



Ostbayerische Technische Hochschule
Amberg-Weiden

Machine Learning

Prof. Dr. Fabian Brunner

<fa.brunner@oth-aw.de>


Amberg, 4. Oktober 2021





- 4 SWS Vorlesung mit integrierten (Programmier-)Übungen
- Programmierübungen in der Sprache Python
- Vorlesungsfolien über Moodle verfügbar (ggf. zeitversetzt)
- Einschreibeschlüssel: ml_ws2122
- Prüfung: Studienarbeit (Realisierung eines ML-Projekts in Python)

 C.M. Bishop.
Pattern Recognition and Machine Learning.
Information Science and Statistics. Springer New York, 2016.

 A. Burkov.
Machine Learning kompakt: Alles, was Sie wissen müssen.
mitp Professional. mitp-Verlag, 2019.

 B. Klein.
Einführung in Python 3: Für Ein- und Umsteiger.
Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG, 2017.

 W. McKinney.
Datenanalyse mit Python: Auswertung von Daten mit Pandas, NumPy und IPython.
O'Reilly, 2018.

-  A.C. Müller, S. Guido, and K. Rother.
Einführung in Machine Learning mit Python: Praxiswissen Data Science.
O'Reilly, 2017.
-  S. Raschka and V. Mirjalili.
Machine Learning mit Python: das Praxis-Handbuch für Data Science, Predictive Analytics und Deep Learning.
mitp-Verlag, 2017.
-  J. Watt and R. Borhani and A.K. Katsaggelos
Machine Learning Refined: Foundations, Algorithms, and Applications.
Cambridge University Press, 2016.
-  O. Zeigermann and C.N. Nguyen.
Machine Learning – kurz & gut: Eine Einführung mit Python, Pandas und Scikit-Learn.
O'Reilly, 2018.

- Beispiele für den Einsatz von Machine Learning
- Datenvorbereitung
- Verfahren des Supervised Learning
 - ▶ Regressionsanalyse
 - ▶ Klassifizierung
- Verfahren des Unsupervised Learning
 - ▶ Cluster-Analyse
 - ▶ Dimensionsreduktion durch Hauptkomponentenanalyse
- Ensemble-Methoden
- Beurteilung der Güte von Machine Learning-Verfahren
- Machine Learning mit Python und Scikit-learn
 - ▶ Transformer und Classifier
 - ▶ Verwendung von Pipelines
 - ▶ Kreuzvalidierung
 - ▶ Hyperparameter-Optimierung durch Rastersuche

Das wollen wir in dieser Vorlesung lernen...

- Anwendungsszenarien von Machine Learning-Verfahren kennen
- Unterschied zwischen Supervised, Unsupervised und Reinforcement Learning kennen und erläutern können
- Gängige Machine Learning-Methoden kennen und deren Funktionsweise beschreiben können
- Einfache Machine-Learning-Algorithmen „from scratch“ selbst implementieren können
- Qualitätsmaße und Techniken zur Beurteilung der Güte von Machine-Learning-Verfahren kennen und anwenden können
- Strategien zur Optimierung von Machine-Learning-Algorithmen kennen, auswählen und praktisch anwenden können.
- Geeignete Machine-Learning-Modelle für eine gegebene Problemstellung auswählen und in Python realisieren können

Programmierkenntnisse

- Objektorientierte Programmierung
- Python-Bibliotheken: pandas, numpy, matplotlib

Algorithmen

- Algorithmen und deren Komplexität
- Datenstrukturen, z.B. Baumstrukturen, Heap, ...
- Rekursion

Mathematik

- Grundkenntnisse der Stochastik und Statistik
- Lineare Algebra
- Analysis

Maschine schlägt Mensch - Meilensteine

*Basierend auf Machine Learning,
insb. tiefe neuronale Netze,
Kombination verschiedener Lernarten
(supervised, reinforcement, MCTS)*



AlphaGo besiegt LeeSedol
(2016)

