

# **Bildähnlichkeitserkennung von Markenlogos mithilfe von Machine Learning**

Untertitel

**Masterarbeit**

Eingereicht in teilweiser Erfüllung der Anforderungen zur Erlangung des akademischen Grades:

**Master of Science in Engineering**

an der FH Campus Wien

Studienfach: Software Design and Engineering

**Autor:**

David Walser

**Matrikelnummer:**

01609388

**Betreuer:**

FH-Prof. DI Dr. Igor Miladinovic

**Datum:**

02.02.2022

Erklärung der Urheberschaft:

Ich erkläre hiermit diese Masterarbeit eigenständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen Quellen, als die in der Arbeit gelisteten verwendet, noch habe ich jegliche unerlaubte Hilfe in Anspruch genommen

Ich versichere diese Masterarbeit in keinerlei Form jemandem Anderen oder einer anderen Institution zur Verfügung gestellt zu haben, weder in Österreich noch im Ausland.

Weiters versichere ich, dass jegliche Kopie (gedruckt oder digital) identisch ist.

Datum:

Unterschrift:

# Abstract

(E.g. “This thesis investigates...”)

# Kurzfassung

(Z.B. "Diese Arbeit untersucht...")

# Abkürzungen

ÖPA	Österreichisches Patentamt
ARP	Address Resolution Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication
WLAN	Wireless Local Area Network

# Schlüsselbegriffe

GSM

Mobilfunk

Zugriffsverfahren

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Problembeschreibung . . . . .	1
1.2	Motivation und Ziel . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Machine learning</b>	<b>2</b>
2.1	Supervised Machine Learning . . . . .	3
2.2	Unsupervised Machine Learning . . . . .	4
2.3	Semi-supervised Learning . . . . .	5
2.4	Reinforcement Learning . . . . .	6
2.5	Neuronale Netzwerke . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Bildbezogenes Machine Learning</b>	<b>8</b>
3.1	Wie computer sehen . . . . .	8
3.2	Bilderkennung und Klassifizierung . . . . .	8
3.3	Algorithmen für Bildähnlichkeitserkennung . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Prototyp zur Bildähnlichkeitserkennung von Markenlogos</b>	<b>9</b>
4.1	Daten . . . . .	9
4.2	Bildvorverarbeitung . . . . .	9
4.3	Algorithmus . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Conclusio</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Ausblick</b>	<b>12</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>13</b>
	<b>Abbildungen</b>	<b>15</b>
	<b>Tabellen</b>	<b>16</b>
	<b>Appendix</b>	<b>17</b>

# 1 Einführung

## 1.1 Problembeschreibung

Für uns Menschen ist es eine ziemlich einfache Aufgabe zu ermitteln ob ein Bild ähnlich zu einem anderen ist oder nicht. Wir erkennen alle Möglichen Merkmale eines Bildes, wie Farben, Texte oder Muster, ohne große Schwierigkeiten. Es stellt jedoch eine Herausforderung dar, wenn ein Bild mit 400.000 anderen Bildern verglichen und auf Ähnlichkeit geprüft werden soll.

Im Jahre 2020 wurden 6260 neue Marken beim österreichischen Patentamt angemeldet [1]. Die meisten dieser Marken werden in Kombination mit einem Bild, auch Logo genannt, registriert. Damit es bei einer Neuanschuldung nicht zu einer unmittelbaren Verwechslungsgefahr mit bereits bestehenden Marken kommt, bietet das österreichische Patentamt einen Dienst an, bei dem Daten zu einer Marke angegeben werden, und überprüft wird, ob es Ähnlichkeiten mit bereits angemeldeten Marken gibt [2]. Ein Hauptbestandteil dieser Ähnlichkeitsrecherche ist die Überprüfung von Ähnlichkeiten der Logos.

