

Potentiale von Machine Learning

Vortrag in der SAQ Sektion Zürich, 01. April 2019

Prof. Dr. Johannes Freiesleben



Agenda

Definition Machine Learning



Wie funktioniert Machine Learning?



Bedeutung von Machine Learning



Anwendungsspektrum



ML Lösungen im Unternehmen



Agenda

Definition Machine Learning



Wie funktioniert Machine Learning?



Bedeutung von Machine Learning



Anwendungsspektrum



ML Lösungen im Unternehmen



Der Computer denkt.



Machine Learning bedeutet, dass Computer **unabhängig** von Anweisungen des Menschen Zusammenhänge in Daten erkennen und daraus lernen können.



ML-Algorithmen modellieren das Lernen anhand von Lernprozessen, wie sie beim Menschen vorkommen.



"Machine Learning is the scientific understanding of the mechanisms underlying thought and intelligent behavior and their embodiment in machines."



(Association for the Advancement of Artificial Intelligence)



Abgrenzung des Begriffs



ARTIFICIAL INTELLIGENCE

MACHINE LEARNING

Deep Learning

Cognitive
Computing

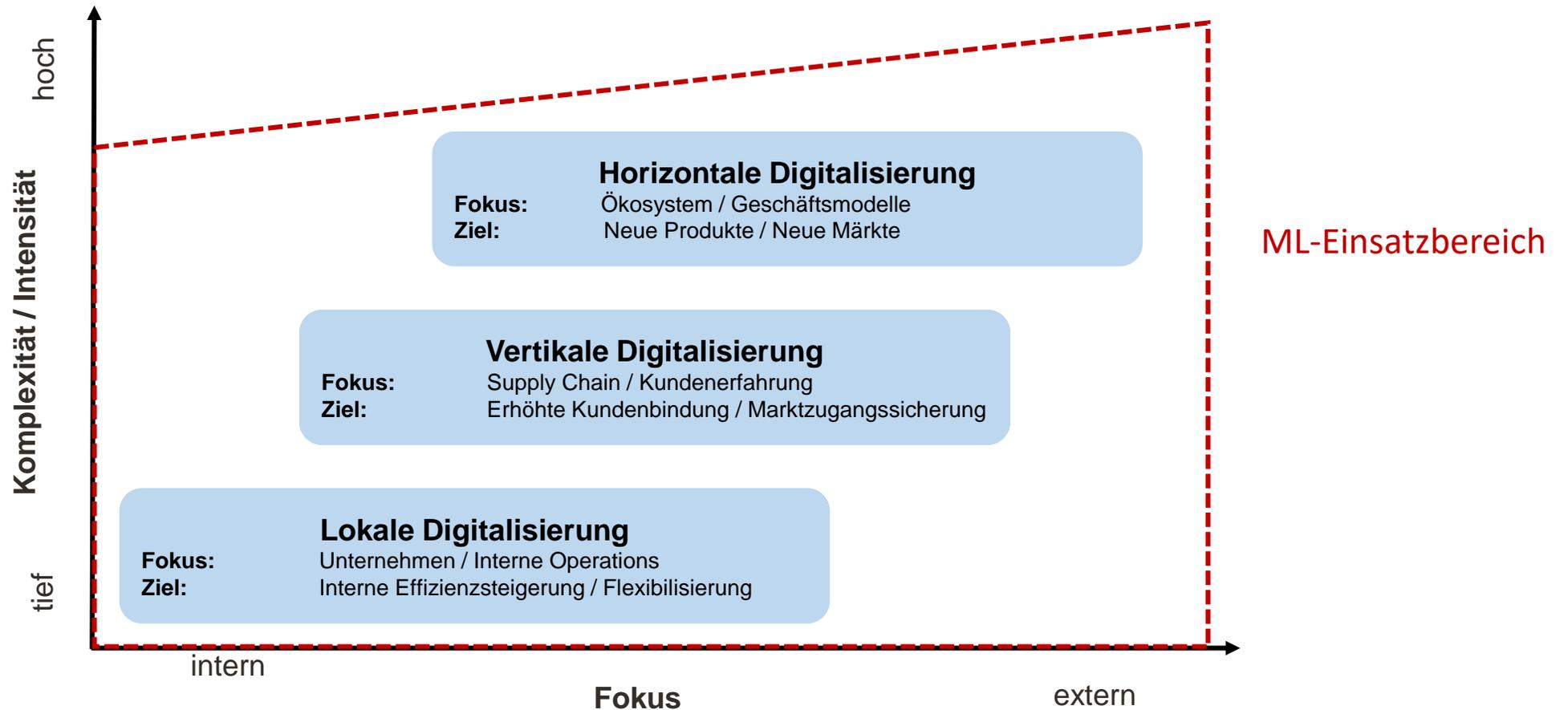
Convolutional
Neural Networks

Reinforced
Learning

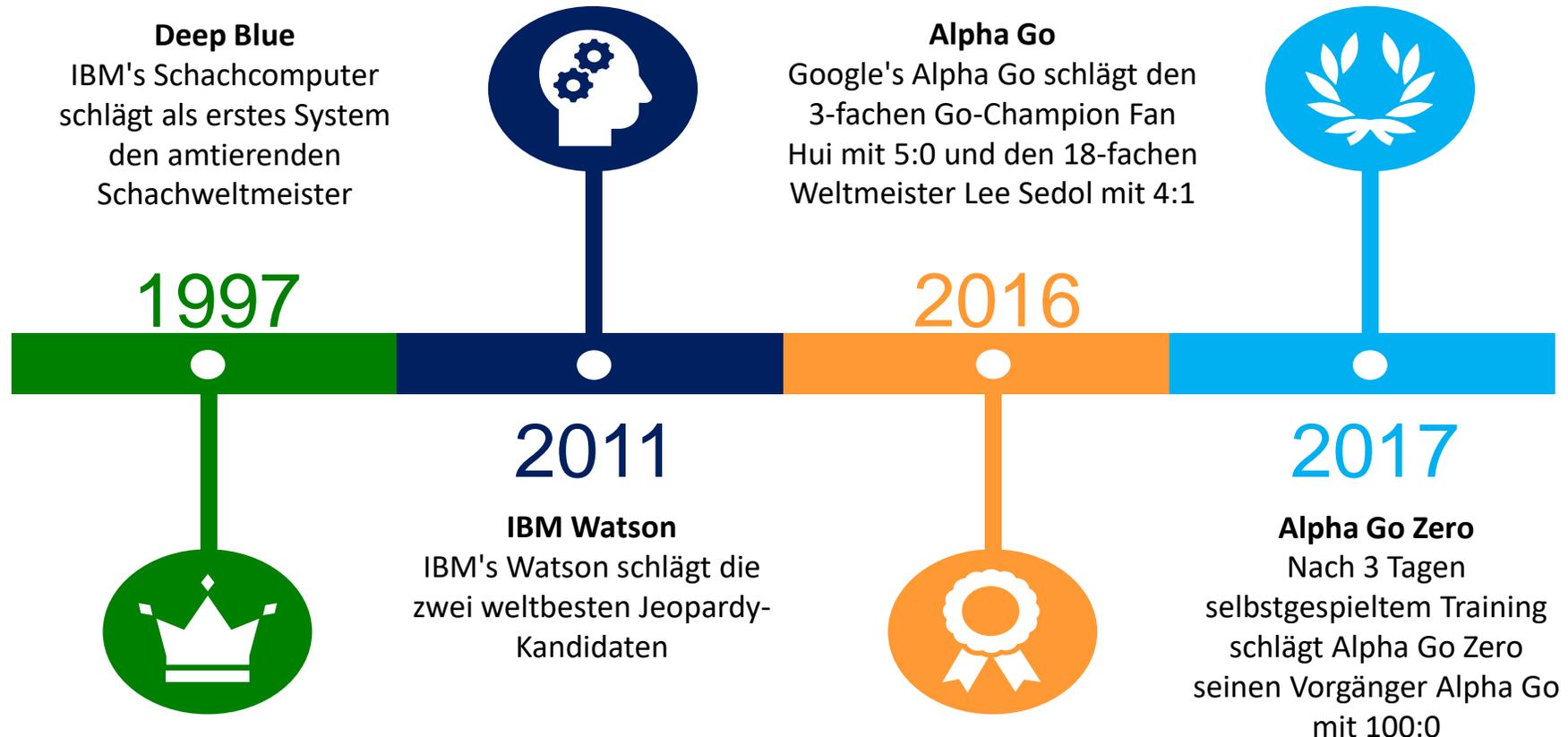
Transparent AI

...

