

- **Data Mining**
 - Top 10 algorithms in data mining
 - Clustering
 - Klassifikation
 - Assoziation
- **Big Data**
- **Neue Algorithmen**

Einleitung - Der Weltraum unendliche Weiten ...



Abbildung 1: Hubble Ultra Deep Field [1]

Einleitung - Einsatz von DM in der Astronomie

- Klassifizierung von Sternen mit k -nn¹
- Manuelle Klassifizierung unmöglich [2]
- Pro Bild mehre 10000 Objekte
- Kepler z.B. hat 13.2m Objekte erkannt
- Benutzung von Klassifizierungsalgorithmen aus DM
- Je Objekt 9 Attribute (8 Isophotenformen, Leuchtkraft)
- Ausgabewert „stellar“
 - 0.0 — 0.1 Galaxie
 - 0.9 — 1.0 Stern

¹k-nearest neighbor

Einleitung - Einsatz von DM in der Astronomie

- Klassifizierung von Sternen mit k -nn¹
- Manuelle Klassifizierung unmöglich [2]
- Pro Bild mehre 10000 Objekte
- Kepler z.B. hat 13.2m Objekte erkannt
- Benutzung von Klassifizierungsalgorithmen aus DM

| Name | Erkennung |
|---------------------------|-----------|
| Random Forest | 82, 89% |
| Decision Tree | 80, 68% |
| Artificial Neural Network | 75.82% |
| Support Vector Machines | 37, 82% |

Tabelle 1: Erkennungsraten der Algorithmen Stern / Galaxie [3]

¹k-nearest neighbor

Überblick

- **Data Mining**

- Top 10 algorithms in data mining
- Clustering
- Klassifikation
- Assoziation

- **Big Data**

- **Neue Algorithmen**

Data Mining - Einleitung [2]

- Gehört zum Gebiet des KDD²
- Idee: **Wissen** durch **Daten**
- Einsatz in der Forschung, Vermarktung, Medizin, (Wetter)-Vorhersagen, Betrugsaufklärung usw.

Definition nach Fayyad [4]

Knowledge Discovery in Databases describes the non-trivial process of identifying valid, novel, potentially useful, and ultimately understandable patterns in data.

²Knowledge Discovery in Databases

Data Mining - Einordnung

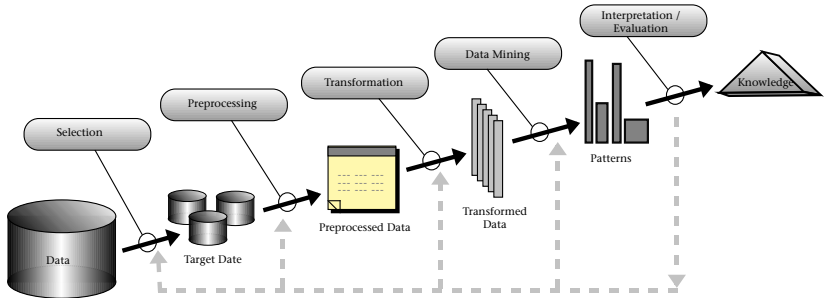


Abbildung 2: KDD nach Fayyad [4]

Data Mining - Top 10 algorithms in data mining

■ Data Mining

- Top 10 algorithms in data mining
- Clustering
- Klassifikation
- Assoziation

Data Mining - Top 10 algorithms in data mining [5]

- Anlass: IEEE International Conference on Data Mining
- Datum: Dezember 2006
- Erstellung: Jeder ACM KDD Innovation Award oder IEEE ICDM Research Contributions Award Preisträger nominierte 10 Algorithmen
- Nur Nominierte mit ≥ 50 Referenzierungen in *Google Scholar*
- <http://www.cs.uvm.edu/~icdm/algorithms/CandidateList.shtml>
- Per Abstimmung finden der Top 10
- Das Paper: Top 10 algorithms in data mining [5]

Data Mining - Top 10 algorithms in data mining [5]