## 1.2 Motivation und Ziel

Machine Learning ist ein aufkommendes und zukunftsweisendes Thema. Laut einer Studie aus 2017 wurde ein Wachstum des machine learning Marktes von 1.03 Milliarden \$ in 2016 auf 8.81 Milliarden \$ im Jahre 2022 erwartet, was einer Wachstumsrate von 44.1% entspricht [3]. Technologisch gesehen ist der mit dieser Masterarbeit verbundene Prototyp eine große Herausforderung, da zur Umsetzung allerneuste Technologien und Frameworks benötigt werden. Eine weitere Herausforderung wird es sein, wie genau die vom österreichischen Patentamt dankenswerter Weise zur Verfügung gestellten Daten zu analysieren und kategorisieren sind. Ziel dieser Masterarbeit ist es das Patentamt bei der Ähnlichkeitsrecherche zu unterstützen, in dem ein Prototyp entwickelt wird, welcher Ähnlichkeiten bei Bildern erkennt. Außerdem soll diese Masterarbeit einen Überblick über Machine Learning, mit Fokus auf Bildverarbeitung, enthalten. Daraus ergibt sich die folgende Forschungsfrage

Welche Unterschiede weisen verschiedene ML Algorithmen auf, im Bezug auf Erkennungsrate einer Ähnlichkeitsüberprüfung von Bildern?

zu beantworten.



## 2 Machine learning

Machine Learning ist die Wissenschaft und Kunst Computern das Lernen anhand von Daten zu ermöglichen [4] und ist ein Anwendungsgebiet von künstlicher Intelligenz welches bereits seit vielen Jahren die Forschung und Wirtschaft unterstützt [5]. "Machinelles Lernen ist ein Oberbegriff für die "künstliche" Generierung von Wissen aus Erfahrung: Ein künstliches System lernt aus Beispielen und kann diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern." [6] Muster und Gesetzmäßigkeiten werden aus den Trainingsdaten erkannt, woraus ein statistisches Modell erzeugt wird [6]. Dieser Prozess wird als Modelltraining bezeichnet und ist ein iterativer Prozess, welcher oft mehrfach durchlaufen wird, bis die Qualität des Ergebnis zufriedenstellend ist [5]. Aus dem Erlernen und Analysieren der historischen Daten kann ein Ergebnis für neue und unbekannte Daten prognostiziert werden, ohne explizit darauf programmiert zu sein [7].

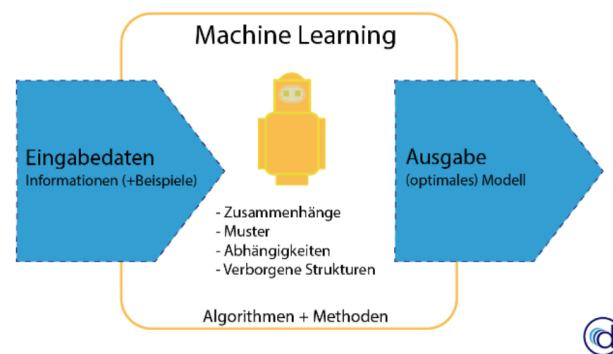


Abbildung 2.1: Machine Learning nimmt Eingabedaten mit Beispielen und lernt daraus, um für die Zukunft Prognosen zu machen [5]

Ein Alltag ohne dem Interagieren mit Machine Learning ist heutzutage kaum mehr wegzudenken. Bei der Benutzung von sozialen Medien, online Shopping oder Bankdiensten kommt Machine Learning zum Einsatz [8] und bereits seit den 1990er Jahren beeinflusst Machine Learning in Form des Spam Filters das Leben vieler [4]. Netflix bietet mithilfe von Machine Learning personalisierte Film und Serienempfehlungen an, und zusätzlich unterstützt Machine Learning bei der Optimierung der Produktion von Filmen und TV Shows [9]. Facebooks Algorithmus kann bereits mit 100 bis 150 Likes die Persönlichkeit einer Person genauer beschreiben als deren Familienmitglieder oder Freunde [10]. Die Grundlage für Machine Learning bilden Algorithmen, welche sich in folgende Arten aufteilen lassen [8]:

- supervised learning
- unsupervised learning
- semi-supervised learning
- reinforcement learning