Einordnung von ML im Digitalisierungs-Framework



Medienwirksame Erfolge der AI



Ängste: Hard AI

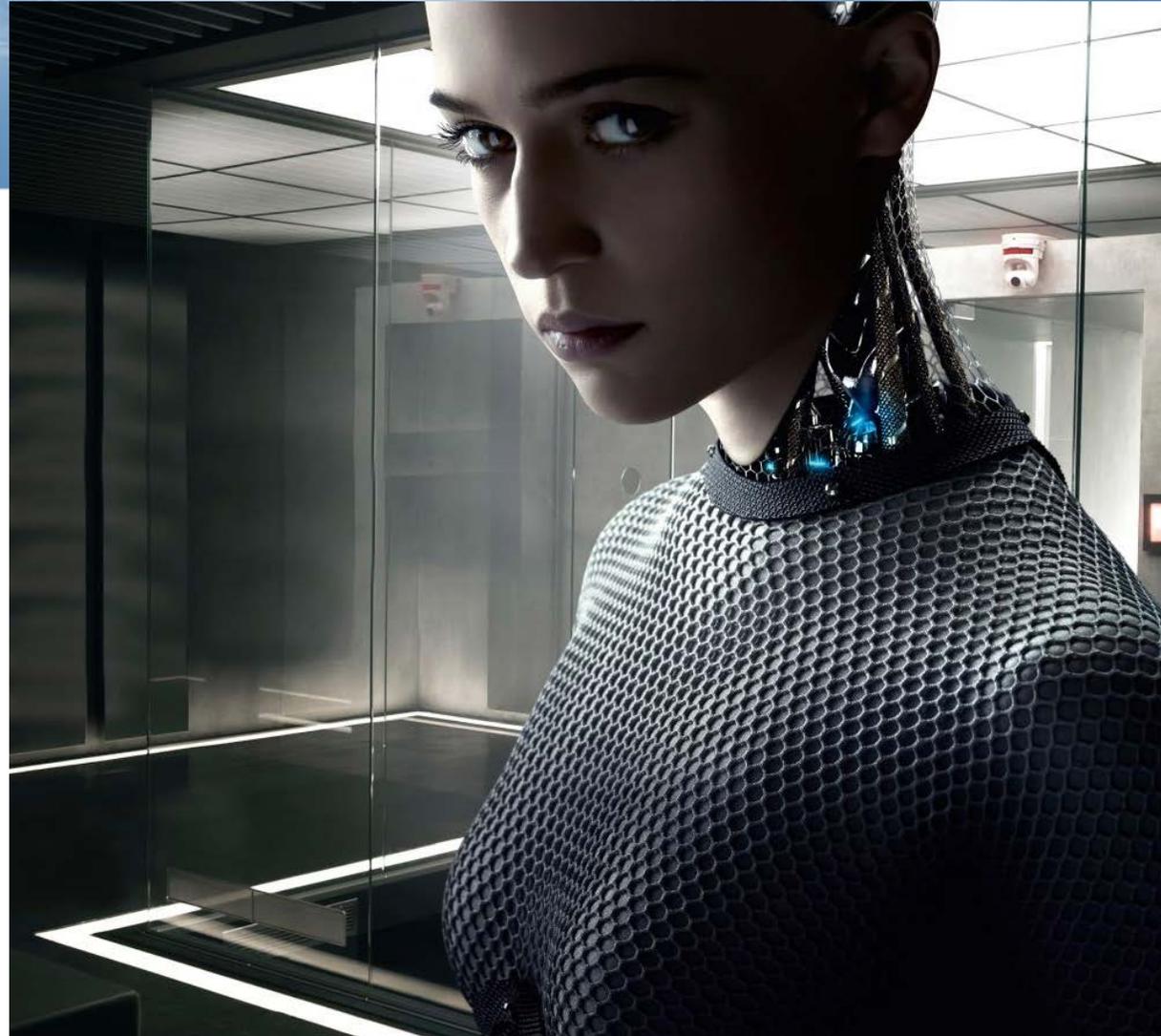


Bild: "Ex-Machina" Poster
Quelle: www.wallpapers.com

Wahrscheinlicher: Soft AI



Bild: Mindfire Brain Projekt
Quelle: www.mindfire.com

Agenda

Definition Machine Learning



Wie funktioniert Machine Learning?



Bedeutung von Machine Learning



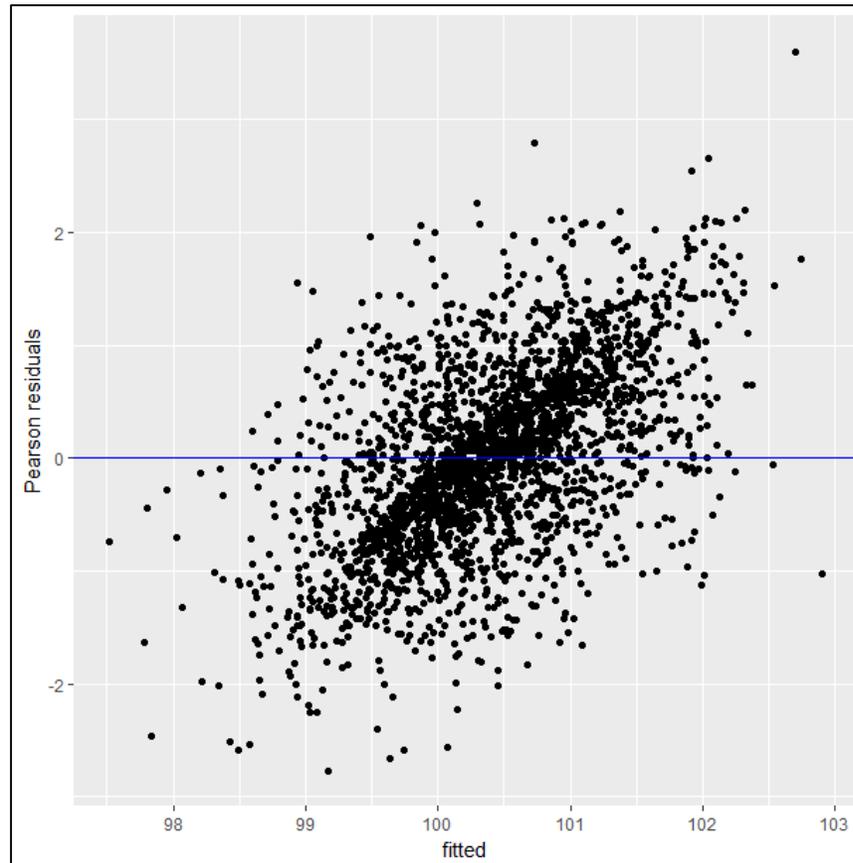
Anwendungsspektrum



ML Lösungen im Unternehmen



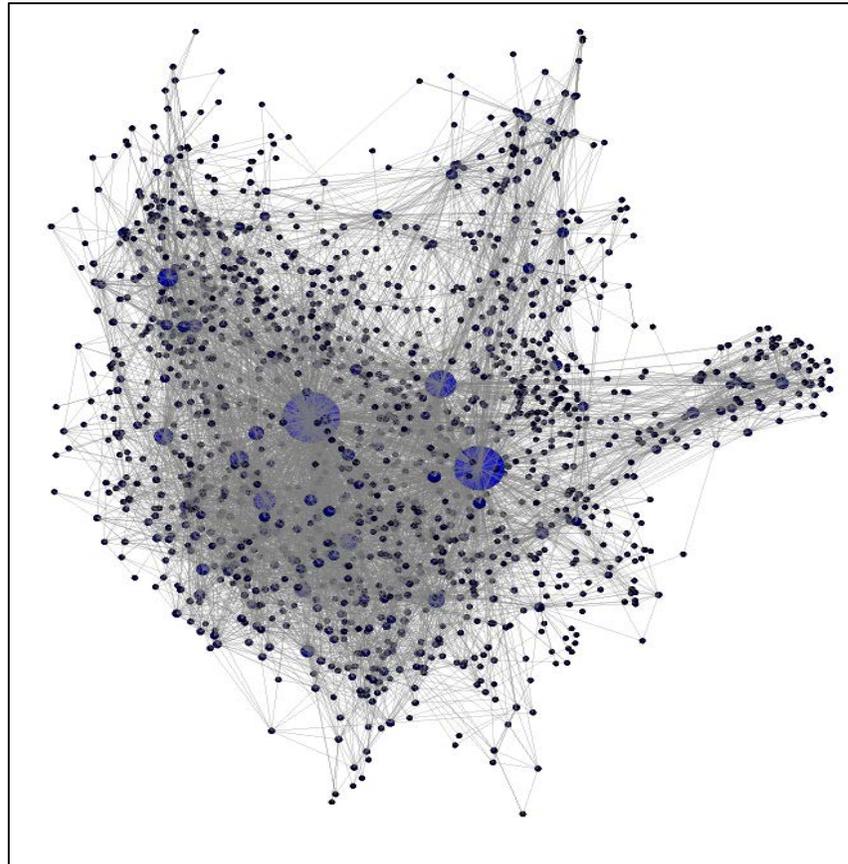
Die Basis von Machine Learning ist es, Zusammenhänge zu erkennen – Beispiel Daten in 2 Dimensionen



- Klarer linearer Zusammenhang
- Korrelation auch für das menschliche Auge gut erkennbar

Quelle: <https://stats.stackexchange.com>

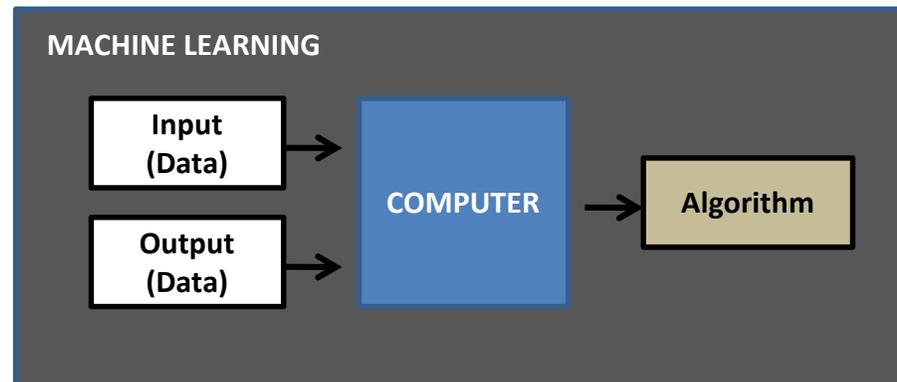
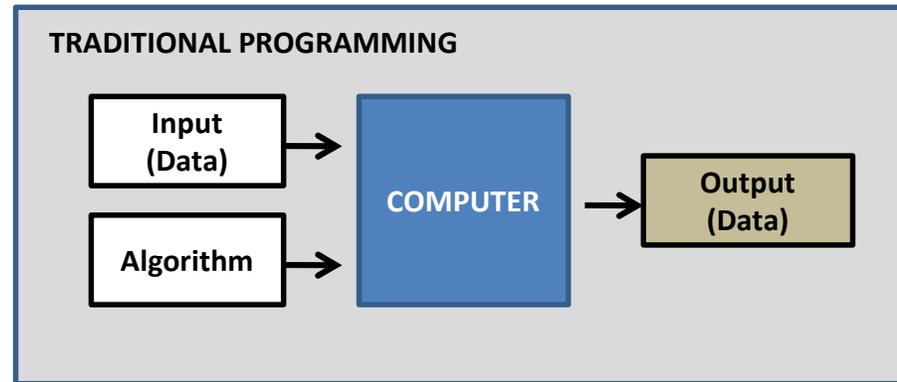
Beispiel Daten in 3 Dimensionen



- Nicht-linearer Zusammenhang
- Korrelation für das menschliche Auge nicht mehr eindeutig erkennbar
- Für den ML Algorithmus keine Herausforderung