*Massives Information Retrieval (vier
Terabyte an strukturierten und
unstrukturierten Daten), kaum
„Lernen“.*



Watson gewinnt Jeopardy (2011)



Deep Blue schlägt Garry Kasparow (1997)

*Brute force computing power (massiv paralleles System,
Auswertung von mehr als 200 Mio. Positionen pro Sekunde),
systematische Suche, strukturierte Domäne.*

Maschine schlägt Mensch - Meilensteine



*Algorithmics
+ programming*

Deep Blue schlägt Garry Kasparow (1997)



Watson gewinnt Jeopardy (2011)

*Knowledge
+ retrieval*

*Data
+ Learning*



AlphaGo besiegt LeeSedol
(2016)

Was bedeutet Lernen beim Menschen?

Was bedeutet Lernen beim Menschen?

- Erwerb von Fähigkeiten und Wissen
- Veränderung des Verhaltens (z.B. Anpassung an Umwelt)

Wie lernen wir Menschen?

Was bedeutet Lernen beim Menschen?

- Erwerb von Fähigkeiten und Wissen
- Veränderung des Verhaltens (z.B. Anpassung an Umwelt)

Wie lernen wir Menschen?

- Beobachtung und Erfahrung
- Auswendiglernen
- Logisches Schließen
- Kategorisierung, Begriffsbildung
- Entwicklung von Gesetzmäßigkeiten und Theorien



Bildquelle:
<https://www.scm-blog.de/2015/11/wir-lernen-das/>

Wie lernen Maschinen?

- „Lernen“ bei Maschinen bedeutet, Funktionen basierend auf Daten zu approximieren.
- Diese Funktionen sollen ein gewünschtes Ergebnis liefern, wenn man sie auf die Trainingsdaten anwendet.
- Dies ermöglicht teilweise extreme Leistungen in klar abgesteckten Domänen.

Ist das Lernen?

- Es kann nur das gelernt werden, was in den Daten steckt.
- Die Maschine kann nicht verallgemeinern oder kreativ sein und erreicht (noch) nicht menschliche Vielfalt.
- Machine Learning ist daher kein Lernen im klassischen Sinn, sondern eine Analogie zum Lernen von Lebewesen.

Charakteristika des Maschinellen Lernens:

- Keine explizite Programmierung von Algorithmen
- Maschine eignet sich anhand von Daten und vorgegebenen Erfolgskriterien selbst an, wie eine Aufgabe zu erledigen ist.

Definition von Arthur L. Samuel, 1959

„Machine Learning is the field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed.“

Charakteristika des Maschinellen Lernens:

- Keine explizite Programmierung von Algorithmen
- Maschine eignet sich anhand von Daten und vorgegebenen Erfolgskriterien selbst an, wie eine Aufgabe zu erledigen ist.

Definition von Arthur L. Samuel, 1959

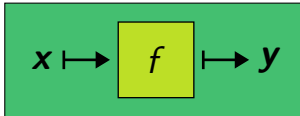
„Machine Learning is the field of study that gives computers the ability to learn without being explicitly programmed.“

Definition von Tom Mitchell, 1998

„A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P , if its performance at tasks in T , as measured by P , improves with experience E .“