## 2.1 Supervised Machine Learning

Supervised Machine Learning, im Deutschen übersetzt überwachtes Lernen, ist die am häufigsten angewendete Algorithmusart [8]. Ähnlich wie in der Schule wenn unter Aufsicht des Lehrers oder der Lehrerin geprüft wird, ob ein Problem richtig oder falsch gelöst wird, ist die Situation bei supervised Machine Learning Algorithmen. Dem Algorithmus wird ein gelabelter Datensatz zum Lernen zur Verfügung gestellt, somit weiß der Algorithmus für jeden Datensatz die richtige Lösung [11]. Ein gelabelter Datensatz kann z.B. ein Bild von einem Tier sein, wobei hier zusätzlich auch die Information über ein Feature mitgegeben wird, wie z.B. die Art des Tieres oder das Gewicht des Tieres (siehe Abbildung 2.2). Das Label ist die Information über ein Feature welche der Algorithmus später vorhersagen will. [12] Folgende

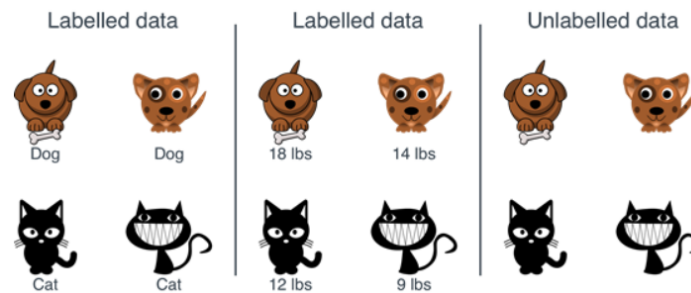


Abbildung 2.2: Labeled vs unlabeled Data [12]

Algorithmen sind Beispiele für supervised Learning [4]:

- k-Nearest Neighbors
- Naive Bayes
- Linear Regression
- Logistic Regression
- Support Vector Machines (SVMs)
- Decision Trees und Random Forests
- Neuronale Netzwerke (wobei diese auch unsupervised oder semisupervised sein können)

Klassifizierung und Regression sind klassische Anwendungsgebiete für supervised learning [4].

### 2.1.1 Klassifizierung

Bei Klassifizierungsproblemen geht es darum einen Status vorherzusagen [12], wie z.B. zu welcher Klasse oder Gruppe die Inputdaten gehören [11]. Der Spam Filter ist ein gutes Beispiel für Klassifizierung, hierbei handelt es sich um zwei Klassen: Spam und nicht Spam. Der Algorithmus bekommt E-Mails zum Lernen, welche als Spam E-Mail oder normale E-Mail gelabelt sind, um somit für neue E-Mails herauszufinden, ob diese Spam E-Mails sind [4].

### 2.1.2 Regression

Regression ist ein Fachgebiet der Statistik und ist eine Methode um die Beziehung zwischen unabhängigen Variablen oder Merkmalen und einer abhängigen Variable oder einem Ergebnis zu verstehen. Sobald die Beziehung zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen geschätzt wurde, können die Ergebnisse vorhergesagt werden. [13] Bei Regressionsproblemen

geht es um kontinuierliche Daten [11] und darum eine Zahl vorherzusagen, wie z.B. das Vorhersagen von Aktienkursen [12] oder von Grundstückspreisen [11].

### 2.2 Unsupervised Machine Learning

Bei unsupervised Machine Learning, im Deutschen übersetzt unüberwachtes Lernen, handelt es sich um den Ansatz mit Datensätzen zu lernen, welche kein Label besitzen [4]. Dies wird auch als selbst organisiertes Lernen bezeichnet [11], da der Algorithmus ohne einen Lehrer oder eine Lehrerin lernt [4]. Da es sich hierbei um ungelabelte Datensätze handelt, besitzen diese nicht die Zielinformation, welche vorhergesagt werden soll [12] und somit werden Zusammenhänge in den Daten [14], versteckte Muster oder Datengruppierungen von unsupervised Algorithmen erkannt, ohne dass menschliches Eingreifen erforderlich ist [13]. Die Fähigkeit,

