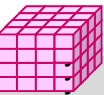
$$\text{sim}_{\text{edit}}(a,b) = 1 - \frac{\text{dist}(a,b)}{\max(|a|,|b|)}$$

- **Beispiel:** „Street“ vs. „ShippingStreet“ (Länge 6 bzw. 14)

– Überführung erfordert Einfügung von 8 Zeichen (S h i p p i n g)

dist = 8 normierte Distanz: $8/14 = 0,57$

$$\text{sim}_{\text{edit}} = 1 - 8/14 = 0,43$$



Ähnlichkeitsmaße für Strings: q-gram

- Idee: Überlappung bzgl. Substrings der Länge q
 - Häufig $q=3$ (Trigramme) oder $q=2$ (Bigramme)
 - optional *Padding* der Eingabestrings ($q-1$ Füllzeichen als Präfix/Suffix)

- verschiedene Ähnlichkeitsmetriken für Überlappung der q -Gramme (set similarity), v.a. **Dice**- und **Jaccard**-Ähnlichkeit

– $Q(a)$ = Menge der q -Gramme in String a

$$\text{sim}_{\text{dice}} = \frac{2 |Q(a) \cap Q(b)|}{|Q(a)| + |Q(b)|}$$

$$\text{sim}_{\text{jaccard}} = \frac{|Q(a) \cap Q(b)|}{|Q(a) \cup Q(b)|}$$

- **Beispiel:** „Street“ vs. „ShipToStreet“ (Trigramm-Ähnlichkeiten)

– ohne Padding; Street: Str, tre, ree, eet (4 3-Gramme)

ShippingStreet: Shi, hip, ipp, ppi, pin, ing, ngS, gSt, Str, tre, ree, eet (12)

$$\text{sim}_{\text{dice}} =$$

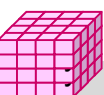
$$\text{sim}_{\text{jaccard}} =$$

– mit Padding: Street: __S, _St, Str, tre, ree, eet, et_, t__ (8 3-Gramme),

ShippingStreet: 12+4=16 Q-Gramme (6 übereinstimmend mit Street)

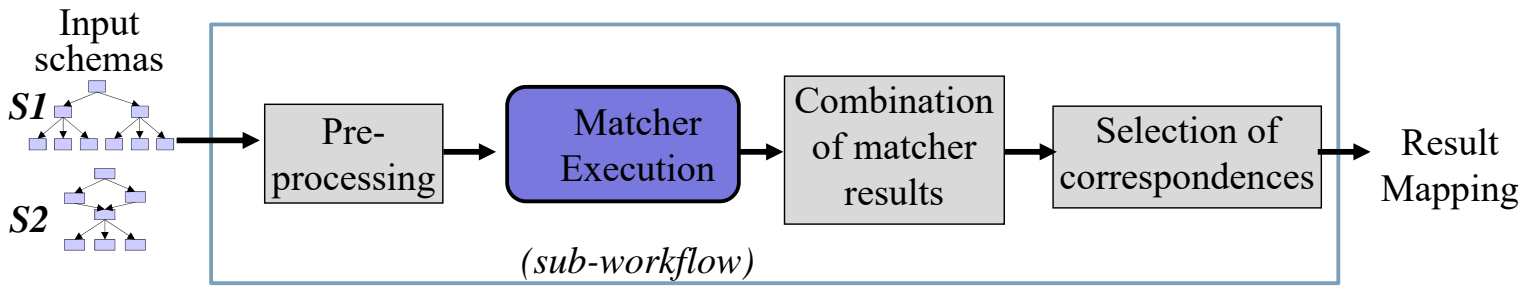
$$\text{sim}_{\text{dice}} =$$

$$\text{sim}_{\text{jaccard}} =$$

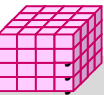
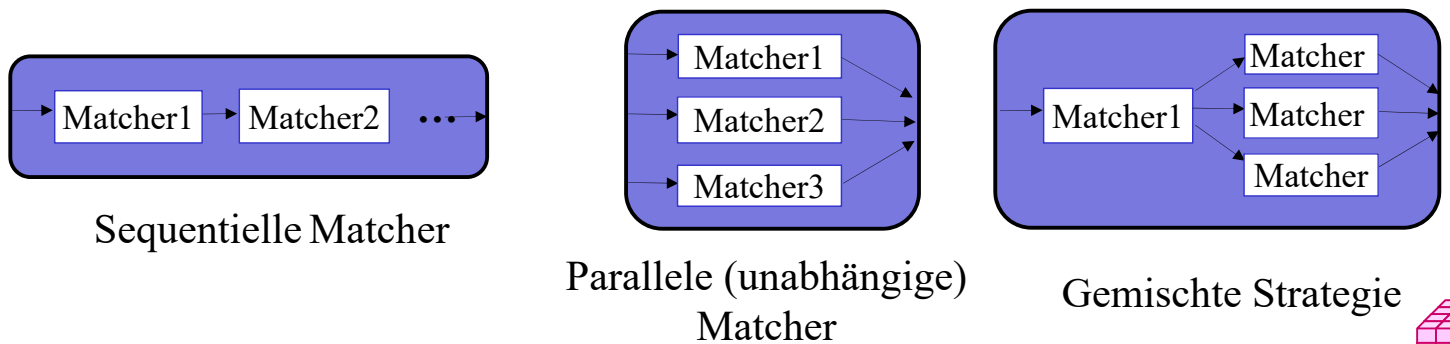