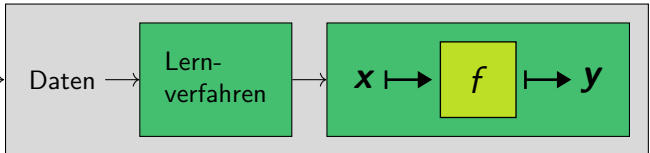
Klassischer Programmieransatz

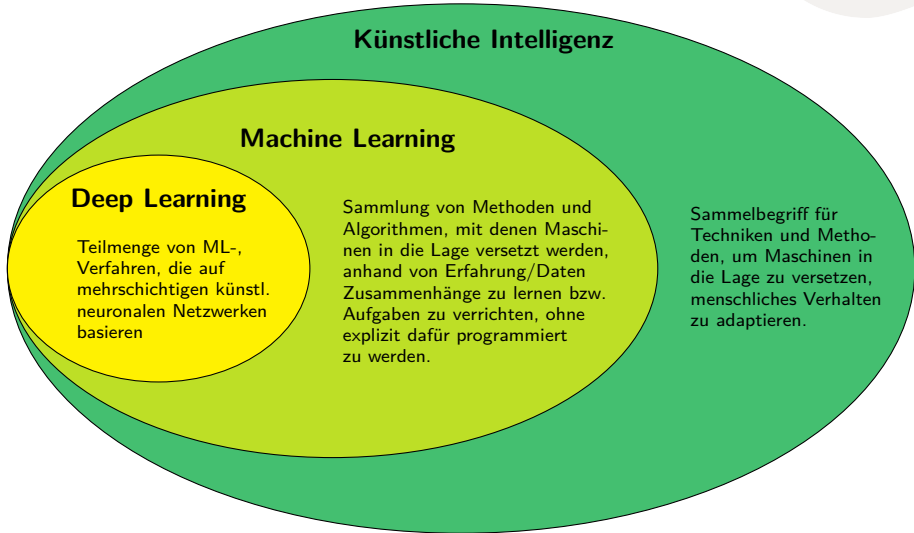
Schreibe ein anweisungsbasiertes Programm, das eine Eingabe x in eine Ausgabe y überführt.



Ansatz beim Machine Learning

Anwendung eines Lernverfahrens, damit der Rechner die Beziehung zwischen x und y selbst erlernt/approximiert.





Methoden des Machine Learning werden bereits heute in vielen Bereichen erfolgreich eingesetzt. Einige beispielhafte Anwendungen sind:

- Automatisches Übersetzen
- Suchmaschinen
- Spam-Filter
- Empfehlungsdienste, personalisierte Werbung
- Gesichtserkennung
- OCR
- Tumorklassifikation
- Autonomes Fahren
- Bonitätsprüfung
- Aufdecken von Kreditkartenbetrug

- Ziel: automatische Klassifikation von Hirntumoren anhand von MRT-Aufnahmen
- Machine-Learning basierte Ansätze erreichen bis zu 98% Genauigkeit.¹

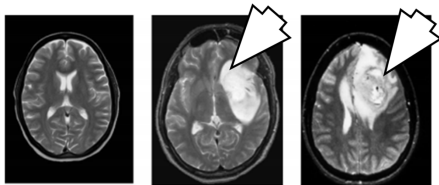
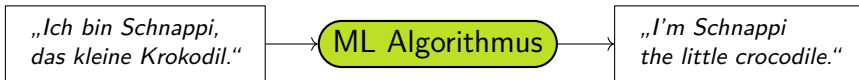


Abbildung: Links: gesundes Gehirn; Mitte: gutartiger Hirntumor; Rechts: bösartiger Hirntumor

¹<https://doi.org/10.1080/03091900701455524>.

- Gegenstand der Computerlinguistik und des Natural Language Processing
- Ziel: automatische Übersetzung von Texten aus einer Sprache in eine Zielsprache.
- Verfahren basierend auf Deep Learning („Neural Machine Translation“) sind konventionellen Ansätzen inzwischen deutlich überlegen.
- Herausforderungen: große Datenmengen, verschiedene Kontexte, selten vorkommende Wörter, lange Sätze



Beispiel: „Visual Inspection“ in Produktions- und Fertigungsprozessen

- Bildbasierte maschinelle Erkennung und Klassifizierung von Defekten in gefertigten Produkten mit Hilfe von Verfahren des maschinellen Lernens, insb. des Deep Learning
- ML-Algorithmus lernt anhand von Beispielen, wodurch sich ein Defekt auszeichnet, wie er sich manifestiert und wie man ihn erkennt.
- Schneller, günstiger und weniger fehleranfällig als die manuelle Inspektion