1. C4.5 und ähnliche
2. **k-means**
3. **Support Vector Machines**
4. Apriori
5. EM Algorithm
6. PageRank
7. AdaBoost
8. k-nearest neighbor
9. Naive Bayes
10. CART

Data Mining - Clustering

■ Data Mining

- Top 10 algorithms in data mining
- Clustering
- Klassifikation
- Assoziation

Data Mining - Clustering - Einleitung [2]

- Einordnung von Objekten in unbekannten Klassen
- Finden der Funktion die Objekte gruppiert
- Ähnlichkeit von Objekten durch eine Distanzfunktion ermitteln

Data Mining - Clustering - Cluster [6]

- Formen: sehr unterschiedlich
- Flach oder Hierarchisch
- Anzahl von Clustern:
 - Festgelegte Anzahl von k -Clustern
 - Anzahl hängt von der Qualitätsgüte der Cluster ab
- Qualitätsgüte: nicht zu klein oder groß
- Hard oder Soft - Clustering
- Keine großen „Lücken“ zwischen den Daten
- Cluster durch Heuristiken sonst zu großer Aufwand

Data Mining - Clustering - Distanzfunktion [2]

- Menge von Objekten $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$
- Jedes Objekt hat A_i Attribute
- Attributarten:
 - Kategorische Attribute
 - Numerische Attribute
- Es muss gelten 1.-3., für Metrik 4.:

$$\text{dist}(o_1, o_2) = d \in R^{n \geq 0} \quad (1)$$

$$\text{dist}(o_1, o_2) = 0 \text{ genau dann wenn } o_1 = o_2 \quad (2)$$

$$\text{dist}(o_1, o_2) = \text{dist}(o_2, o_1) \text{ (Symmetrie)} \quad (3)$$

$$\text{dist}(o_1, o_3) \leq \text{dist}(o_1, o_2) + \text{dist}(o_2, o_3) \quad (4)$$

- Manchmal auch Ähnlichkeitsfunktion genannt \Rightarrow Interpretation anders herum.

Data Mining - Clustering - Distanzfunktion [2]

- Datensätze $x = (x_1, \dots, x_n)$ mit numerischen Attributen x_i

Euklidische-Distanz: $\text{dist}(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$

Manhattan-Distanz: $\text{dist}(x, y) = |x_1 - y_1| + \dots + |x_n - y_n|$

Maximum-Metrik: $\text{dist}(x, y) = \max(|x_1 - y_1| + \dots + |x_n - y_n|)$

Alg. L_p -Metrik: $\text{dist}(x, y) = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^d (x_i - y_i)^p}$

- Datensätze $x = (x_1, \dots, x_n)$ mit kategorischen Attributen x_i

- $\text{dist}(x, y) = \sum_{i=1}^a \delta(x_i, y_i)$
 - $\delta(x_i, y_i) = \begin{cases} 0 & \text{wenn } (x_i = y_i) \\ 1 & \text{wenn } (x_i \neq y_i) \end{cases}$

- Endliche Mengen $x = \{x_1, \dots, x_n\}$

Anteil verschiedener: $\text{dist}(x, y) = \frac{|x \cup y| - |x \cap y|}{|x \cup y|}$

Data Mining - Clustering - Beispiel [2]

- Clustering von Web-Sessions zur Bestimmung von Benutzergruppen
- Datenquelle: Logfile eines Webserver
- Eintrag: IP, User-ID, Timestamp, URL, ...
- Einträge werden nach Session gruppiert, nach einem Zeitfenster
- Session: IP, User-ID, Liste von URLs
- URLs werden geclustert, z.B.: Distanzfunktion für endliche Mengen
- Wissen:
 - Benutzergruppen / Benutzerprofilen, für Marketingstrategien
 - URLs sind durch Interessen verbunden, Optimierung für Zugriffsgewohnheiten
- Ein Sozialmediabutton kann auch die nötigen Informationen liefern.