Kombination von Matchern

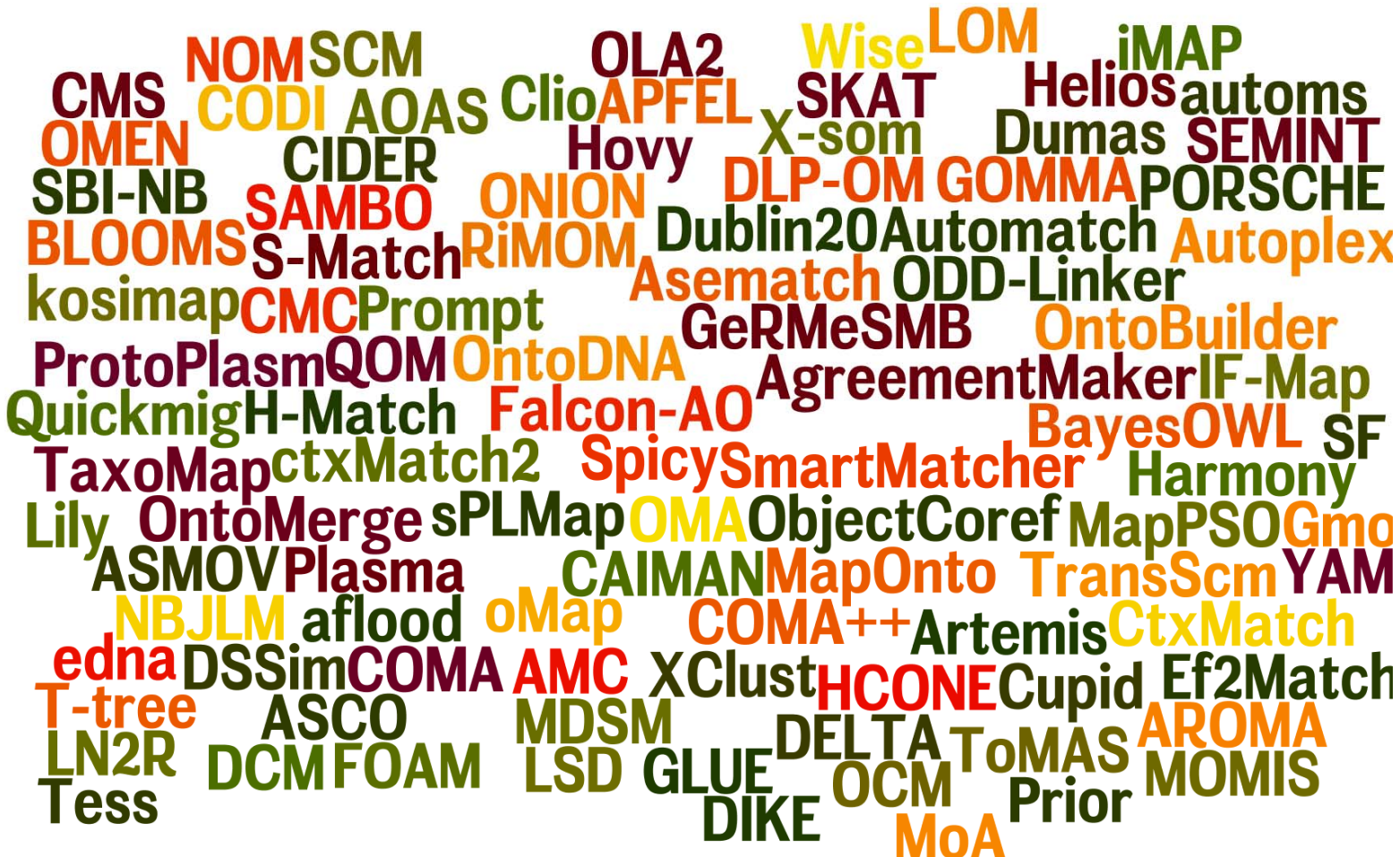
allgemeiner Match-Workflow (COMA, ...)



Matcher-Ausführung:



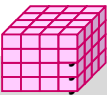
Match-Prototypen



Vergleich bekannter Match-Prototypen *

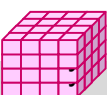
	Cupid	COMA++	Falcon	Rimom	Asmov	Agr.Maker	Oll Harmony	GOMMA
Year of introduction	2001	2002/2005	2006	2006	2007	2007	2008	2010
Input <i>relational</i>	✓	✓	-	-	-	-	✓	-
schemas <i>XML</i>	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-
<i>ontologies</i>	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
OAEI participation	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
Comprehensive GUI	-	✓	(✓)	?	?	✓	✓	-
Matchers <i>linguistic</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>structure</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>instance</i>	-	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
Use of external dictionaries	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	(-)
Schema partitioning	-	✓	✓	-	-	-	-	✓
Parallel matching	-	-	-	-	-	-	-	✓
Dynamic matcher selection	-	-	-	✓	-	-	-	-
Mapping reuse	-	✓	-	-	-	-	-	✓

*Rahm, E.: Towards large-scale schema and ontology matching. In: Schema Matching and Mapping, Springer-Verlag, 2011



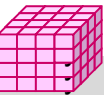
4. ETL: Schemaintegration + Data Cleaning

- ETL-Überblick
- Schemaintegration
- Schema Matching
 - Verfahren
 - Prototypen / Tools
- Data Cleaning
 - Probleme
 - Teilaufgaben
- Entity Matching (record linkage)
 - Blocking, Matching, Clustering
 - Systeme/Prototypen: MS SQL-Server, Dedoop, Famer



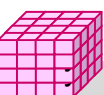
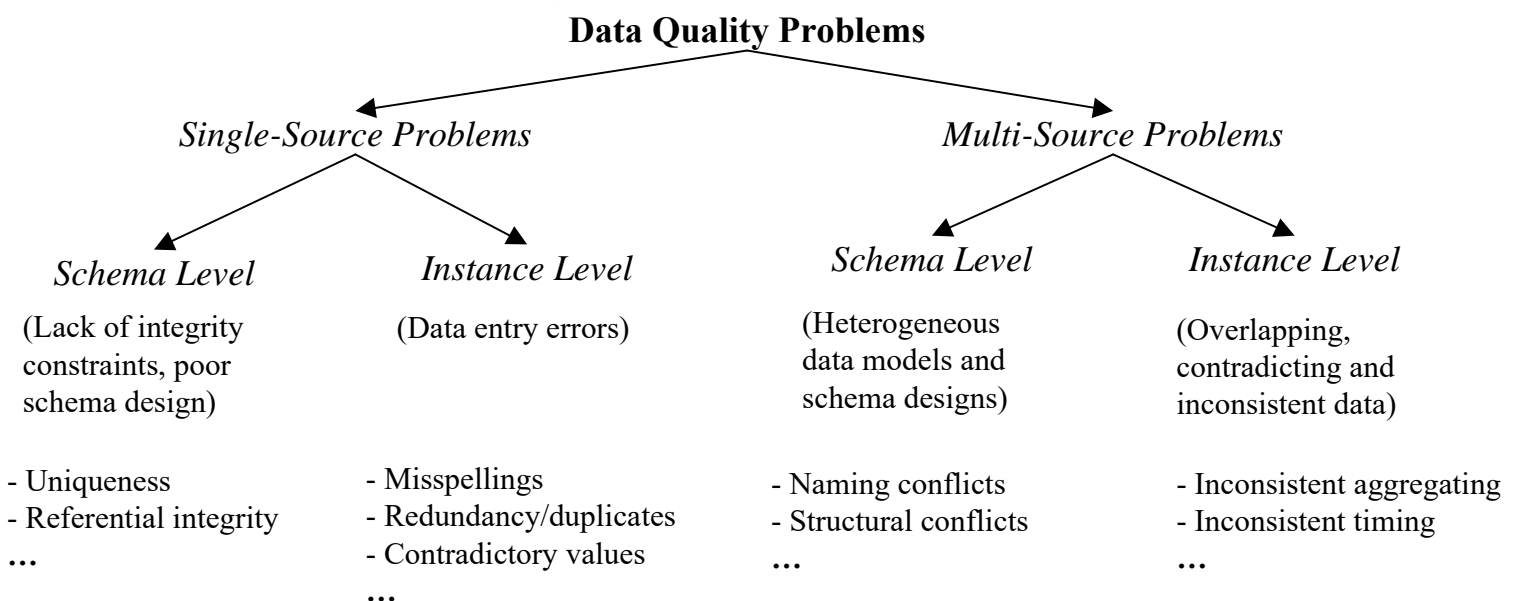
Data Cleaning