Bildquelle:
<https://nanonets.com/blog/ai-visual-inspection/>

Aufgabenstellungen:

- Lokalisierung, Mapping, Routenplanung
- Monitoring der Fahrzeugumgebung (z.B. Erkennung und Klassifikation von Verkehrsschildern, Straßenverhältnissen, anderen Verkehrsteilnehmern etc.)
- Vorhersage und Anpassung an die aktuelle Verkehrssituation
- Fahrerzustandserkennung



Bildquelle: Tesla

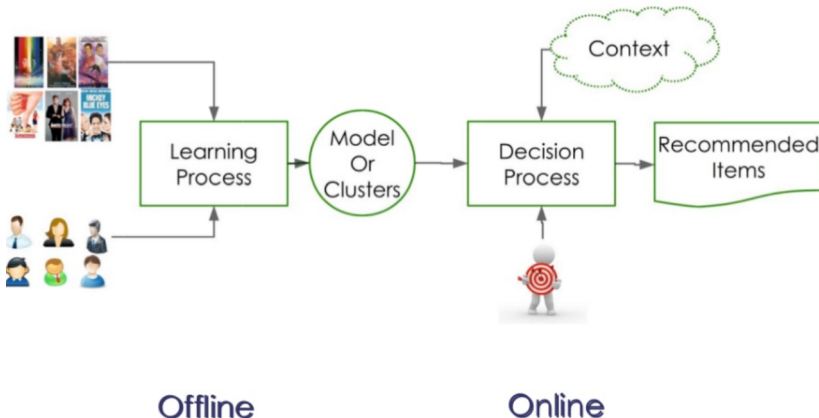
Aufgabenstellungen:

- Berechnung von Produktaffinitäten und Vorhersage von Kaufwahrscheinlichkeiten
- Identifizierung und Charakterisierung von Kundentypen
- Erstellung individueller Kaufempfehlungen
- Versand personalisierter Werbung
- Optimierung von Marketing-Kampagnen

Ansätze:

- Modellierung des Zusammenhangs zwischen Kundenattributen und Kaufverhalten anhand historischer Daten
- Ableiten von Affinitätsscores für einzelne Produkte
- Ermittlung von Kundengruppen durch Clustering

Beispiel: Empfehlungsdienste



NETFLIX

Xavier Amatriain – July 2014 – Recommender Systems

Zielsetzung

- Prognose der verbleibenden Lebensdauer von Maschinen, Systemen, Bauteilen etc.
- Prognose von Ausfallwahrscheinlichkeiten in bestimmten zeitlichen Perioden basierend auf Daten über den aktuellen Zustand
- Optimierung von Wartungsintervallen
- Vermeidung unvorgesehener Unterbrechungen des Betriebsablaufs



Bildquelle: <https://blog.matthews.com.au/need-know-preventive-maintenance-vs-breakdown-repair/>