Data Mining - Clustering - k -means [6]

- Hartes Flaches Clustering
- Bekannte Anzahl von k Clustern
- Daten als Vektoren
- Idee: Minimiert den Abstand vom Clusterschwerpunkt zu den Daten
- Cluster ist Definiert als:
 - $A = \{d_l, \dots, d_m\}$, A ist ein Cluster und d_i Element
 - $\mu(A) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i$ ist Schwerpunkt
- Qualität: gut wenn $RSS(\dots)$ minimal ist

Cluster:
$$RSS(A) = \sum_{i=1}^m \|d_i - \mu(A)\|^2$$

Gesamt:
$$RSS(A_1, \dots, A_k) = \sum_{j=1}^k RSS(A_j)$$

Data Mining - Clustering - k -means [6]

Der k -means Algorithmus (Lloyd's Algorithmus)

1. Selektiere zufällig k Schwerpunkte als Startwert
2. Erstelle k leere Cluster
3. Weise jedem Cluser einen Schwerpunkt zu
4. Weise jedem Datenvektor den den Cluster mit dem nächsten Schwerpunkt zu
5. Berechne den Schwerpunkt jedes Clusters neu
6. Teste ob die Qualität des Clusterings ausreicht, sonst gehe zu 2.

Data Mining - Clustering - k -means

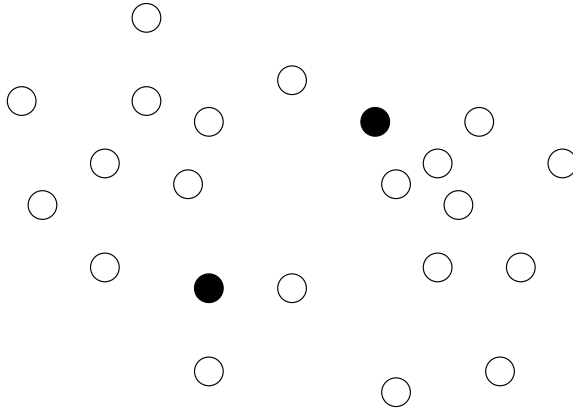


Abbildung 3: Ersten 3 Phasen, $k = 2$

Data Mining - Clustering - k -means

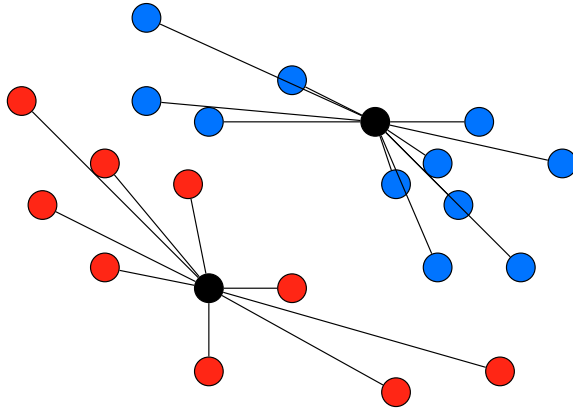


Abbildung 4: Phase 4, Zuordnung nur beispielhaft

Data Mining - Clustering - k -means

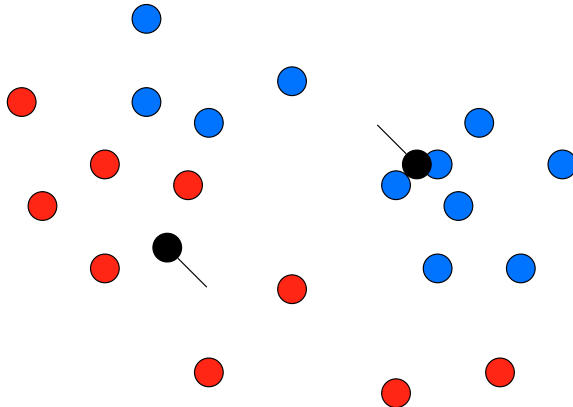


Abbildung 5: Phase 5, Schwerpunkte sind nur beispielhaft

Data Mining - Clustering - k -means

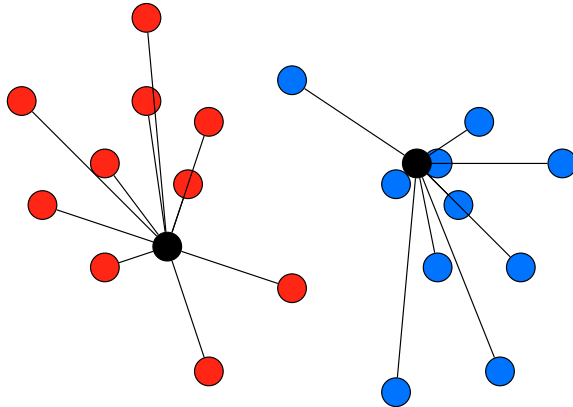


Abbildung 6: Phase 6 und noch mal von Phase 2 an

Data Mining - Clustering - Zuordnung

1. **C4.5** und ähnliche
2. **k-means**
3. Support Vector Machines
4. Apriori
5. **EM Algorithm**
6. PageRank
7. AdaBoost
8. k-nearest neighbor
9. Naive Bayes
10. **CART**

Data Mining - Klassifikation

■ Data Mining

- Top 10 algorithms in data mining
- Clustering
- **Klassifikation**
- Assoziation

Data Mining - Klassifikation - Einleitung [2]

- Einordnung von Objekten in bekannten Klassen
- Trainingsdaten für Klassen \Rightarrow Klassen bekannt