Quelle: www.jzy3d.org

Unterschied von Machine Learning und traditioneller Programmierung

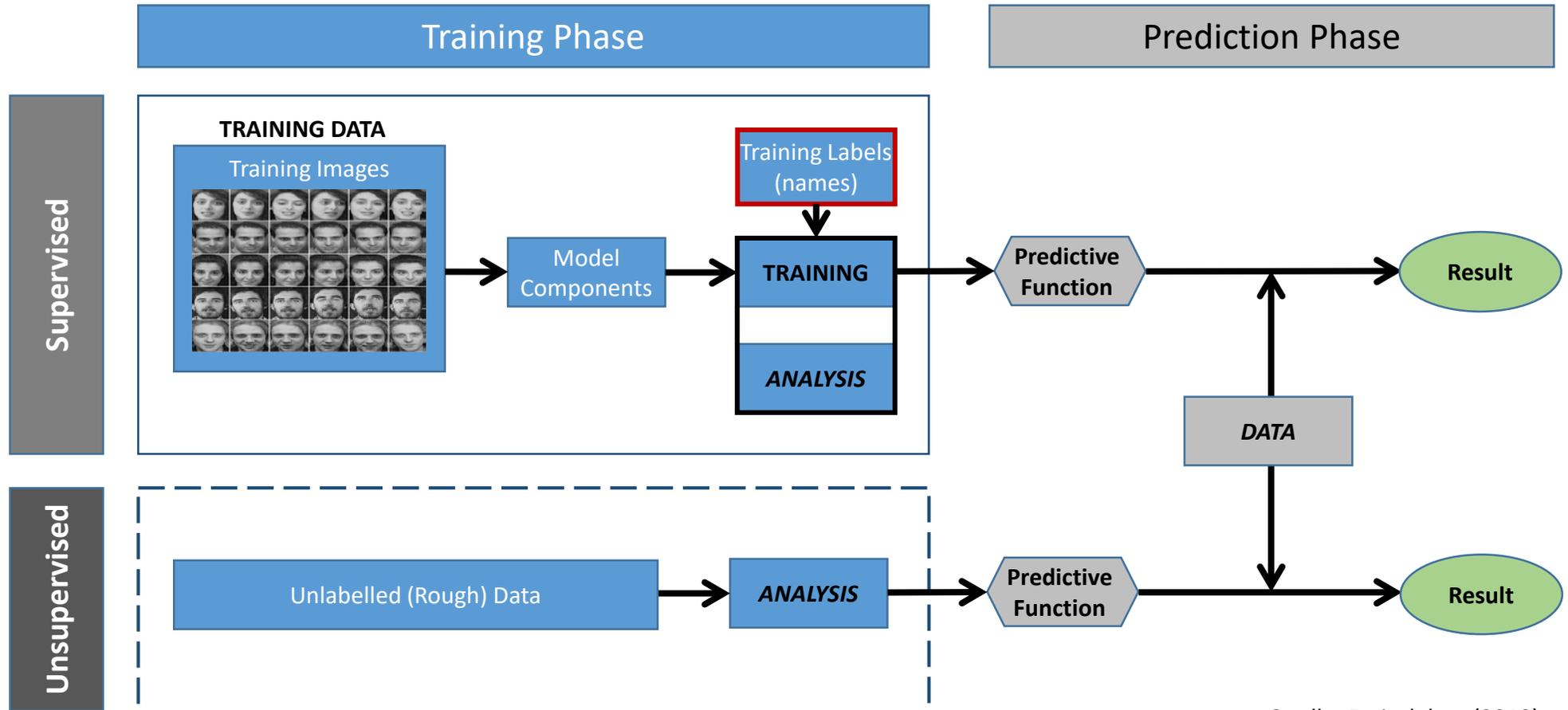


Machine Learning ist anwendbar, wenn:

1. Zusammenhänge zwischen Input und Output Daten bestehen (wir diese aber nicht kennen)
2. Zusammenhänge nicht mathematisch modelliert werden können (sonst könnten wir zur gewohnten Methode der Algorithmus-Programmierung zurück greifen)
3. Wir eine enorm grosse Menge unkategorisierter, unstrukturierter Daten haben

Quelle: Freiesleben (2018)

Supervised und Unsupervised Learning mit Beispiel



Quelle: Freiesleben (2018); modified

ML Algorithmen sind einfacher, als man denkt: Beispiel eines Naive Bayes Estimation Algorithmus (Lowd, 2005)



Procedure TrainNBE

Input: training set T , hold-out set H , initial number of components k_0 , and convergence thresholds δ_{EM} and δ_{Add} .

Initialize M with one component.

$k \leftarrow k_0$

repeat

Add k new mixture components to M , initialized using k random examples from T .

Remove the k initialization examples from T .

repeat

E-step: Fractionally assign examples in T to mixture components, using M .

M-step: Adjust parameters of M to maximize the likelihood of this fractional assignment.

If $\log P(H|M)$ is the highest we've seen so far, save M in M_{best} .

until $\log P(H|M)$ fails to improve by ratio δ_{EM} over the last iteration.

$k \leftarrow 2 \times k$

until $\log P(H|M)$ fails to improve by ratio δ_{Add} over the last iteration.

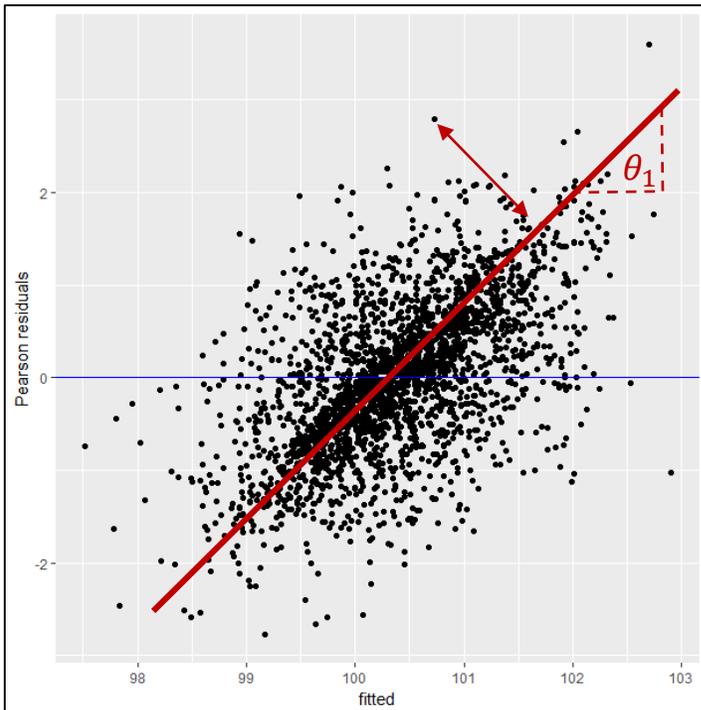
Execute E-step and M-step twice more on M_{best} , using examples from both H and T .

Return M_{best} .

Table 1: NBE iterative learning algorithm.

Quelle: Lowd, D. (2005) Naive Bayes models for probability estimation

Optimierung (Finden des besten Modell-Fits)



Multivariate Linear Regression

Hypothesis: $h_{\theta}(x) = \theta^T x = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_n x_n$

Parameters: $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_n$

Cost function:

$$J(\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_n) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)})^2$$

Quelle: Andrew Ng, Stanford University

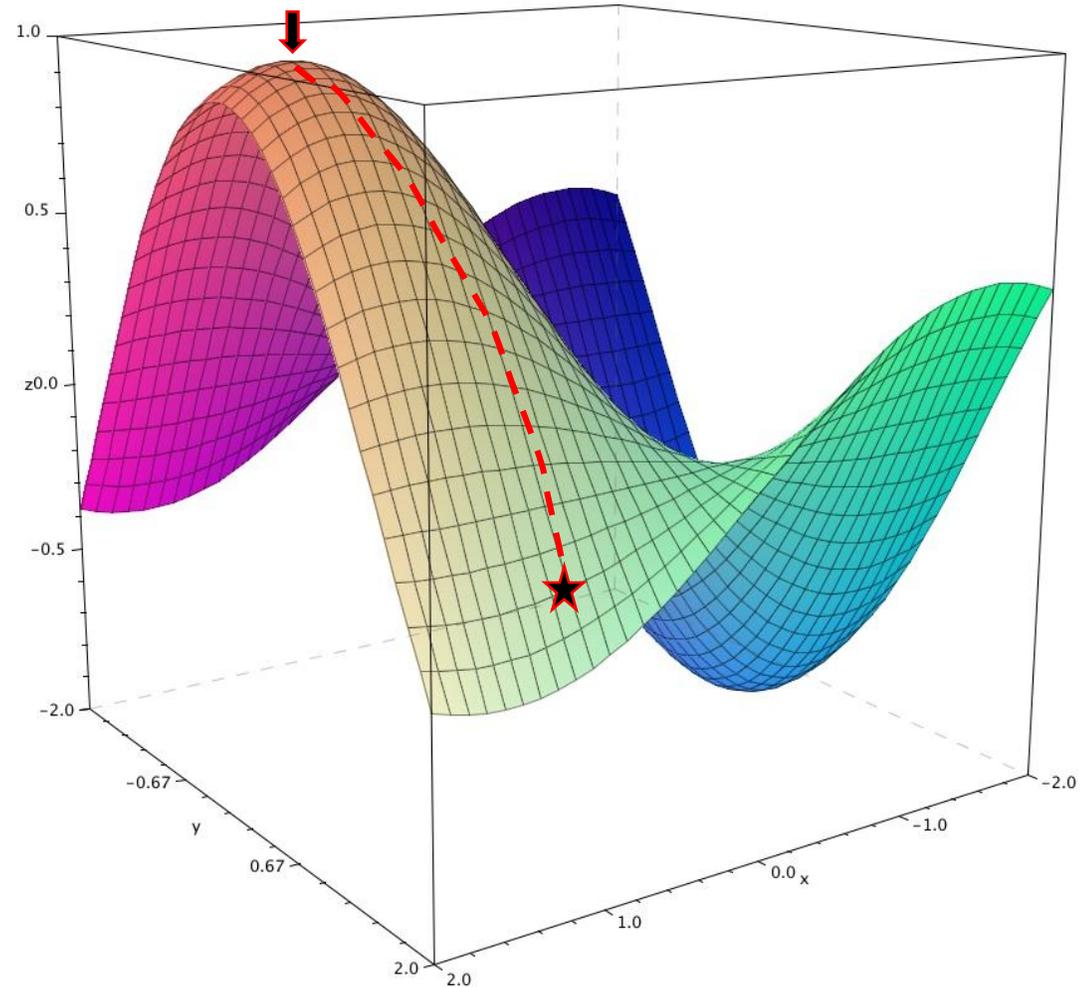
Das Gradient Descent/Ascent Prinzip



Repeat until convergence

$$\theta_j := \theta_j + \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_j} J(\theta_1, \dots, \theta_n)$$