Die drei Arten des Machine Learnings

Supervised Learning

- Gelabelte Daten
- Direktes Feedback
- Ergebnis/Zukunft vorhersagen

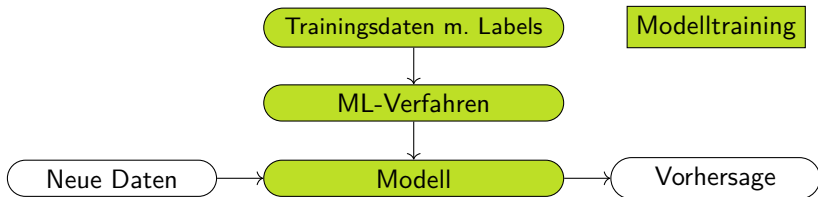
Unsupervised Learning

- Keine Labels/Ziele
- Kein Feedback
- Verborgene Strukturen in den Daten finden

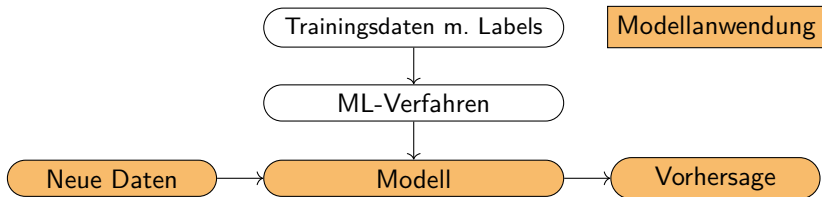
Reinforcement Learning

- Entscheidungsvorgang
- Belohnungssystem
- Aktionen erlernen

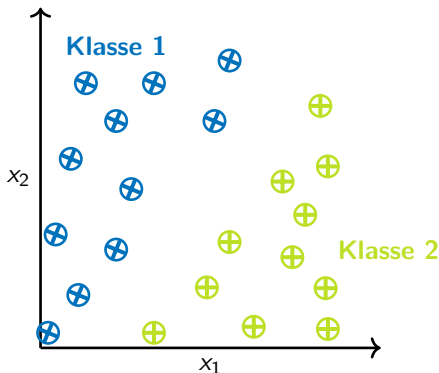
- Modelltraining: erlerne anhand gekennzeichneteter Daten ein Modell
- Modellanwendung: verwende das Modell, um Voraussagen über unbekannte bzw. zukünftige Daten treffen zu können
- Der Begriff „überwacht“ bezieht sich auf die Trainingsdaten, die bereits mit den bekannten erwünschten Ausgabewerten (Labels) gekennzeichnet sind.



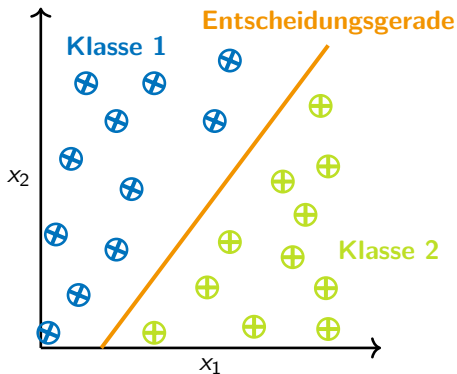
- Modelltraining: erlerne anhand gekennzeichnetter Daten ein Modell
- Modellanwendung: verwende das Modell, um Voraussagen über unbekannte bzw. zukünftige Daten treffen zu können
- Der Begriff „überwacht“ bezieht sich auf die Trainingsdaten, die bereits mit den bekannten erwünschten Ausgabewerten (Labels) gekennzeichnet sind.



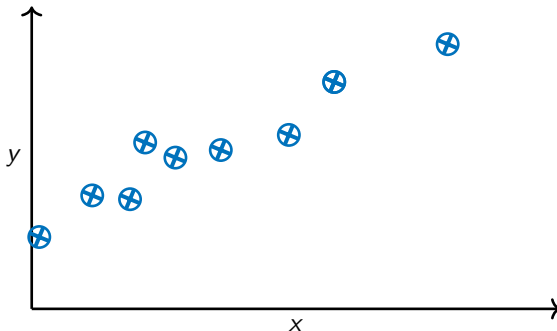
- Zuordnung von Instanzen zu einer von mehreren Klassen
- Das Machine-Learning-Modell leitet aus gegebenen Daten ein Entscheidungskriterium zur Klassifikation ab.
- Beispiel: binäre Klassifikation mit zwei Klassen und linearem Entscheidungskriterium



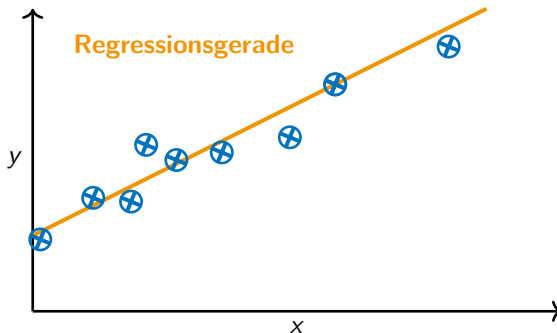
- Zuordnung von Instanzen zu einer von mehreren Klassen
- Das Machine-Learning-Modell leitet aus gegebenen Daten ein Entscheidungskriterium zur Klassifikation ab.
- Beispiel: binäre Klassifikation mit zwei Klassen und linearem Entscheidungskriterium