- Datenanalyse / Profiling
 - Entdeckung von Datenfehlern und -inkonsistenzen
 - manuell bzw. Einsatz von Analyse-Tools
- Definition von Mapping-Regeln und Transformations-Workflows
 - Datentransformationen auf Schemaebene
 - Cleaning-Schritte zur Behandlung von Instanzdaten
- Transformation
 - regelmäßige Ausführung der geprüften Transformationsschritte
- ggf. Rückfluss korrigierter Daten in operative Quellsysteme



Probleme bezüglich Datenqualität

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



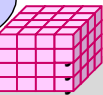
Single-Source Probleme

■ Ursachen:

- Fehlen von Schemata (z.B. bei Dateien) und von Integritäts-Constraints
- Eingabefehler
- unterschiedliche Änderungsstände
- Unvollständigkeit ...

Name	Adresse	Phone	Erfahrung	Beruf
Peter Meier	Humboldtstr. 12, 04173 Liepzig	9999- 999999	A	Dipl- Informatiker
Schmitt, Ingo	Lessingplatz 1, 98321 Berlin	030- 9583014	M	Dipl.-Inf.
..

Callouts: Multivalue-Feld, Misspelling, Fehlender Wert, Transposition, Attributwert-abhängigkeit, Kryptische Werte, Uneinheitliche Bezeichnungen



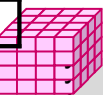
Datenanalyse / Profiling

- Entdeckung von Fehlern / Verifikation korrekter Werte
- Ableitung von (wirklichen) Metadaten
- Berechnung der Statistiken zu Attributen auf Basis ihrer Instanzen
 - Datentyp, Länge, Maximum und Minimum, Null-, Default-Werte, Kardinalität, ...
 - Ermitteln von Wertebereichen, Häufigkeiten und Mustern von Attributwerte
- Erkennung von Ausreißern, funktionalen Abhängigkeiten
 - SQL-Abfragen für Basis-Checks, zB

```
SELECT Stadt, count(*) as Anzahl From Student Group By Stadt order by 2
```

Attribute Values	#occurences
IBM	3000
I.B.M.	360
Intel Bus Mach	213
International Business Machine	36

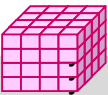
Instanzwerte	Pattern	Identifizierte Datenkategorie
(978) 555-1212	(nnn) nnn-nnnn	Telefonnummer
036-55-1234	nnn-nn-nnnn	Social Security Number
abc@web.de	aaa@aaa.aa	Email-Adresse
12.03.2020	nn.nn.nnnn	Datum



Behandlung von Single-Source-Problemen

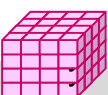
- Definition und Einführung von Standardrepräsentationen
 - einheitliches Format für Datums-/Zeit-Angaben
 - einheitliche Groß/Kleinschreibungsform für Namen / String-Attribute
 - einheitliche Abkürzungen, Kodierungsschemas
- Bereitstellung von (Konversions-)Tabellen zur expliziten Werteabbildung
- Extraktion von individuellen Werten aus Freiform-Attributen
 - Parsing und Attribut-Splitting, z.B. *Name* -> *Vorname* / *Nachname*
 - Reorganisierung der Wortreihenfolge
- Validierung / Korrektur mit Hintergrundwissen
 - Überprüfung/Spell checking mit Wörterbüchern, Datenbanken mit Adressen, Produktbezeichnungen, Akronymen/Abkürzungen, etc.
 - Nutzung bekannter Attributabhängigkeiten zur Korrektur von fehlenden / falschen Attributwerten, z.B. *PLZ* -> *Ort*

Legacy Value	New Value
IBM	IBM
I.B.M	IBM
Intel Bus Mach	IBM
...	...



Multi-Source-Probleme

- unterschiedliche Repräsentationen der Instanzdaten
 - versch. Wertebereiche (z.B. *Geschlecht* = {1,2} vs. *Gender* = {m,w})
 - verschiedene Einheiten (z.B. *Verkauf in EUR* vs. *Verkauf in Tsd.EUR*)
 - verschiedene Genauigkeiten
- unterschiedliche Änderungsstände und Aggregationsstufen
- überlappende, widersprüchliche bzw. inkonsistente Daten
- Hauptproblem: Behandlung überlappender Daten / Duplikate
 - Beschreibung einer Instanz der realen Welt durch mehrere Datensätze unterschiedlicher Quellen
 - oft nur teilweise Redundanz (einzelne Attribute, nur in Teilmenge der Datenquellen)
 - Behandlung durch Datenintegration
 - *Duplikaterkennung, Record Linkage, Entity Matching*
 - ggf. Fusion der sich entsprechenden Instanzen



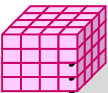
Multi-Source-Dateninkonsistenzen: Beispiel