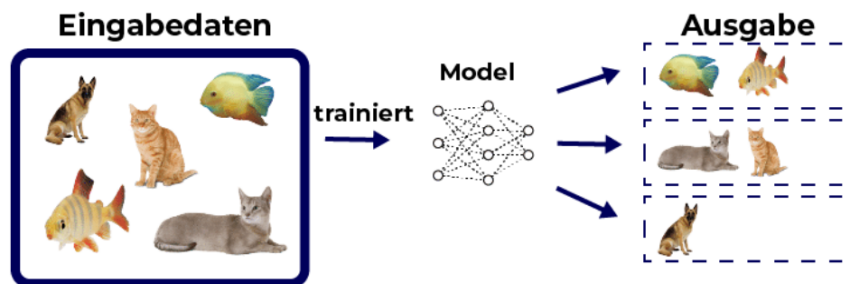


Abbildung 2.3: "Model trainiert ohne Zielvariable und findet eigenständig Muster und Zusammenhänge in den Daten"[14]

Ähnlichkeiten und Unterschiede in Informationen zu entdecken, macht sie zur idealen Lösung für die explorative Datenanalyse, Kundensegmentierung und Bilderkennung. Folgende Algorithmen sind Beispiele für unsupervised Learning [4]:

- K-Means
- DBSCAN
- Hierarchical Cluster Analysis (HCA)
- Principal Component Analysis (PCA)
- Kernel PCA
- Locally-Linear Embedding (LLE)
- Apriori
- Eclat

Clustering, Assoziationsanalyse und Dimensionalitätsreduktion sind die drei Hauptaufgaben von unsupervised Machine Learning [13].

#### 2.2.1 Clustering

Beim Clustering geht es darum, die Population oder die Datenpunkte in eine Reihe von Gruppen aufzuteilen, so dass die Datenpunkte in denselben Gruppen anderen Datenpunkten in derselben Gruppe ähnlicher und den Datenpunkten in anderen Gruppen unähnlicher sind [15]. Es werden ungelabelte Daten auf der Grundlage ihrer Ähnlichkeiten oder Differenzen in verschiedene Gruppen aufgeteilt [13]. Anwendungsgebiete für Clustering sind beispielsweise

Bücher die je nach Titel und Inhalt in verschiedene Gruppen eingeteilt werden oder Pflanzen und Tiere welche in Spezies aufgeteilt werden (siehe Abbildung 2.3) [15].

### 2.2.2 Assoziationsanalyse

Die Assoziationsanalyse ist eine Methode um herauszufinden welche Muster (Beziehungen, Korrelationen, Strukturen, ...) es in den Datensätzen gibt [16]. Diese Methode wird häufig für Warenkorbanalysen verwendet, um ein besseres Verständnis über die Beziehung zwischen den Produkten zu bekommen. Beispiele davon sind z.B. auf Amazon die "Kunden, die diesen Artikel gekauft haben, kauften auch:Änzeige oder die Spotify "Discover Weekly"Playlist. [13]

### 2.2.3 Dimensionalitätsreduktion

Während mehr Daten grundsätzlich zu genaueren Ergebnissen führen können, so kann dies auch die Leistung von Algorithmen für machine Learning beeinträchtigen (z.B. overfitting) und die Visualisierung von Datensätzen erschweren [13]. Bei der Dimensionalitätsreduktion geht es darum, die Variablen in den Daten auf die wesentlichen und zielführenden zu beschränken (z.B. werden redundante oder noise Features entfernt) [14], wobei die Integrität der Daten so weit wie möglich erhalten bleiben soll [13]. Es kann für das bereinigen von Daten oder auch für das Hervorheben von Features verwendet werden, da die Daten dabei von hochdimensionalem Feature Raum in niedrigdimensionalem Feature Raum transformiert werden [17].