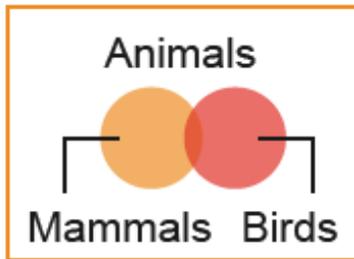
with sim. update $\nabla_j = 0, \dots, n$



Die 5 algorithmischen Ansätze für Machine Learning



Symbolists



Nutzt Regeln und Logik, um Wissen zu repräsentieren und logische Schlüsse zu ziehen

Algorithmus:
Regeln und Entscheidungs bäume

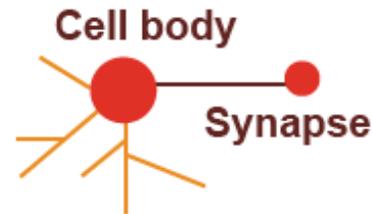
Bayesians



Berechnet die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses aufgrund von probabilistischer Inferenz

Algorithmus:
Naive Bayes und Markov Chains (HMC, MCMC, MLN)

Connectionists



Erkennt Zusammenhänge und verbessert den Fit mit der Realität anhand von veränderbarer Neuronen-Gewichtung

Algorithmus:
Neural Networks und Backpropagation

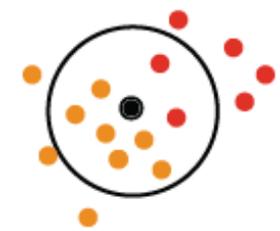
Evolutionaries



Generiert Lösungsvarianten und bewertet ihre Fitness gem. der Zielfunktion

Algorithmus:
Genetic Programs

Analogizers



Bildet Cluster von Ereignissen und ordnet neue Ereignisse bestehenden Clustern zu

Algorithmus:
Nearest Neighbor, Support Vector Machines

Symbolists: Mit Logik zur Entscheidung



Grundidee: Mit Regeln und Entscheidungsbäumen die Realität erschliessen.



Beispiel: Wenn das Tier Flügel hat und einen Schnabel, ist es ein Vogel.



Beispiel: Inverse Deduktion (Bsp. Zellmetabolismus)

Bekannt: 1. Wenn die Temperatur hoch ist, ist Gen A aktiv.

2. Wenn C aktiv ist, ist D inaktiv.

Daten: Bei hohen Temperaturen sind B und D inaktiv.

→ 3. *Wenn A aktiv ist und D inaktiv, ist C aktiv.*

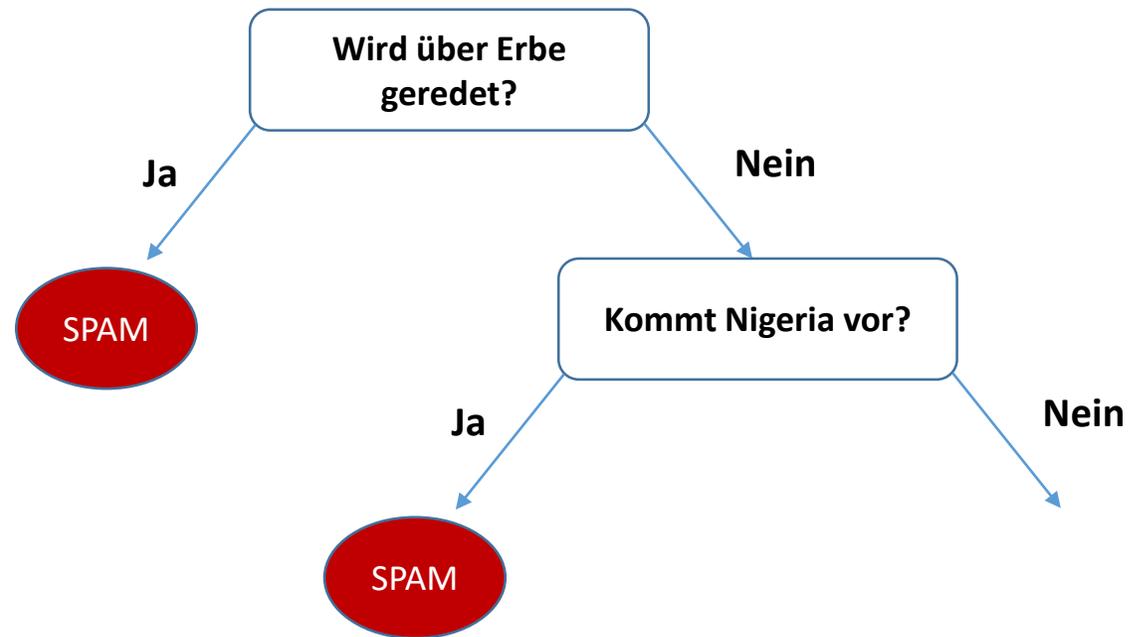


Symbolists: Mit Logik zur Entscheidung



Beispiel:

SPAM-Filter Entscheidungsbaum



Bayesians: Bedingte Wahrscheinlichkeit



Grundidee: Aus Bayes' Formel die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses berechnen.



Beispiele: Wettervorhersagen

Google's AdSense für die Platzierung von Werbung auf Websites

Microsoft Xbox Life für die Klassifizierung und das Skill-Matching von Spielern



$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

Connectionists: Wie denkt der Mensch?



Grundidee:

Nachbildung der menschlichen Erinnerungs- und Denkprozesse mithilfe von Neuronen, die in einem Netzwerk auf verschiedenen Ebenen (\cong Gehirn) organisiert sind – Finden der Lösung durch Adjustierung der Gewichte von Neuronen bis Übereinstimmung von Observation und Hypothese erreicht ist



Beispiel:

Ist das Donald Trump?



Connectionists: Backpropagation



Training inputs



Observation

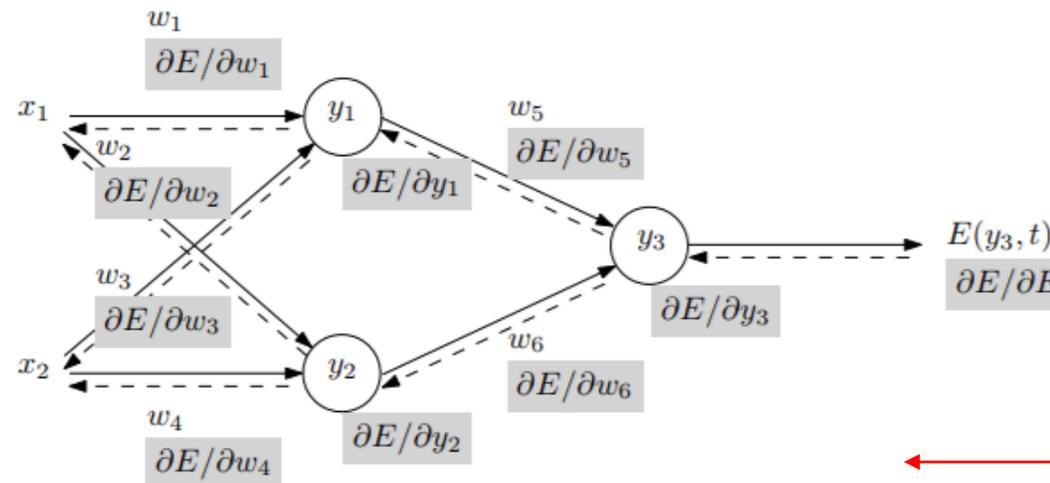


\neq



$\epsilon!$

(a) Forward pass



(b) Backward pass

Evolutionaries: Natürliche Selektion des "best fit"



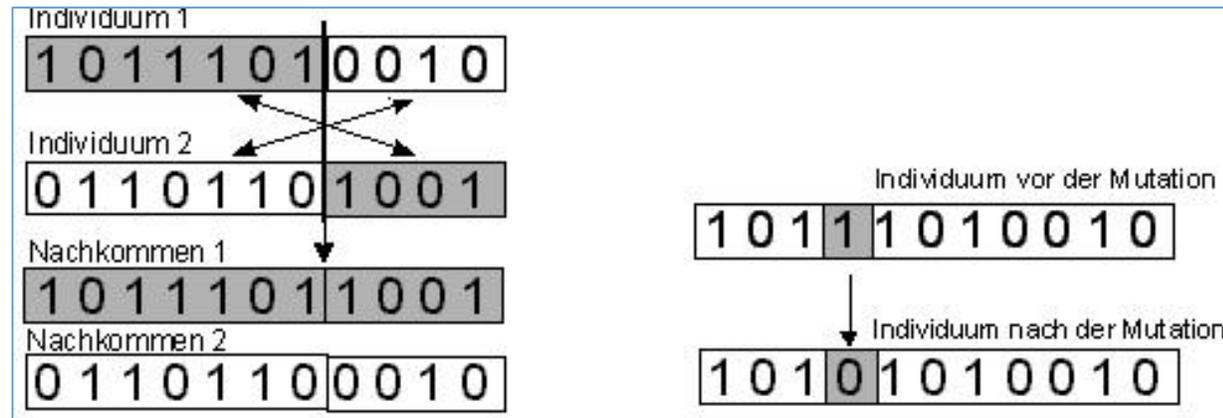
Grundidee:

Modellierung von Entscheidungssituationen als binärer Code und Finden der optimalen Lösung durch Selektion von Varianten des Codes, die durch "genetische" Veränderungen erzeugt werden.