Source1: Customer

<i>CID</i>	<i>Name</i>	<i>Street</i>	<i>City</i>	<i>Sex</i>
11	Kristen Smith	2 Hurley Pl	South Fork, MN 48503	0
24	Christian Smith	Hurley St 2	S Fork MN	1

Source2: Client

<i>Cno</i>	<i>LastName</i>	<i>FirstName</i>	<i>Gender</i>	<i>Address</i>	<i>Phone/Fax</i>
24	Smith	Christoph	M	23 Harley St, Chicago IL, 60633-2394	333-222-6542 / 333-222-6599
493	Smith	Kris L.	F	2 Hurley Place, South Fork MN, 48503-5998	444-555-6666



Beispiel (2)

<i>CID</i>	<i>Name</i>	<i>Street</i>	<i>City</i>	<i>Sex</i>
11	Kristen Smith	2 Hurley Pl	South Fork, MN 48503	0
24	Christian Smith	Hurley St 2	S Fork MN	1

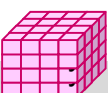
Source1:
Customer

<i>No</i>	<i>LName</i>	<i>FName</i>	<i>Gender</i>	<i>Street</i>	<i>City</i>	<i>State</i>	<i>ZIP</i>	<i>Phone</i>	<i>Fax</i>	<i>CID</i>	<i>Cno</i>
1	Smith	Kristen L.	F	2 Hurley Place	South Fork	MN	48503-5998	444-555-6666		11	493
2	Smith	Christian	M	2 Hurley Place	South Fork	MN	48503-5998			24	
3	Smith	Christoph	M	23 Harley Street	Chicago	IL	60633-2394	333-222-6542	333-222-6599		24

Customers (Integrierte und bereinigte Daten)

<i>Cno</i>	<i>LastName</i>	<i>FirstName</i>	<i>Gender</i>	<i>Address</i>	<i>Phone/Fax</i>
24	Smith	Christoph	M	23 Harley St, Chicago IL, 60633-2394	333-222-6542 / 333-222-6599
493	Smith	Kris L.	F	2 Hurley Place, South Fork MN, 48503-5998	444-555-6666

Source2:
Client

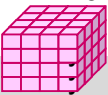


Semistrukturierte Datensätze (Kameras)

property	value
"35mm equivalent"	"25-300mm"
"<page title>"	"Nikon Coolpix S6800 Digital Camera (Black) UK Digital Cameras"
"brand"	"Nikon"
"camera resolution"	"16 Megapixels"
"colour"	"Black",
"features"	"Slimline"
"hd video"	"Full HD (1080P)"
"lcd size"	"3.0"
"lens tele mm"	"300"
"lens wide mm"	"25"
"mpn"	"VNA520E1"
"optical zoom"	"23"
"optical zoom range"	"18x and higher"

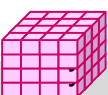
property	value
"<page title>"	"Nikon Coolpix S6800 Price in India with Offers, Reviews & Full Specifications PriceDekho.com"
"color"	"Black",
"amazon"	"Infibeam Ebay Homeshop18 Snapdeal Flipkart"
"digital zoom"	"4x"
"bangalore"	"Hyderabad Chennai Mumbai Delhi Pune"
"approx resolution"	"16 MP"
"external memory"	"Yes"
"face detection"	"NA"
"gps"	"NA"
"hdmi"	"NA"
"maximum shutter speed"	"1/2000 sec"
"metering"	"NA"
"minimum shutter speed"	"1 sec"
"optical zoom"	"18x"
"screen size"	"3 Inches"
"usb"	"Yes",
"video display resolution"	"NA"
"wifi"	"Yes; Wi-Fi 802.11 b/g/n"

3
9

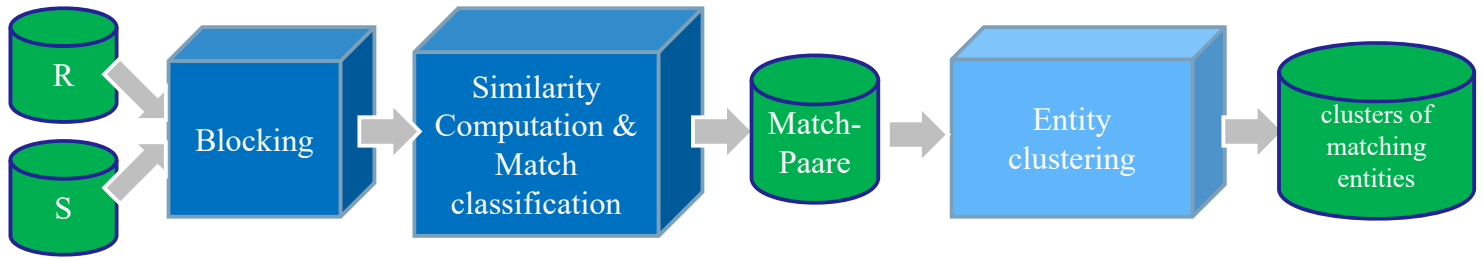


4. ETL: Schemaintegration + Data Cleaning

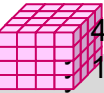
- ETL-Überblick
- Schemaintegration
- Schema Matching
 - Verfahren
 - Prototypen / Tools
- Data Cleaning
 - Probleme
 - Teilaufgaben
- Entity Matching (record linkage)
 - Blocking, Matching, Clustering
 - Systeme/Prototypen: MS SQL-Server, Dedoop, Famer



Entity Matching Workflow

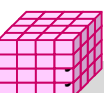
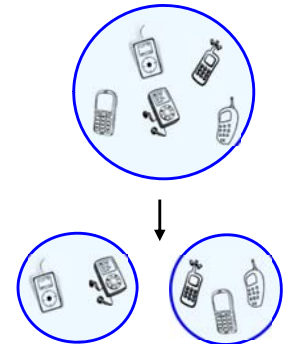


- Eingabe: 1, 2 or n Datenquellen mit Sätzen
- Ausgabe:
 - Paare von Satzmatches oder
 - Menge von Entity-Clustern, in denen alle Matches zu einer Entität gruppiert sind
- $n \geq 2$: saubere Datenquellen (ohne Duplikate) oder nicht
 - für saubere Quellen kann höchstens 1 Match pro Entität vorliegen: maximale Clustergröße n