## 2.3 Semi-supervised Learning

Um die Schwierigkeiten vom Erstellen von großen gelabelten Datensätzen entgegenzuwirken gibt es eine Methode bei der ein kleiner Anteil gelabelte Daten, der Großteil jedoch ungelabelte Daten sind. Diese Methode wird als semi-supervised Learning bezeichnet, welche die Benefits von unsupervised und supervised kombiniert. [18] Der Algorithmus wird initial mit den wenig gelabelten Daten trainiert und kann somit iterativ mehr und mehr an die ungelabelten Daten angewandt werden. Self-training und Co-training sind zwei Ansätze für semi-supervised learning. [19]

### 2.3.1 Self-training

Self-training ist eines der einfachsten Beispiele für semi-supervised learning und ist ein Prozedere einen supervised learning Ansatz in semi-supervised umzuwandeln [19]. Der straight-forward Ansatz wird anhand folgendem Beispiel erklärt:

1. Die gelabelten Daten werden für das Trainieren des Models herangenommen [20].
2. Dieses Model wird dann für die Vorhersage von ungelabelten Daten verwendet [20].
3. Es werden Ergebnisse, welche dem zuvor bestimmten Kriterium entsprechen (z.B. >90% accuracy), mit pseudo-labels verzehrt und mit den bereits gelabelten Daten kombiniert [20].
4. Das Model wird nun mit dem neuen Pool an gelabelten Daten trainiert [20].
5. Der ganze Prozess wird nun durchiteriert bis entweder alle Daten gelabelt sind oder die spezifizierte Maximalanzahl an Iterationen erreicht wird [20].

Die Performance von dem Self-training Ansatz variiert von Datensatz zu Datensatz und es gilt abzuwägen ob sie im Vergleich zu dem supervised Ansatz eine Verbesserung erzielt [19].

### 2.3.2 Co-training

Co-training ist eine verbesserte Version von Self-Training, die zum Einsatz kommt, wenn nur wenig gelabelte Daten verfügbar sind [19]. Bei dieser Methode benötigt es zwei Sichten auf die Daten [21] und basierend darauf werden zwei individuelle Klassifizierer trainiert [19]. Die zwei Ansichten sind verschiedene Gruppen von Features, welche jeweils Informationen für jede Instanz beinhalten [19]. Dies bewirkt dass beide Ansichten unabhängig sind und sie alleinstehend die Klasse einer Instanz vorhersagen können[21]. Ein Anwendungsgebiet für Co-Training könnte die Klassifizierung von Webinhalten sein. Der Inhalt einer Webseite kann in zwei Ansichten aufgeteilt werden: eine mit Wörtern, und die andere mit Verweistexten der Links, welche zu dieser Seite führen. [19] Der Ablauf eines Co-Trainings sieht wie folgt aus:

1. Für jede Ansicht werden die separaten Models mit den gelabelten Daten trainiert [19].
2. Die ungelabelten Daten werden hinzugefügt und mit pseudo-labels versehen [19].
3. Die beiden Klassifizierer trainieren sich gegenseitig mit den pseudo-labels und es wird das höchste Konfidenzniveau angestrebt. Wenn z.B. der erste Klassifizierer das Label für einen Datensatz vorhersagt, während der andere einen Fehler macht, so werden die vom ersten Klassifizierer zugewiesenen pseudo-labels die vom zweiten überschreiben und vice-versa. [19]
4. Zuletzt werden die beiden geupdaten Klassifizierer in zu einem kombiniert [19].

## 2.4 Reinforcement Learning

Reinforcement Learning, im Deutschen übersetzt Bestärkendes oder Verstärkendes Lernen, ist eine immer beliebter werdende Methode und befasst sich damit intelligente Lösungen für komplexe Steuerungsprobleme zu finden [23]. Das lernende System, welches in diesem Kontext *Agent* genannt wird, beobachtet das Umfeld und führt dann Aktionen aus, für die es entweder Belohnungen oder Bestrafungen bekommt [4].