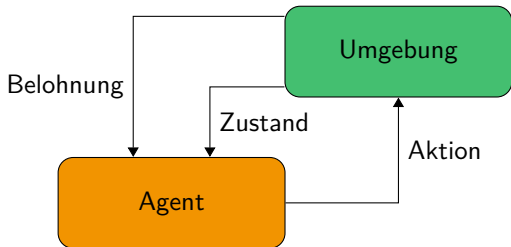
- Modellierung der Beziehung zwischen einer oder mehreren Regressorvariablen (auch unabhängige oder erklärende Variable genannt) und einer stetigen Zielvariable.
- Vorhersage neuer Ergebnisse durch Auswertung des Modells
- Beispiel: lineare Regression



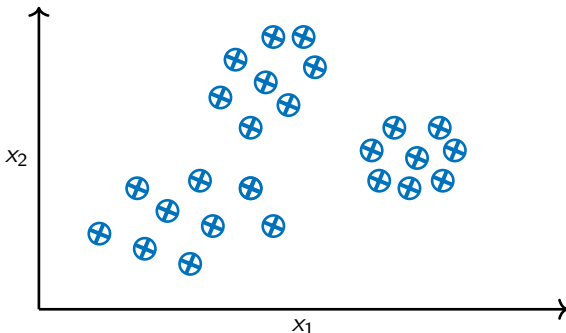
- Modellierung der Beziehung zwischen einer oder mehreren Regressorvariablen (auch unabhängige oder erklärende Variable genannt) und einer stetigen Zielvariable.
- Vorhersage neuer Ergebnisse durch Auswertung des Modells
- Beispiel: lineare Regression



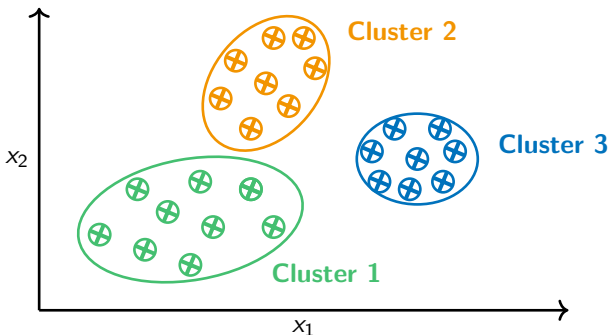
- Entwicklung eines Systems („Agent“), das seine Leistung durch Interaktionen mit seiner Umgebung verbessert.
- Das System erhält Feedback von der Umgebung in Form eines Belohnungssignals.
- Der Agent versucht, solche Aktionen zu finden/zu erlernen, die die Belohnung maximieren.
- Anwendungsgebiete: Spielen, Robotik, Ressourcenverwaltung



- Aufteilung von Information in „sinnvolle“ Untergruppen („Cluster“) ohne a-priori-Kenntnis über Gruppenzugehörigkeit
- Jede Gruppe soll möglichst homogen sein und sich möglichst stark von den anderen Gruppen unterscheiden.
- Anwendungsbeispiel: Identifizierung von Kundengruppen im Marketing



- Aufteilung von Information in „sinnvolle“ Untergruppen („Cluster“) ohne a-priori-Kenntnis über Gruppenzugehörigkeit
- Jede Gruppe soll möglichst homogen sein und sich möglichst stark von den anderen Gruppen unterscheiden.
- Anwendungsbeispiel: Identifizierung von Kundengruppen im Marketing



Ziele der Dimensionsreduktion

- Datenkompression
- Reduzierung von Rauschen
- Featureextraktion
- Generierung von unkorrelierten Features mit möglichst großer Varianz.