Beispiel:

Bewegungssequenzen für Roboter (basierend auf Repertoire an Bewegungsroutinen und Sub-Routinen)



Analogists: Lernen durch Analogien (Cluster-Bildung)



Grundidee:

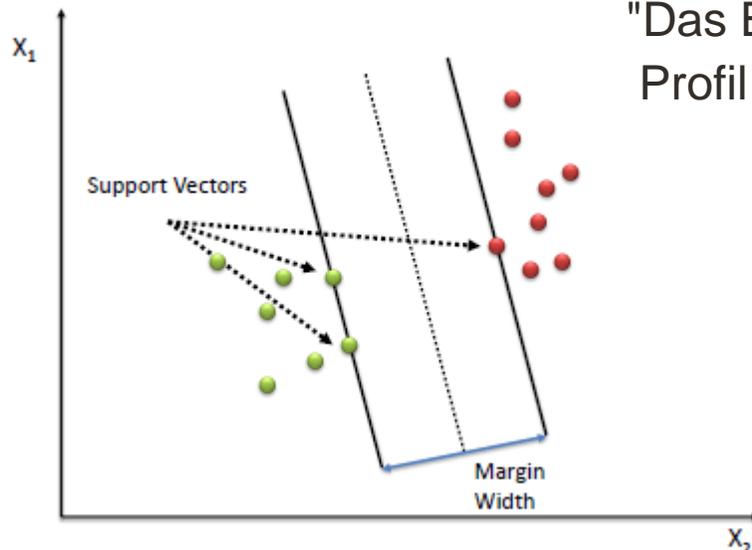
Wie Kleinkinder lernen Computer durch Zuordnung von Objekten zu Klassen – diese Kategorisierung erlaubt die Zuordnung von gleichartigen Objekten



Beispiele:

"Der Freund meines Freundes ist auch mein Freund" (Facebook)

"Das Buch wird User X gefallen, wenn es Usern mit einem ähnlichen Profil auch gefällt" (Amazon)



Lernen über verschiedene Domänen: Vergleiche von Systemen und Entdeckung von Similaritätsmustern

Agenda

Definition Machine Learning



Wie funktioniert Machine Learning?



Bedeutung von Machine Learning



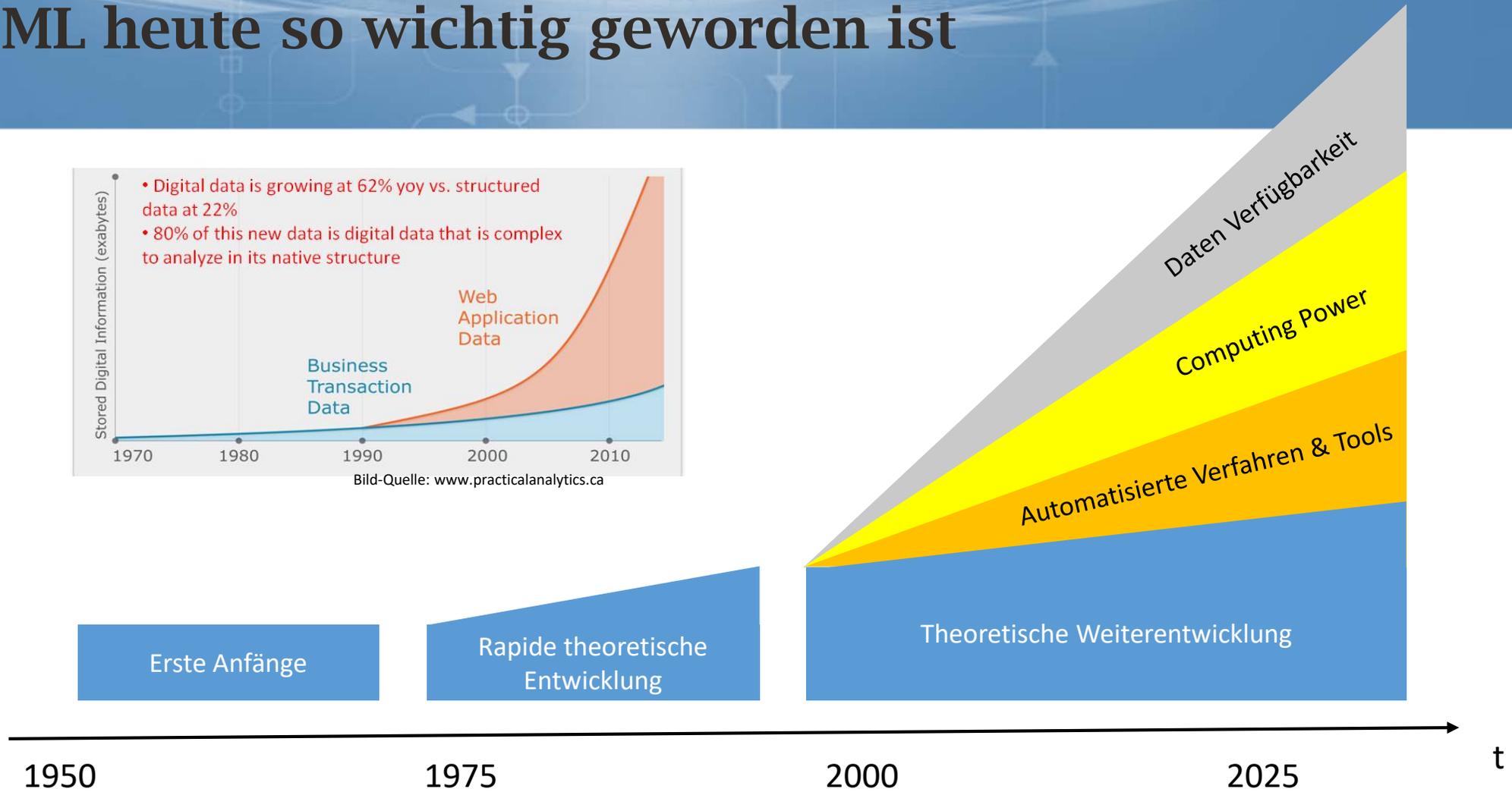
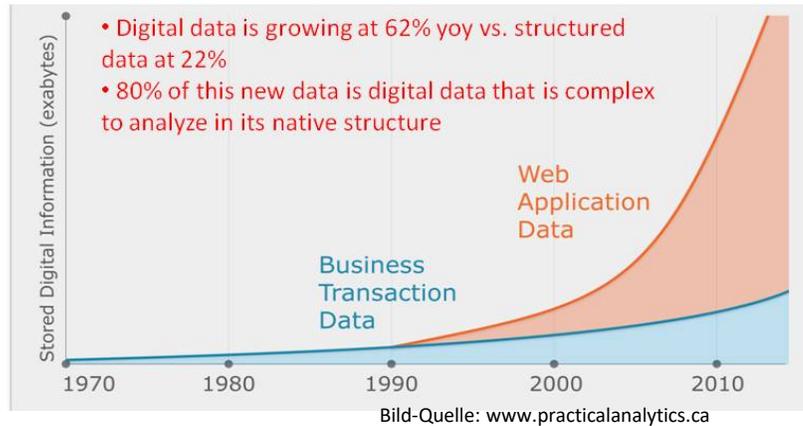
Anwendungsspektrum



ML Lösungen im Unternehmen



Warum ML heute so wichtig geworden ist



Worin das Potential von ML liegt



ML Anwendung

Wettbewerbsvorteil (Markt)

(Responsiveness, Demand Forecasting, neue Produkte und Applikationen, Pricing, Messages, Customer Interaction)

Wettbewerbsvorteil (Produktion)

(Qualität, Produktionssteuerung, Predictive Maintenance, Prozessinnovationen, Supply Chain)

Wettbewerbsvorteil (Management)

(Agilität, Strategische Entscheidungen)

Neue Arbeitsmodelle

(Mitarbeiter Collaboration, Mensch-Maschine Interaktion)

Showcases: ökonomisches Potential



Nachfrage-Vorhersage durch ML Algorithmus, 90% richtige Vorhersage was die Firma in den nächsten 30 Tagen verkaufen wird

- vollautomatische Bestellung von 200'000 Artikeln pro Monat
- antizipatorischer Lageraufbau aufgrund der ML Vorhersagen
- schnellere Lieferzeiten zum Kunden
- reduzierte Rückläufe



Online Supermarkt steuert seine komplette operative Abwicklung durch ML Algorithmus

- vollautomatische Zusammenstellung von Shopping-Bags durch Roboter, Auslieferung an Packer
- Bestückung der Auslieferungswagen durch Roboter
- optimales Routing der Wagen durch AI Applikation, die optimale Route aufgrund Wetter und Verkehrsinformationen berechnet

Wie gross ist das ökonomische Potential?



Existierende Use Cases
oder darauf basierende
Extrapolationen, 2017



Quelle:

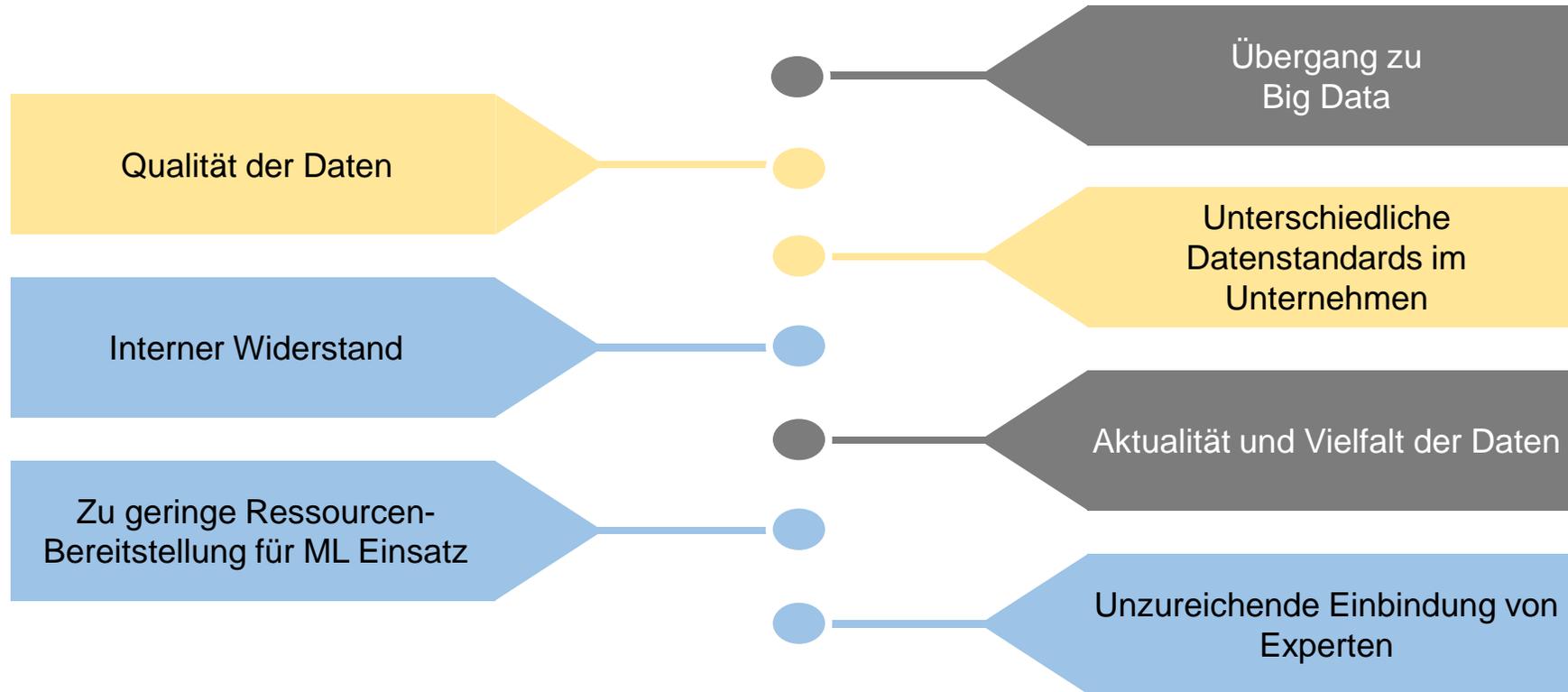


McKinsey Global Institute,
2017



| | Accurate demand forecasting, smart sourcing, and enlightened R&D | Higher productivity and minimized maintenance and repairs | Products and services at the right price, with the right message, to the right targets | Enriched, tailored, and convenient user experience |
|-------------|--|--|--|--|
| Retail | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1–2% EBIT¹ improvement using machine learning to anticipate fruit and vegetable sales ▪ 20% stock reduction using deep learning to predict e-commerce purchases ▪ 2 million fewer product returns per year | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 30% reduction of stocking time using autonomous vehicles in warehouses | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 50% improvement of assortment efficiency ▪ 4–6% sales increase using geospatial modeling to improve micromarket attractiveness ▪ 30% online sales increase by using dynamic pricing and personalization | |
| Health care | <ul style="list-style-type: none"> ▪ \$300 billion possible savings in the United States using machine learning tools for population health forecasting ▪ £3.3 billion possible savings in the United Kingdom using AI to provide preventive care and reduce nonelective hospital admissions | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 30–50% productivity improvement for nurses supported by AI tools ▪ Up to 2% GDP savings for operational efficiencies in developed countries | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5–9% health expenditure reduction by using machine learning to tailor treatments and keep patients engaged | <ul style="list-style-type: none"> ▪ \$2 trillion–\$10 trillion savings globally by tailoring drugs and treatments ▪ 0.2–1.3 additional years of average life expectancy |

Potentielle Herausforderungen im Umgang mit ML



Agenda

Definition Machine Learning



Wie funktioniert Machine Learning?



Bedeutung von Machine Learning



Anwendungsspektrum



ML Lösungen im Unternehmen



Anwendung von ML: Kernfunktionen I/II



Monitoring

ML kann grosse Datenmengen schnell analysieren und Abnormalitäten und Korrelationen erkennen – viel schneller und akkurater als der Mensch.



Entdecken

ML kann aus grossen Datenmengen Schlüsse ziehen und durch Simulation potentielle neue Problemlösungen ableiten.



Vorhersagen

ML kann Trends entdecken, modellieren und damit wahrscheinliche Verläufe vorhersagen.



Interpretieren

ML kann schwer strukturierbare und klassifizierbare Daten interpretieren – z.B. Fotos, Videos, Audio.



Anwendung von ML: Kernfunktionen II/II



Interagieren mit der Umwelt

ML macht autonome Robotik möglich, die mit ihrer Umwelt interagiert – z.B. selbstfahrende Autos, selbstanalyisierende Roboter.



Interagieren mit Menschen

ML kann die Interaktion von Menschen und Computern erleichtern, in dem es den Computer dem Menschen anpasst und nicht, wie bisher, umgekehrt.



Interagieren mit Maschinen

ML koordiniert komplizierte Maschine-zu-Maschine Interaktion – z.B. Analyse und Steuerung des Stromverbrauchs in Server-Landschaften

Bekannte Beispiele für heutige Anwendungen von ML



Chaotic Systems Forecast

Wheather, stock price, airswirls, etc.



Behavioral Recognition

Human expression, heart rate, skin temperature, etc.



Abnormalities Detection

Credit Card Use, Credit Application, SPAM Filter, etc.



Social Interaction

Social Media, Image Recognition, Speech Recognition, etc.



Eher unbekannte Beispiele für heutige Anwendungen von ML I/II



Accessibility

Wheelchair Routing, Sign Language Translation, Sound Detection, etc.



Business Operations

Satisfaction Prediction, Predictive Maintenance, Design Optimization, etc.



Consumer Convenience

Restaurant Finder, Household Robots, Personalized Financial Advice, etc.



Education

Teacher Support, Realtime Feedback, Drop Out Predictor, etc.



Eher unbekannte Beispiele für heutige Anwendungen von ML II/II



Energy

Modelling Consumption, Location Selection, Data Center Efficiency, etc.



Environment

Deforestation Detection, Poaching Hotspot Detection, Robot Recycling, etc.



Health Care

Personalized Medicine, Radiology Effectiveness, Cancer Gen Metabolism, etc.



Public Safety

Crime Hotspot, Building Fire, Internet Abuse Prediction, etc.



Potentielle zukünftige Anwendungen von ML



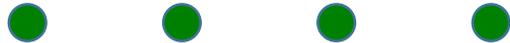
Professional Services

Market Research, Medical Advice, Legal Services, etc.



Autonomous Transport

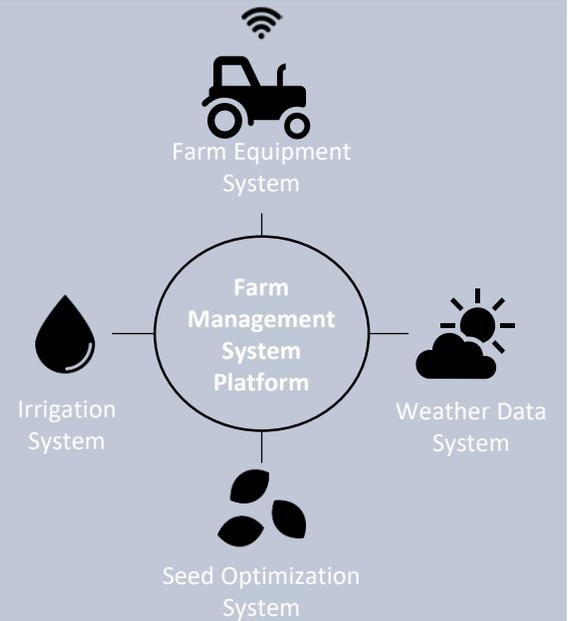
Self-driving cars, trucks, planes, etc.



Anwendungsbeispiel "Swiss Future Farming"



"System of Systems"



Data Analytics
Integriert ML

Agenda

Definition Machine Learning



Wie funktioniert Machine Learning?