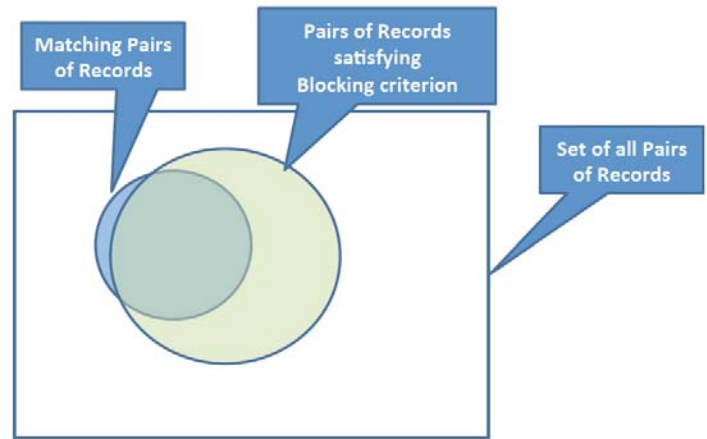
Blocking

- naives Matching: paarweiser Vergleich aller Sätze
 - quadratische Komplexität: 1 Quelle mit n Sätzen: $n(n-1)/2$ Vergleiche
 - bei 1 Million Vergleichen pro Sekunde dauert Matching für $n=10^7$ 19 Monate
 - skalierbare Lösungen erfordern Reduzierung der Vergleichszahl
- Blocking
 - Gruppierung ähnlicher Entitäten in Partitionen/Blöcke über Attributwerte (z.B. Produkttyp)
 - nur Entitäten eines Blocks werden miteinander verglichen
- Blockgröße wichtig für Leistung und Match-Qualität
 - kleine Blöcke ermöglichen wenige Vergleiche, führe jedoch evtl zu nicht gefundenen Matches
 - bei schmutzigen Daten können mehrere Partitionierungen notwendig werden (multi-pass blocking)
- Vielzahl an Blocking-Alternativen
 - Standard-Blocking
 - Sorted Neighborhood ...

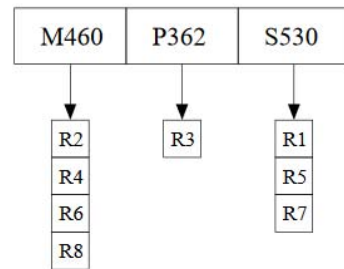


Standard Blocking

- Partitionierung des Suchraums über Blocking Key Values (BKV)
- BKV-Berechnung über Funktion auf Attributwerten, z.B.
 - Soundex (Nachname)
 - Postleitzahl
 - Präfix(Produkthersteller, 4), ...
- Beispiel Soundex-Blocking:

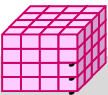


Identifiers	Surnames	BKVs (Soundex encoding)
R1	Smith	S530
R2	Miller	M460
R3	Peters	P362
R4	Myler	M460
R5	Smyth	S530
R6	Millar	M460
R7	Smyth	S530
R8	Miller	M460



8 Sätze: 28 Vergleiche ohne Blocking

P. Christen: A survey of indexing techniques for scalable record linkage and deduplication. IEEE TKDE, 2012



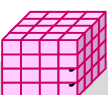
Sorted Neighborhood

- meist für 1 Eingabequelle
- Sortierung der Sätze gemäß *Sort Key*
- Matching nur auf benachbarten Sätzen (Fenster fester Länge w)
- lineare Komplexität
- Beispiel ($w=3$)

Window positions	BKVs (Surname)	Identifiers
1	Millar	R6
2	Miller	R2
3	Miller	R8
4	Myler	R4
5	Peters	R3
6	Smith	R1
7	Smyth	R5
8	Smyth	R7

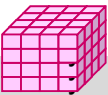
Window range	Candidate record pairs
1 – 3	(R6,R2), (R6,R8), (R2,R8)
2 – 4	(R2,R8), (R2,R4), (R8,R4)
3 – 5	(R8,R4), (R8,R3), (R4,R3)
4 – 6	(R4,R3), (R4,R1), (R3,R1)
5 – 7	(R3,R1), (R3,R5), (R1,R5)
6 – 8	(R1,R5), (R1,R7), (R5,R7)

P. Christen: A survey of indexing techniques for scalable record linkage and deduplication. IEEE TKDE, 2012



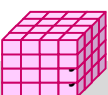
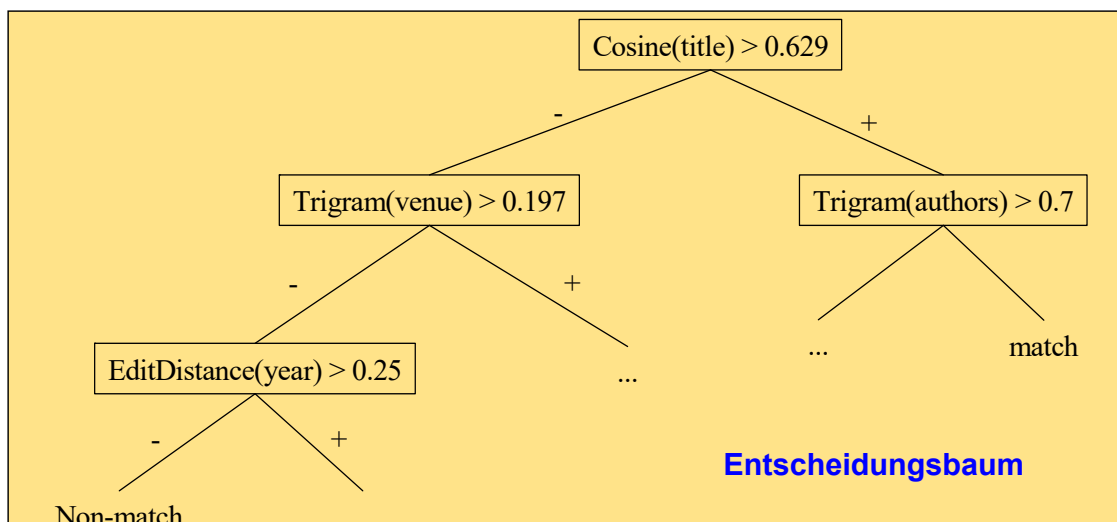
Matching