- Finden der Funktion die Objekte möglichst genau zuordnet
- Teilaufgaben:
 - Zuordnung zu einer Klasse
 - Generierung von Wissen

Data Mining - Klassifikation - Training [2]

- Menge von Objekten $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$
- Klasse $c_i \in C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ für jedes Objekt ist bekannt
- Jedes Objekt hat A_i Klassifizierung-Attribute
- Attributarten:
 - Kategorische Attribute
 - Numerische Attribute

Data Mining - Klassifikation - Beispiel [2]

Trainingsdaten:

| ID | Alter | Autotyp | Risikoklasse |
|----|-------|---------|--------------|
| 1 | 23 | Familie | Hoch |
| 2 | 17 | Sport | Hoch |
| 3 | 43 | Sport | Hoch |
| 4 | 68 | Familie | Niedrig |
| 5 | 32 | LKW | Niedrig |

Tabelle 2: Beispiele aus dem Buch [2]

Data Mining - Klassifikation - Beispiel [2]

Trainingsdaten:

| ID | Alter | Autotyp | Risikoklasse |
|----|-------|---------|--------------|
| 1 | 23 | Familie | Hoch |
| 2 | 17 | Sport | Hoch |
| 3 | 43 | Sport | Hoch |
| 4 | 68 | Familie | Niedrig |
| 5 | 32 | LKW | Niedrig |

Tabelle 2: Beispiele aus dem Buch [2]

Das gesuchte Wissen

```
if Alter > 50                                then Risikoklasse = Niedrig
if Alter <= 50 and Autotyp = LKW then Risikoklasse = Niedrig
                                   else Risikoklasse = Hoch
```

Data Mining - Klassifikation - Gesuchte Wissen [2]

Formen:

- Entscheidungsbaum
- Funktion
- Vektor im Koordinatensystem

Anwendung: Immer dann, wenn die Klassen bekannt sind ...

- Unterscheidung von Stern / Galaxie
- Sterne Einordnen
- Zuordnung von Risikogruppen
- Medizinforschung
- ...

Data Mining - Klassifikation - SVM [6]

Annahmen:

- Nur zwei Klassen
- Jedes Objekt ist ein Vektor im Koordinatensystem

Ziel:

Hyperplane³ die den Raum teilt

Training:

- Hyperplane mit maximalem Abstand zu allen Trainingsvektoren
- Hyperplane Begrenzungsobjekte sind Supportvektoren