Bedeutung von Machine Learning



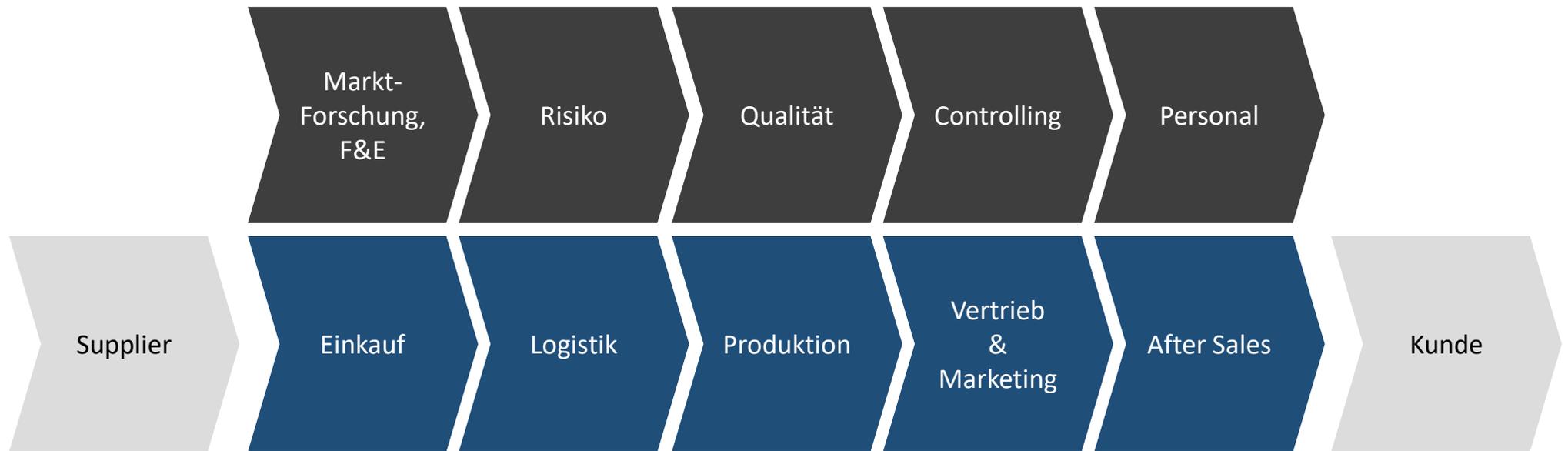
Anwendungsspektrum



ML Lösungen im Unternehmen



Wo ML Lösungen Wert schaffen



ML Anwendungen: Beispiel aus der Produktion

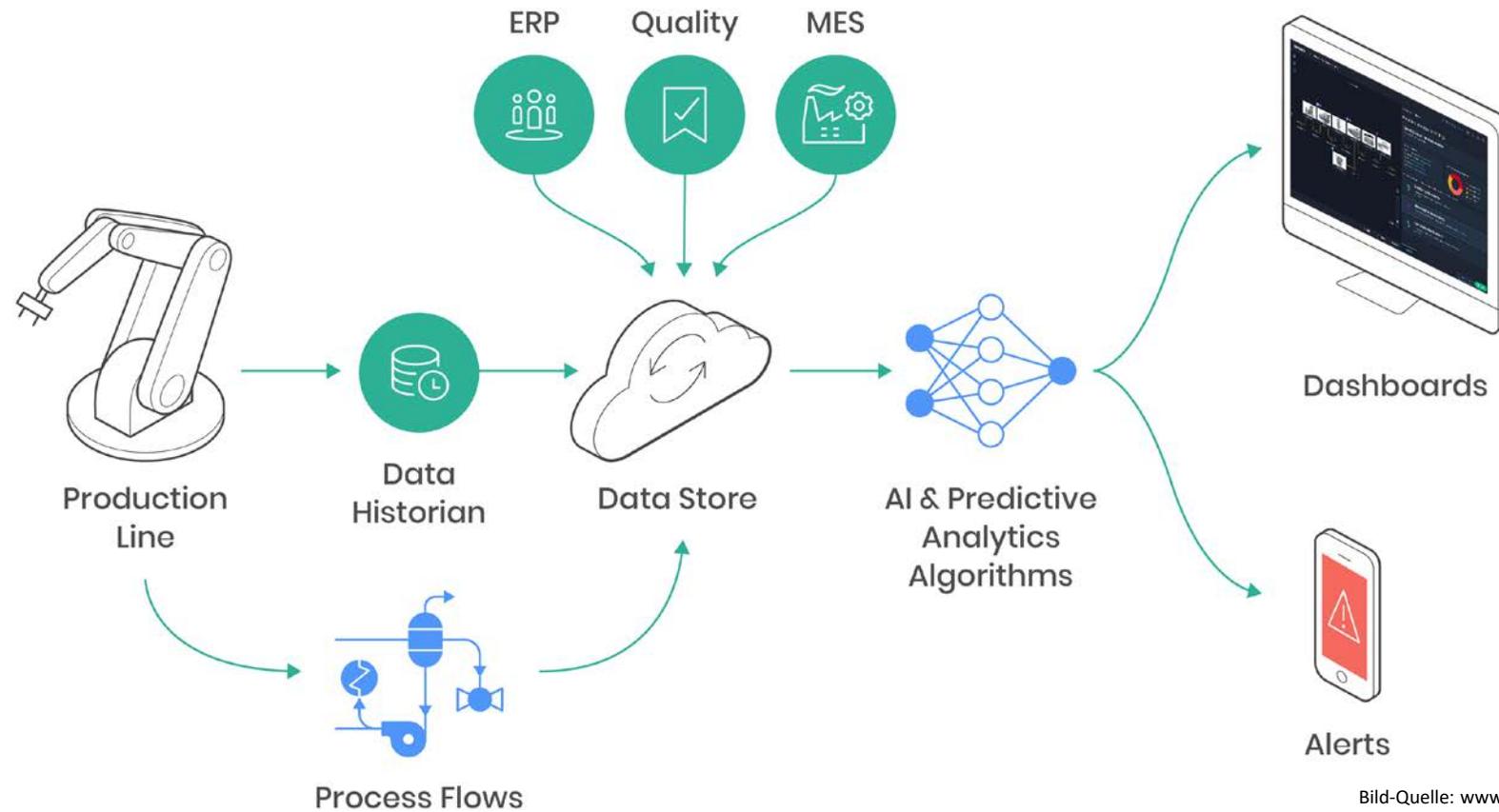
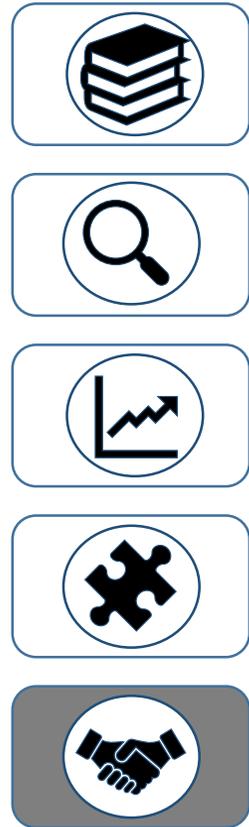


Bild-Quelle: www.seebo.com

ML Anwendungen: Beispiel aus der Produktion



ML Anwendungen: Beispiel aus der Produktion

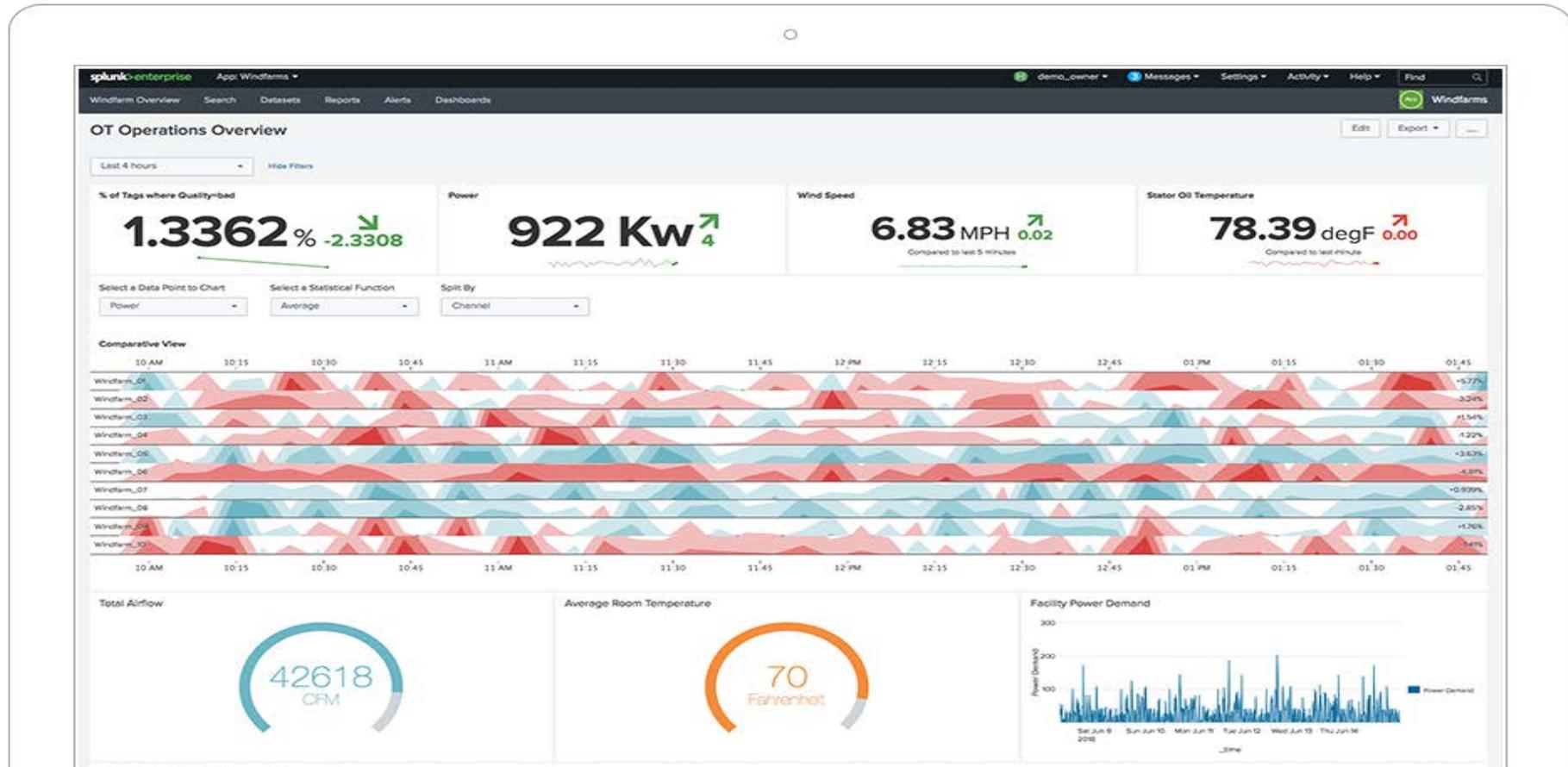
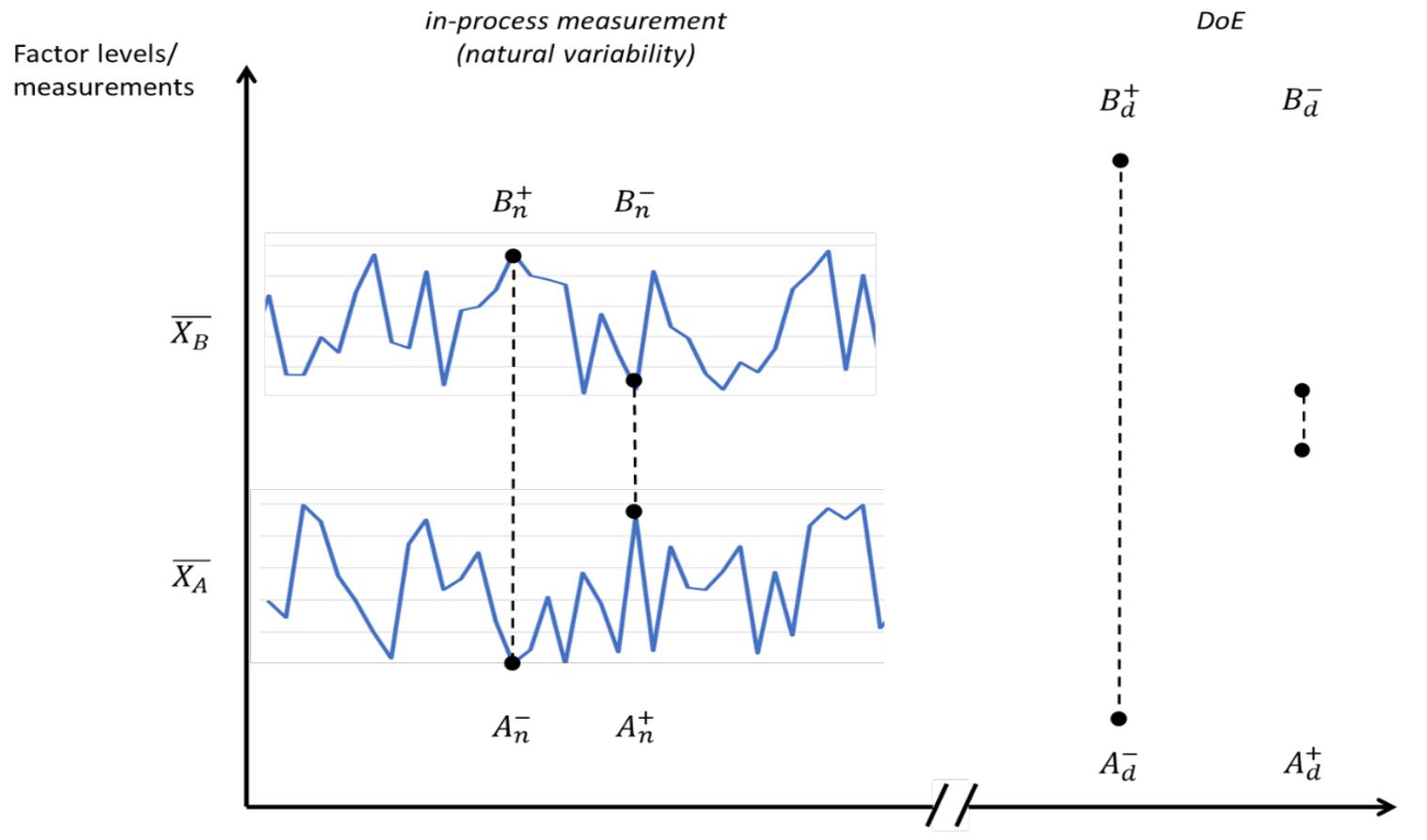