- kombinierte Nutzung mehrerer Ähnlichkeiten
 - Ähnlichkeit verschiedener Attributwerte, z.B. gemäß Stringähnlichkeit (Edit-Distance, Q-gram etc,) oder numerische Ähnlichkeit
 - kontext-basiertes Matching (z.B. Personen ähneln sich, wenn sie die selben Eltern haben)
- Verwendung von manuell definierten Match-Regeln
 - Personen-Match falls Namensähnlichkeit $> 80\%$ + gleiches Geburtsdatum
 - Publikations-Match: Titelähnlichkeit $> 85\%$ + Autorähnlichkeit $> 50\%$
 - durchschnittliche Ähnlichkeit mehrerer Attribute $> 75\%$...
- Nutzung überwachter Klassifikationsverfahren (machine learning)
 - z.B. mit Entscheidungsbäumen, SVM, neuronalen Netzen, etc.
 - erfordern Trainingsdaten mit Matches/Non-Matches
 - Nutzung von Embeddings (representation learning) kann Matchbarkeit von Attributwerten verbessern



Beispiel ML-basiertes Matching

- Finden effektiver Match-Einstellungen ist schwierig
 - Auswahl der Attribute, Matcher, Einstellungen
- gelerntes Klassifikationsmodell (z.B. Entscheidungsbaum) bestimmt automatisch
 - zu prüfende Attribute (z.B. Publikationstitel, Autoren, ...)
 - Ähnlichkeitsmetriken (EditDistance, Cosine, ..)
 - Schwellwerte



Entity Clustering

■ Gruppierung der Matches einer Entität in Cluster

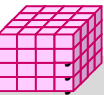
- Cluster mit k Sätzen repräsentiert $k(k-1)/2$ Match-Paare: kompaktere Repräsentation für $k > 2$
- für n duplikatfreie Quellen gilt $k \leq n$
- Fusionierung der Cluster-Mitglieder zur Datenintegration

■ Entity clustering

- Input: paarweise Match-Kandidaten mit ihrer Ähnlichkeit (bilden sog. *Similarity Graph*)
- Ziel: Maximierung der Ähnlichkeit innerhalb der Cluster und Minimierung der Ähnlichkeit zwischen Cluster

■ Basisansatz: Connected Component (transitive Hülle) über paarweise Match-Links

- kann leicht zu großen Clustern mit unähnlichen Sätzen führen



MS SQL-Server: Match-Operatoren

■ Bestandteil von SQL-Server Integration Services (SSIS)*

- ermöglicht Definition komplexer ETL-Workflows
- zahlreiche Operatoren

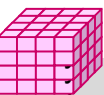
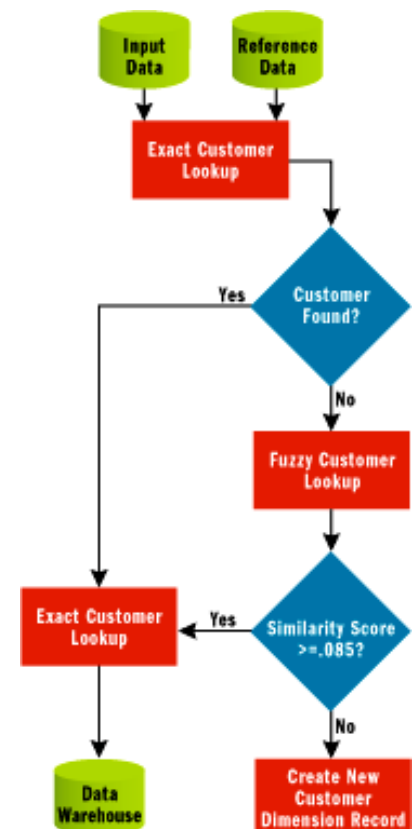
■ Fuzzy Lookup

- “Fuzzy Match” zwischen Eingaberelation und sauberen Sätzen einer Referenztabelle: *inkrementelles Matching*
- Parameter: Schwellwerte bzgl. String-Ähnlichkeit (Edit Distance) sowie Gewichte zur Kombination von Ähnlichkeiten

■ Fuzzy Grouping

- Gruppierung ähnlicher Sätze (potenzielle Duplikate) innerhalb einer Tabelle über String-Matching (Edit Distance)

* <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms345128.aspx>



Match-Prototypen (U Leipzig)

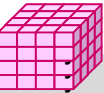
■ DEDOOP (2012)

- paralleles paarweises Entity Matching auf Hadoop
- Unterstützung für Blocking und lernbasiertes Matching
- Lastbalancierung zur Behandlung von Skew-Effekten



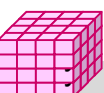
■ FAMER (seit 2017)

- Matching für viele (>2) Datenquellen
- Unterstützung für Entity Clustering
- paralleles Matching/Clustering auf Basis von Apache Flink