Differenzfunktion: $\delta(o_1, o_2)$ ist ähnlich zum Clustering

³Hyperebene

Data Mining - Klassifikation - SVM

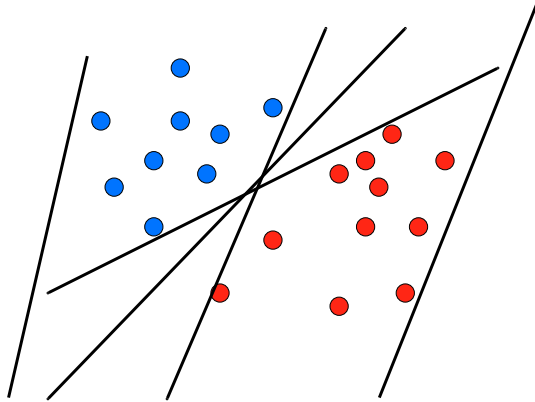


Abbildung 7: Gesucht: die richtige Hyperplane

Data Mining - Klassifikation - SVM

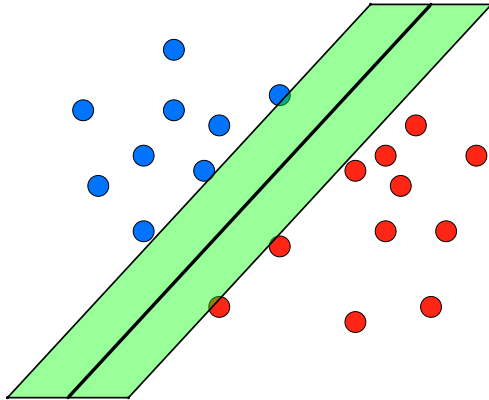


Abbildung 8: Gefunden: die richtige Hyperplane

Data Mining - Klassifikation - SVM

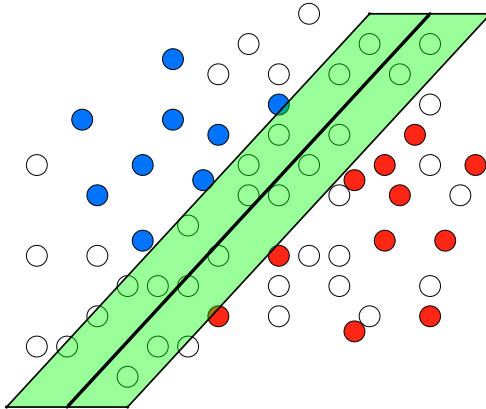


Abbildung 9: Einordnung: mit der richtige Hyperplane

Data Mining - Klassifikation - SVM

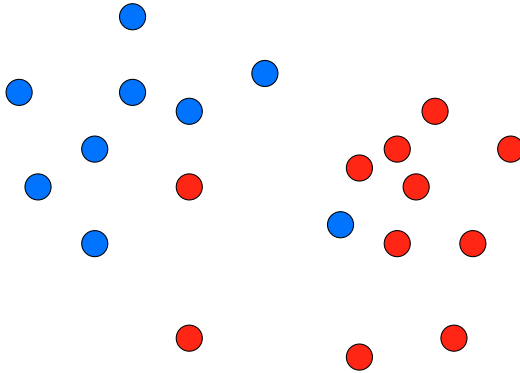


Abbildung 10: Training: ungünstige Daten

Data Mining - Klassifikation - SVM [6]

Mehrere Klassen:

- One-versus-all
- One-versus-one

Overfitting

- Zu viele Trainingsdaten für eine Eigenschaft
- Lösungen
 - Cross-validation
 - Regularization

Data Mining - Klassifikation - SVM

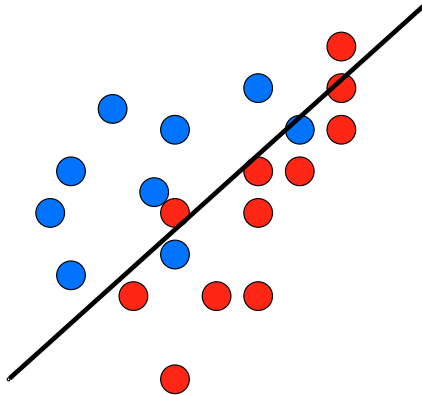


Abbildung 11: Overfitting: zu nahe

Data Mining - Klassifikation - Zuordnung

1. C4.5 und ähnliche
2. k-means
3. **Support Vector Machines**
4. Apriori
5. EM Algorithm
6. PageRank
7. **AdaBoost**
8. **k-nearest neighbor**
9. **Naive Bayes**
10. CART