Hierbei erlernt der Agent eigenständig welche Aktion für welche Situation am besten geeignet ist, um die Belohnungsfunktion zu maximieren [22]. Im Gegensatz zu supervised oder unsupervised learning werden beim Reinforcement Learning vorab keine Daten benötigt. Die Daten werden während den Trial-and-Error Trainingsdurchläufen der Simulationsumgebung generiert und gelabelt. Das Ziel von Reinforcement Learning ist es eine bestmögliche Policy zu erreichen. [23] Als Policy wird die Strategie bezeichnet, welche der Agent ausführt und gibt an welche Aktion als nächstes ausgeführt werden soll[22] um die Belohnung zu maximieren [23]. Reinforcement Learning anhand eines

Beispiels: Die Katze (siehe Abbildung , welche in diesem Beispiel der Agent ist, befindet sich im Haus (Umgebung) und kann die zwei Zustände sitzen oder bewegen haben. Wenn die

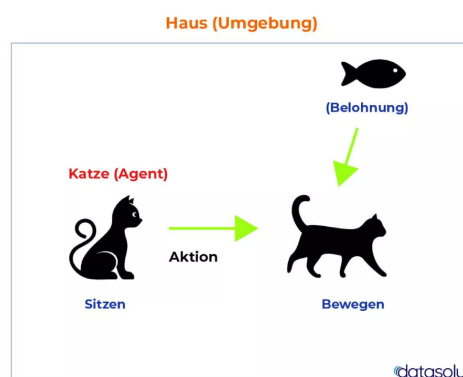


Abbildung 2.4: Beispiel von Reinforcement Learning [22]

Katze nun eine Aktion ausführt, so kann sie ihren Zustand ändern, wofür sie eine Belohnung oder eine Strafe erhalten kann.

## **2.5 Neuronale Netzwerke**

tbd.

## **3 Bildbezogenes Machine Learning**

tbd.

### **3.1 Wie computer sehen**

tbd.

### **3.2 Bildererkennung und Klassifizierung**

tbd.

### **3.3 Algorithmen für Bildähnlichkeitserkennung**

## **4 Prototyp zur Bildähnlichkeitserkennung von Markenlogos**

### **4.1 Daten**

### **4.2 Bildvorverarbeitung**

### **4.3 Algorithmus**



## **5 Diskussion der Ergebnisse**

## 6 Conclusio

## **7 Ausblick**

# Literaturverzeichnis

- [1] Österreichisches Patentamt, “Statistische Übersicht über geschäftsumfang und geschäftstätigkeit in patentangelegenheiten gebrauchsmusterangelegenheiten markenangelegenheiten musterangelegenheiten,” Website, 2020, online erhältlich unter [https://www.patentamt.at/fileadmin/root\\_oepa/Dateien/Allgemein/Statistiken/Stat2020\\_v1\\_1.pdf](https://www.patentamt.at/fileadmin/root_oepa/Dateien/Allgemein/Statistiken/Stat2020_v1_1.pdf); abgerufen am 27. Februar 2022. 1
- [2] —, “MarkenÄhnlichkeitsrecherche,” Website, 2022, online erhältlich unter <https://www.patentamt.at/markenaehnlichkeitsrecherche/>; abgerufen am 27. Februar 2022. 1
- [3] Research and Markets, “Machine learning market by vertical bfsi, healthcare and life sciences, retail, telecommunication, government and defense, manufacturing, energy and utilities, deployment mode, service, organization size, and region - global forecast to 2022,” Website, 2017, online erhältlich unter <https://www.researchandmarkets.com/reports/4395173/machine-learning-market-by-vertical-bfsi/>; abgerufen am 18. März 2022. 1
- [4] A. Géron, *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*, 2nd ed. O’Reilly, 2019. 2, 3, 4, 6
- [5] L. Wuttke, “Machine learning: Definition, algorithmen, methoden und beispiele,” Website, 2022, online erhältlich unter <https://datasolut.com/was-ist-machine-learning/>; abgerufen am 18. März 2022. 2, 15
- [6] Wikipedia, “Maschinelles lernen,” Website, 2022, online erhältlich unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinelles\\_Lernen](https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinelles_Lernen); abgerufen am 04. April 2022. 2
- [7] E. Burns, “machine learning,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/machine-learning-ML>; abgerufen am 04. April 2022. 2
- [8] Oracle, “Was ist machine learning?” Website, 2022, online erhältlich unter <https://www.oracle.com/at/data-science/machine-learning/what-is-machine-learning/>; abgerufen am 26. März 2022. 2, 3
- [9] Netflix, “Machine learning learning how to entertain the world,” Website, 2022, online erhältlich unter <https://research.netflix.com/research-area/machine-learning>; abgerufen am 26. März 2022. 2
- [10] H. Hodson, “What you ‘like’ on facebook gives away your personality,” Website, 2015, online erhältlich unter <https://www.newscientist.com/article/dn26781-what-you-like-on-facebook-gives-away-your-personality/>; abgerufen am 26. März 2022. 2
- [11] Intellipaat, “Supervised learning vs unsupervised learning vs reinforcement learning,” Website, 2022, online erhältlich unter <https://intellipaat.com/blog/supervised-learning-vs-unsupervised-learning-vs-reinforcement-learning/>; abgerufen am 09. April 2022. 3, 4
- [12] L. G. Serrano, *Grokking Machine Learning*, 4th ed. Manning, 2021. [Online]. Available: <https://livebook.manning.com/book/grokking-machine-learning/chapter-1/> 3, 4, 15