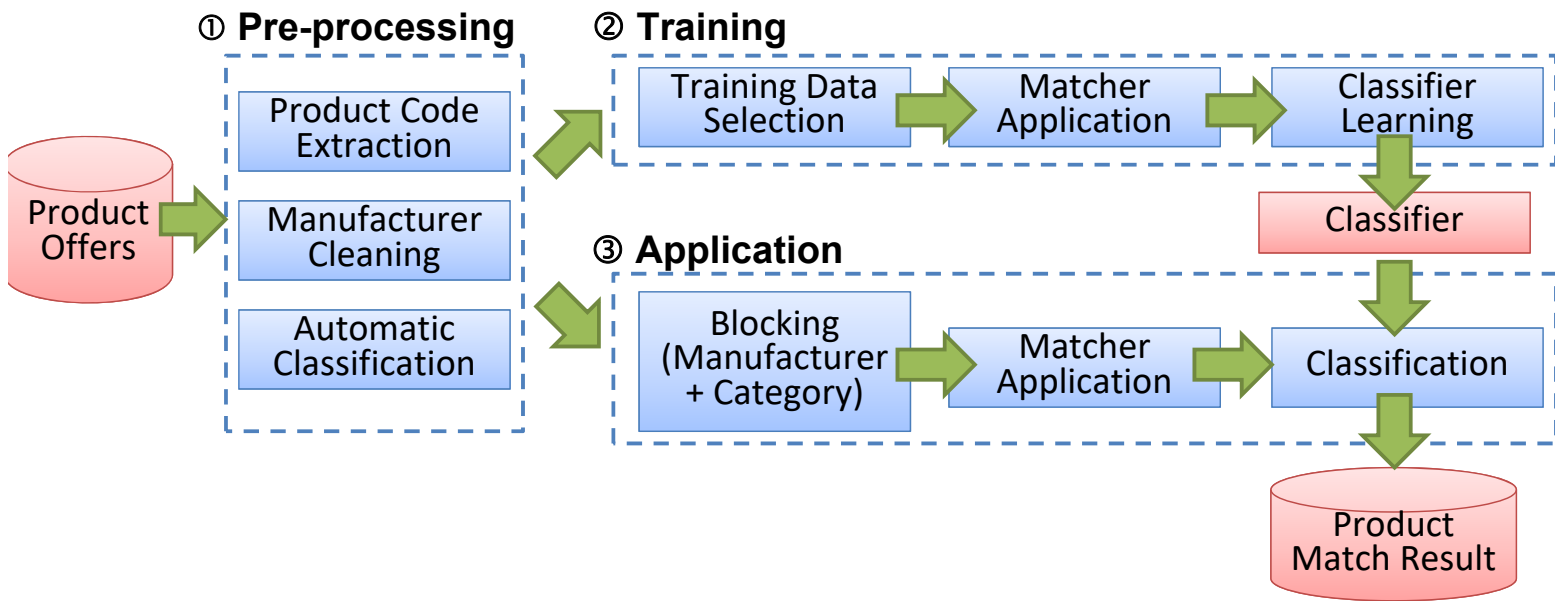


Duplikate in Webdaten: Beispiel

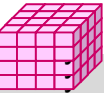
	Canon VIXIA HF S10 Camcorder - 1080p - 8.59 MP - 10 x optical zoom Flash card, 32 GB, 1y warranty, F/1.8-3.0 The VIXIA HF S10 delivers brilliant video and photos through a Canon exclusive 8.59 megapixel CMOS image sensor and the latest version of Canon's advanced image processor, ... ★★★★★ 12 reviews - Add to Shopping List	\$975 new from 52 sellers  Compare prices
	Canon (VIXIA) HF S10 iVIS Dual Flash Memory Camcorder Canon HF S10 iVIS Dual Flash Memory CamcordersPECIAL SALE PRICE: \$899 Display both English/Japanese + we supplu all English manuals in English as PDF. Add to Shopping List	\$899.00 new Made in Japan Online
	Canon VIXIA HF S10 Dual Flash Memory High Definition Camcorder The Next Step Forward in HD Video Canon has a well-known and highly-regarded reputation for optical excellence, Add to Shopping List	\$999.00 new Performance Audio 2 seller ratings
	Canon VIXIA HF S100 Flash Memory Camcorder ***Canon Video HF S100 Instant Rebate Receive \$200 with your purchase of a new Canon VIXIA HF S100 Flash Memory Camcorder. (Price above includes \$200 ... Add to Shopping List	\$899.95 new Arlingtoncamera.com 5 seller ratings
	Canon Vixia Hf S10 Care & Cleaning Care & Cleaning Digital Camera/Camcorder Deluxe Cleaning Kit with LCD Screen Guard Canon VIXIA HF S10 Camcorders Care & Cleaning. Add to Shopping List	\$2.99 new shop.com ★★★★☆ 38 seller ratings



Workflow zum Matching von Produktangeboten aus Web-Shops

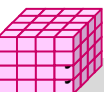
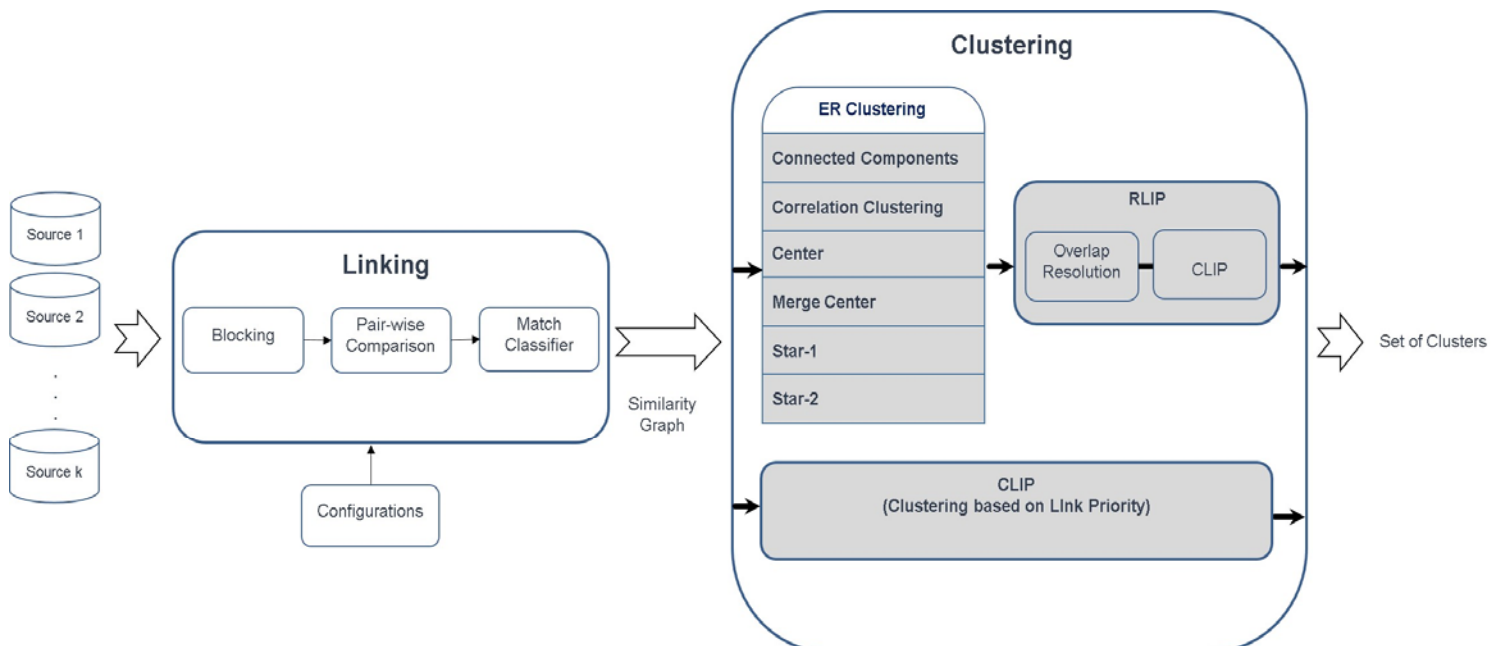