Data Mining - Assoziation

■ Data Mining

- Top 10 algorithms in data mining
- Clustering
- Klassifikation
- Assoziation

Data Mining - Assoziation - Einleitung [2]

- Items:** $I = \{i_1, \dots, i_m\}$, ein Itemset $X \subseteq I$
- Transaktionsset:** $D = \{T_1, \dots, T_n\}$, für T_i gilt: $T_i \subseteq I$
- Support der Menge:** $\delta(X, D)$: Anteil (%) aller T_i für die gilt $X \subseteq T_i$
- Assoziationsregel:** $R_i = X \Rightarrow Y$ es gilt: $X, Y \subseteq I$ und $X \cap Y = \emptyset$
- Support der Regel:** $\delta(R_i, D) = \delta(X \cup Y, D)$: Anteil (%)
- Konfidenz der Regel:** $\phi(R_i, D) = \delta(Y, \{T_i \mid \forall T_i \in D \wedge X \subseteq T_i\})$
- Idee:** Finden von Regeln die einen Support und Konfidenz von einer gewissen Schwelle besitzen

Data Mining - Assoziation - Zuordnung

1. C4.5 und ähnliche
2. k-means
3. Support Vector Machines
4. **Apriori**
5. EM Algorithm
6. PageRank
7. AdaBoost
8. k-nearest neighbor
9. Naive Bayes
10. CART

Überblick

- **Data Mining**
 - Top 10 algorithms in data mining
 - Clustering
 - Klassifikation
 - Assoziation
- **Big Data**
- **Neue Algorithmen**

Big Data - Einleitung [8] [9]

- Himmelskartografie-Projekt Sloan Digital Sky Survey startete 2000⁴
- Sammelte in der ersten Wochen mehr Daten als die gesamte Astronomie davor

⁴Teleskop mit 2,5m Spiegel am Apache Point Observatory – New Mexico

⁵Teleskop mit 8,4m Spiegel am El-Peñón-Gipfel des Cerro Pachón – Chile

Big Data - Einleitung [8] [9]

- Himmelskartografie-Projekt Sloan Digital Sky Survey startete 2000⁴
- Sammelte in der ersten Wochen mehr Daten als die gesamte Astronomie davor
- Bis 2010 ca. 140 TB Daten gesammelt (ca. 35% Abdeckung)
Sterne 260 562 744 und Galaxien 208 478 448 [7]
- 2019 geplanter Nachfolger Large Synoptic Survey Telescope⁵

⁴Teleskop mit 2,5m Spiegel am Apache Point Observatory – New Mexico

⁵Teleskop mit 8,4m Spiegel am El-Peñón-Gipfel des Cerro Pachón – Chile

Big Data - Einleitung [8] [9]

- Himmelskartografie-Projekt Sloan Digital Sky Survey startete 2000⁴
- Sammelte in der ersten Wochen mehr Daten als die gesamte Astronomie davor
- Bis 2010 ca. 140 TB Daten gesammelt (ca. 35% Abdeckung) Sterne 260 562 744 und Galaxien 208 478 448 [7]
- 2019 geplanter Nachfolger Large Synoptic Survey Telescope⁵
- Erzeugt alle 5 Tage 140 TB an Daten!

⁴Teleskop mit 2,5m Spiegel am Apache Point Observatory – New Mexico

⁵Teleskop mit 8,4m Spiegel am El-Peñón-Gipfel des Cerro Pachón – Chile

Big Data - Einleitung [8] [9]

- „Datenberge“ wachsen immer weiter an
 - Geschätzt 2007 an die 300 Exabyte⁶ Daten
 - Geschätzt 2013 an die 1200 Exabyte Daten⁷
- Verarbeitung riesiger Datenmengen zur Gewinnung von Wahrscheinlichkeiten zu genaueren Vorhersagen
 - Das eine E-Mail Spam ist
 - Das „dei“ bei der Autokorrektur „die“ heißt
 - Bewegungen von Menschen, ob dies eine Gefahr für selbstlenkende Fahrzeuge sind
- Die Erkenntnis ist nicht das **WARUM** sondern das **WAS**
- „Was wir an Genauigkeit auf der Mikroebene verlieren, gewinnen wir an Erkenntnis auf der Makroebene.“ [8]