Bild-Quelle: www.splunk.com

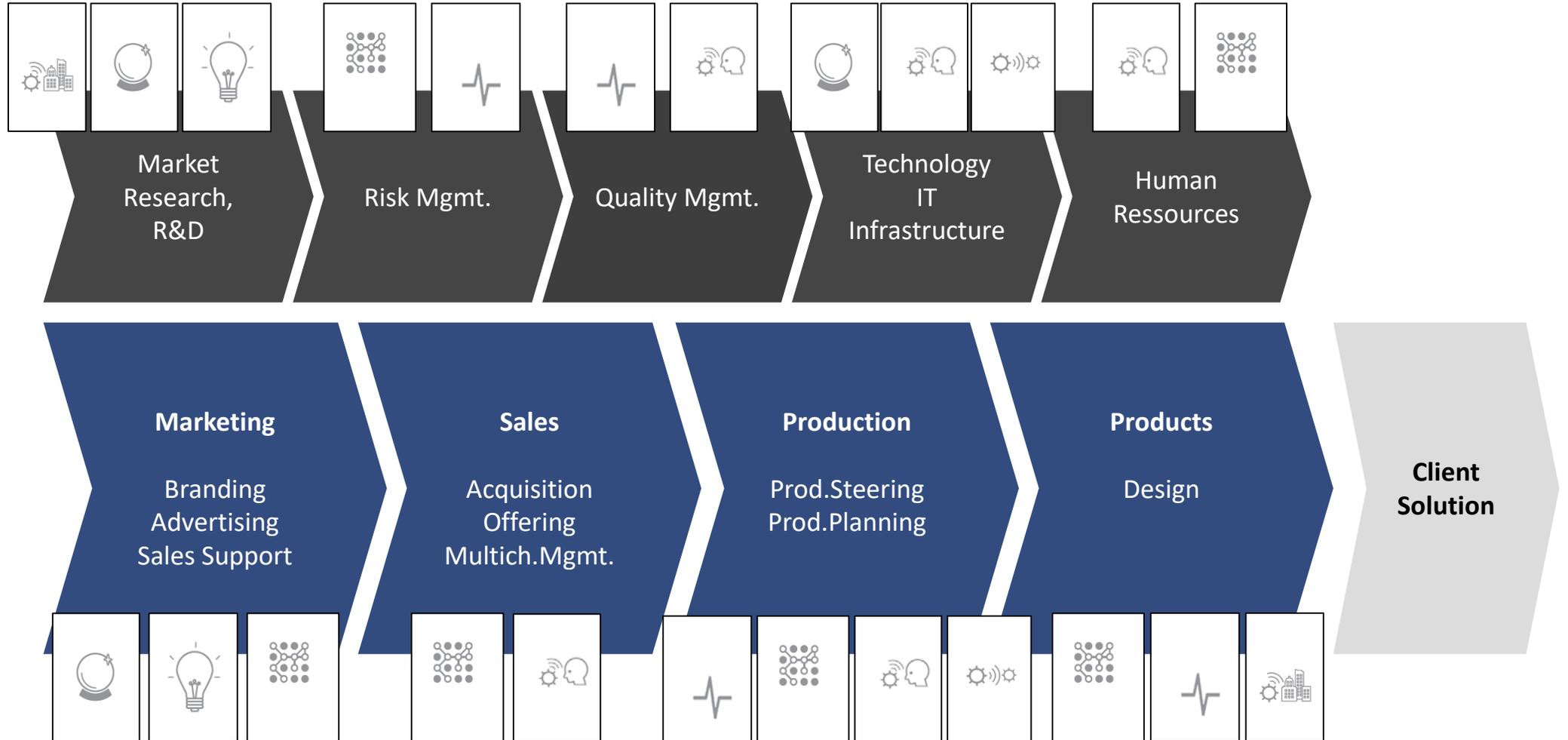
ML Anwendungen: Beispiel aus der Produktion



Schematic depiction of ML measurements based on natural factor variability (subscript n) and DoE factor levels (subscript d) for two factors A and B

Quelle: Freiesleben (2019)

ML Anwendungen: Beispielfall



Schritt für Schritt zu einer praktikablen ML-Lösung



Leite aus den strategischen Kern-Bereichen des Unternehmens diejenigen ab, die verbessert werden sollen, erstelle ersten Businessplan

Untersuche welche ML-Ansätze zur Lösung des Business Problems in Betracht kommen

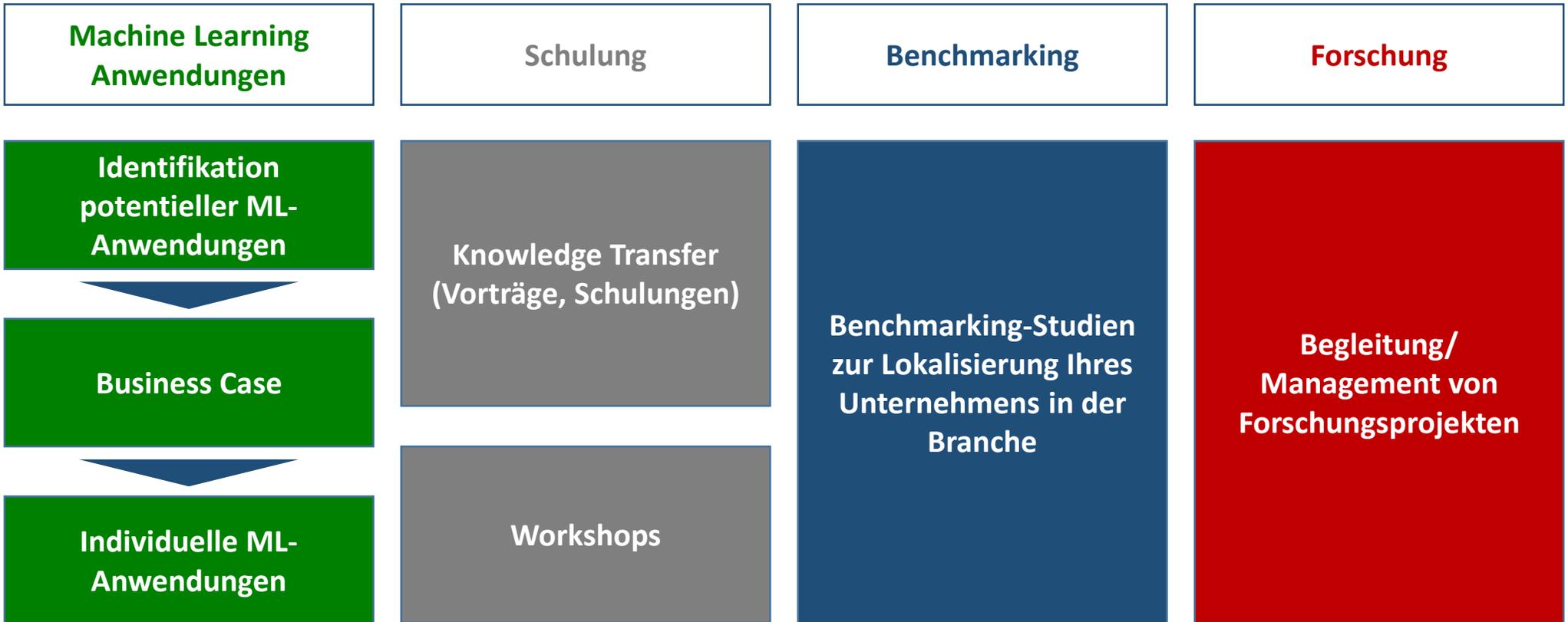
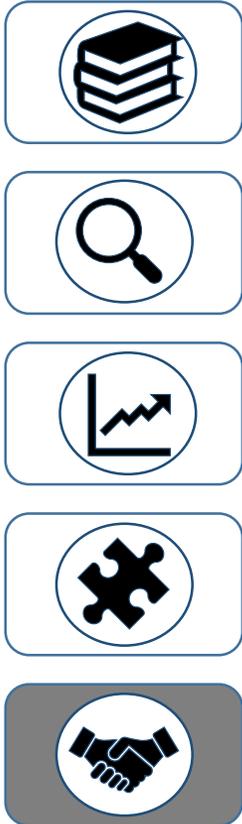
Das Potential für ML ist oftmals sehr gross - entwickle eine klare Vorstellung, wohin die Reise gehen soll, und beginne mit stetigen, kleinen Schritten, die zu einer grossen und sich ständig selbst verbessernden ML Plattform führen

Erstelle ein erstes Training Set von Daten, um den Algorithmus zu testen; verbessere ihn kontinuierlich durch Benchmarks mit menschlichen Entscheidungen

Erstelle eine Pilotversion der ML Lösung und lasse parallel Versionen mit menschlichen Entscheidern laufen; vergleiche und verbessere den ML Algorithmus iterativ

Wenn die ML Lösung optimiert ist, plane das Roll-Out in allen relevanten Software/Hardware Infrastrukturen und begleite den Prozess mit Change Management um das Entscheidungsverhalten im Unternehmen zu ändern

Wie wir mit Ihnen zusammenarbeiten können



Herzlichen Dank!

Prof. Dr. Johannes Freiesleben

Machine Learning Specialist, ASQ Member

Loorenstrasse 37

CH 8053 Zürich

+41 44 510 3038

+41 77 474 3746

jfreiesleben@gmx.de