Koepcke, Thor, Thomas, Rahm: *Tailoring entity resolution for matching product offers*. Proc. EDBT, 2012



FAMER

- **F**As**M**ulti-source **E**ntity **R**esolution system
 - Annahme: duplikatfreie Eingabequellen

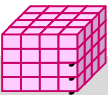
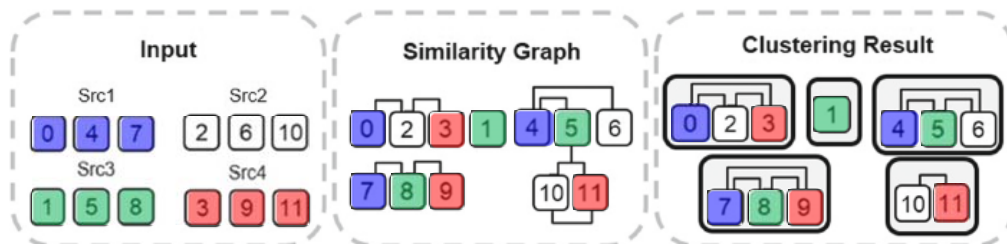


FAMER-Beispiel

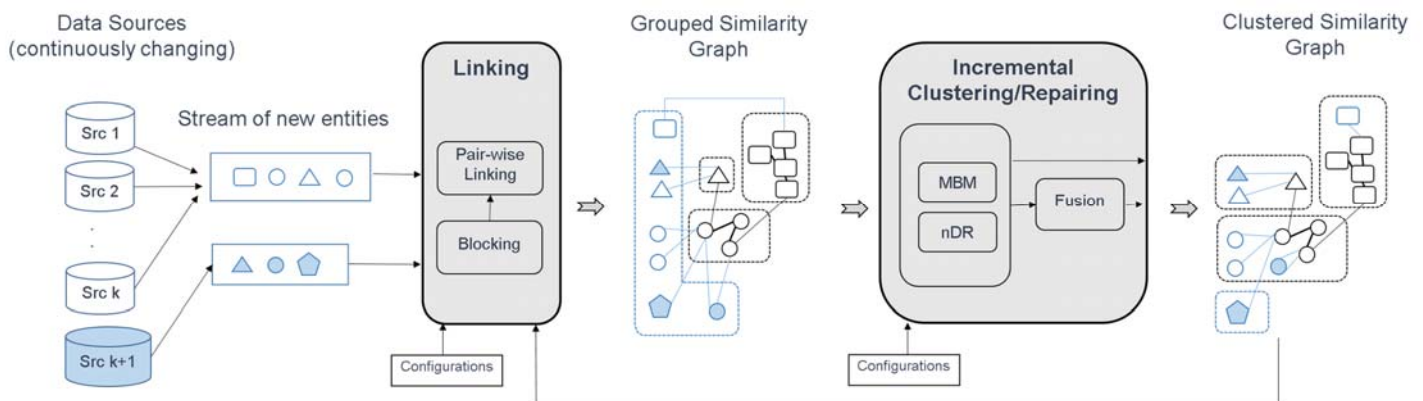
Eingabedaten aus
4 Quellen

Id	Name	Surname	Suburb	Post code	SourceId
0	ge0rge	Walker	winston salem	271o6	Src1
1	George	Alker	winstom salem	27106	Src2
2	George	Walker	Winstons	27106	Src3
3	Geoahge	Waker	Winston	271oo	Src4
4	Bernie	Davis	pink hill	28572	Src1
5	Bernie	Daviis	Pinkeba	2787z	Src2
6	Bernii	Davs	pink hill	28571	Src3
7	Bertha	Summercille	Charlotte	28282	Src1
8	Bertha	Summeahville	Charlotte	2822	Src2
9	Brtha	Summerville	Charlotte	28222	Src4
10	Bereni	dan'lel	Pinkeba	27840	Src3
11	Bereni	Dasniel	Pinkeba	2788o	Src4

FAMER-
Anwendung

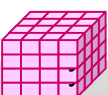


Inkrementelles Matching/Clustering mit FAMER*



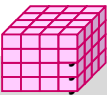
- Integration neuer Entitäten/Datenquellen
- Matching neuer Entitäten mit existierendem Similarity Graph
 - Zuweisung eines neues Entity zu ähnlichstem Cluster bzw. neues Cluster
- optionale Anpassung (Reparatur) bisheriger Cluster

*A. Saeedi, E. Peukert, E. Rahm: Incremental Multi-source Entity Resolution for Knowledge Graph Completion. Proc. ESWC 2020



Zusammenfassung (1)

- ETL als komplexer, aufwändiger Integrationsprozess
- Schema- und Datenintegration / Data Cleaning
 - zahlreiche Schema- und Datenkonflikte
 - Unterscheidung quell-lokaler und -übergreifender Datenkonflikte
 - Data Profiling erster Schritt zur Datenbereinigung
- Fokussierung auf Data Warehouse-spezifisches Zielschema erleichtert Schemaintegration
 - Top-Down-Schemaintegration
 - keine vollständige Integration aller Quell-Schemata erforderlich
- wichtiges Teilproblem: Schema-Matching
 - Bestimmung semantischer Korrespondenzen
 - Nutzung und Kombination mehrerer Matcher, u.a. linguistischer, struktureller und instanzbasierter Verfahren



Zusammenfassung (2)

- zentrales Problem: Duplikat-Identifikation und –Behandlung (Entity Matching)
 - hohe Effizienzanforderungen (-> Nutzung von Blockingverfahren und ggf. Parallelisierung)
 - kombinierte Nutzung mehrerer Match-Verfahren
 - trainingsbasierte Klassifikationsansätze erleichtern Konfiguration des Match-Schrittes
 - Entity Clustering gruppiert alle Matches (Varianten) pro Entity
- inkrementelles Matching / Clustering erforderlich
 - Abgleich neuer mit bereits existierenden Datensätzen
 - Unterstützung u.a. in FAMER-Prototyp