⁶1 Exabyte = 1 000 000 TB

⁷in CDs: 5 Stapel zum Mond

Big Data - HACE Theorem [9]

Big Data starts with large-volume, Heterogeneous, Autonomous sources with distributed and decentralized control, and seeks to explore Complex and Evolving relationships among data.

Huge Data: **Heterogeneous** Viele unterschiedliche Repräsentationen der „Datenhaufen“

Autonomous Sources: Wahllose Generierung von Daten ohne zentrale Steuerung

Complex and Evolving Relationships: Verflechtung der Daten untereinander wird immer komplexer und nimmt zu

Big Data - Herausforderungen für DM [9]

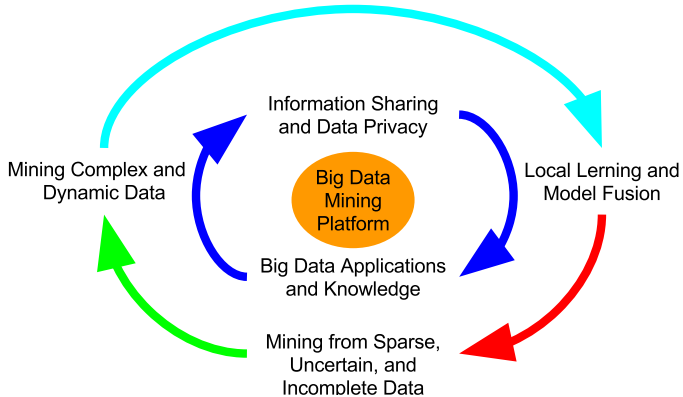


Abbildung 12: Datamining mit Big Data [9]

Überblick

- **Data Mining**
 - Top 10 algorithms in data mining
 - Clustering
 - Klassifikation
 - Assoziation
- **Big Data**
- **Neue Algorithmen**

Diskussion

Gibt es Fragen?

Danke

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und Ihr Interesse.

Literatur I

- [1] S. B. S. NASA, ESA and the HUDF Team. (2004) Hubble ultra deep field. [Online]. Available:
<http://imsrc.hubblesite.org/hu/db/images/hs-2004-07-a-pdf.pdf>
- [2] M. Ester and J. Sander, *Knowledge discovery in databases: Techniken und Anwendungen*. Springer Heidelberg, 2000, vol. 2, no. 4.
- [3] P. J. O’Keefe, M. G. Gowanlock, S. M. McConnell, and D. R. Patton, “Star-galaxy classification using data mining techniques with considerations for unbalanced datasets,” in *Astronomical Data Analysis Software and Systems XVIII*, vol. 411, 2009, p. 318.

Literatur II

- [4] U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, and P. Smyth, “From data mining to knowledge discovery in databases,” *AI magazine*, vol. 17, no. 3, p. 37, 1996.
- [5] X. Wu, V. Kumar, J. R. Quinlan, J. Ghosh, Q. Yang, H. Motoda, G. J. McLachlan, A. Ng, B. Liu, S. Y. Philip *et al.*, “Top 10 algorithms in data mining,” *Knowledge and Information Systems*, vol. 14, no. 1, pp. 1–37, 2008.
- [6] W.-T. Balke, “Data warehousing and data mining techniques,” University Lecture, 2014.
- [7] SDSS-III. (2014, Nov.) The Scope of DR8. [Online]. Available: <http://www.sdss3.org/dr8/scope.php>

- [8] V. Mayer-Schönberger and K. Cukier, *Big Data*. Computer Press, 2014.
- [9] X. Wu, X. Zhu, G.-Q. Wu, and W. Ding, “Data mining with big data,” *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 26, no. 1, pp. 97–107, 2014.