- [13] IBM, “Unsupervised learning,” Website, 2022, online erhältlich unter <https://www.ibm.com/cloud/learn/unsupervised-learning>; abgerufen am 02. Mai 2022. 3, 4, 5
- [14] L. Wuttke, “Was ist unsupervised learning (unüberwachtes lernen)?” Website, 2020, online erhältlich unter <https://datasolut.com/wiki/unsupervised-learning/>; abgerufen am 02. Mai 2022. 4, 5, 15
- [15] S. Priy, “Clustering in machine learning,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://www.geeksforgeeks.org/clustering-in-machine-learning/>; abgerufen am 02. Mai 2022. 4, 5
- [16] Baysan, “What is association rule learning? an applied example in python: Basket analysis and product offering,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://medium.com/codex/what-is-association-rule-learning-abd4a76144d8>; abgerufen am 02. Mai 2022. 5
- [17] N. Barla, “Dimensionality reduction for machine learning,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://neptune.ai/blog/dimensionality-reduction>; abgerufen am 02. Mai 2022. 5
- [18] DataRobot, “Semi-supervised learning,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://www.datarobot.com/blog/semi-supervised-learning/>; abgerufen am 03. Mai 2022. 5
- [19] Alexsoft, “Semi-supervised learning, explained with examples,” Website, 2022, online erhältlich unter <https://www.altexsoft.com/blog/semi-supervised-learning/>; abgerufen am 03. Mai 2022. 5, 6
- [20] S. Dobilas, “Self-training classifier: How to make any algorithm behave like a semi-supervised one,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://towardsdatascience.com/self-training-classifier-how-to-make-any-algorithm-behave-like-a-semi-supervised-one-2958e7b54ab7>; abgerufen am 03. Mai 2022. 5
- [21] Wikipedia, “Co-training,” Website, 2021, online erhältlich unter <https://en.wikipedia.org/wiki/Co-training>; abgerufen am 04. Mai 2022. 6
- [22] L. Wuttke, “So funktioniert reinforcement learning,” Website, 2019, online erhältlich unter <https://datasolut.com/reinforcement-learning/>; abgerufen am 04. Mai 2022. 6, 15
- [23] C. Lemke, “So funktioniert reinforcement learning,” Website, 2019, online erhältlich unter <https://www.alexanderthamm.com/de/blog/einfach-erklart-so-funktioniert-reinforcement-learning/>; abgerufen am 04. Mai 2022. 6

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Machine Learning nimmt Eingabedaten mit Beispielen und lernt daraus, um für die Zukunft Prognosen zu machen [5] . . . . .	2
2.2	Labeled vs unlabeled Data [12] . . . . .	3
2.3	"Model trainiert ohne Zielvariable und findet eigenständig Muster und Zusammenhänge in den Daten"[14] . . . . .	4
2.4	Beispiel von Reinforcement Learning [22] . . . . .	6

# Tabellenverzeichnis

# Appendix

(Hier können Schaltpläne, Programme usw. eingefügt werden.)