



UNIVERSITÄT  
LEIPZIG

# Künstliche Neuronale Netze & Maschinelles Lernen in der Anwendung

Leipzig, 6.11.2019

Prof. Dr. Martin Bogdan



## ÜBERSICHT

- Erwartungen an „Künstliche Intelligenz“
- Künstliche neuronale Netze
  - Überwachtes und unüberwachtes Lernen
  - Deep Learning
- Spikende Neuronale Netze
- Beispiele und Kommentare
- Take Home Messages

# ERWARTUNGEN AN KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

- Was verstehen Sie unter Künstliche Intelligenz?
- Was erwarten Sie von KI?

## ZITATE ZU KI

- “Artificial intelligence would be the ultimate version of Google. The ultimate search engine that would understand everything on the web.”  
*Larry Page*
- „Unsere Intelligenz macht uns menschlich und KI ist eine Ergänzung dessen.“  
*Yann LeCunn*
- „KI wird wahrscheinlich das Ende der Welt einleiten, aber bis dahin wird es ein paar tolle Unternehmen geben.“  
*Sam Altman*
- „Niemand formuliert es so, aber für mich ist KI fast eine Geisteswissenschaft. Es ist wirklich der Versuch, menschliche Intelligenz und Kognition zu verstehen.“  
*Sebastian Thrun*
- „Solange wir nicht wissen, wie menschliche Intelligenz zustande kommt, können wir keine künstliche Intelligenz schaffen.“  
*Reinhard Furrer*



## KOGNITION - FÜR MASCHINEN?

- Künstliche Intelligenz und Kognition in Maschinen
  - Immer mehr Firmen und Berater propagieren „künstliche Intelligenz“
  - „Künstliche Intelligenz ist die Zukunft... ??“
    - KI-Initiative der Bundesregierung
- Benötigt „echte“ künstliche Intelligenz Kognition?!
- Aber können Maschinen kognitiv sein? Oder werden? Oder intelligenter als Menschen werden?

– Was ist Kognition?

- Uneinheitlich verwendeter Begriff!

**Kognition** (lat. „cognoscere“ = dt. „er-kennen“) bezeichnet das **Denken** im weiteren Sinne. Dazu zählen kognitive Fähigkeiten (u. a. die **Aufmerksamkeit**, die **Erinnerung**, das **Lernen** und die **Kreativität**) und **mentale Prozesse** (**Gedanken, Meinungen, Einstellungen, Wünsche, Absichten, ...**).

Quelle: <http://lexikon.stangl.eu/240/kognition/>  
© Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik

**Was mir fehlt:**

- **Emotionen**
- **Neugier**



Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1907853>

## WAS IST KÜNSTLICHE INTELLIGENZ?

Im Allgemeinen bezeichnet **künstliche Intelligenz** oder **KI** den **Versuch**, eine **menschenähnliche Intelligenz nachzubilden**, d. h., einen Computer zu bauen oder so zu programmieren, dass dieser eigenständig Probleme bearbeiten kann. Oftmals wird damit aber auch eine effektiv **nachgeahmte, vorgetäuschte Intelligenz** bezeichnet, insbesondere bei Computerspielen, die durch meist **einfache Algorithmen** ein **intelligentes Verhalten simulieren** soll.

Definition nach Wikipedia

- In den Medien aus akademischer Sicht falsch genutzt
  - Klassische KI basiert auf Logik
    - Regeln werden kombiniert und im eigentlichen Sinne nicht erlernt!
  - Das Paradigma der „Künstlichen Intelligenz“ bezieht sich auf die Manipulation von Symbolen!

# KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

- Was ist künstliche Intelligenz?
- Neuer Ansatz durch die Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe
  - CLAIRE ([claire-ai.org](http://claire-ai.org))

**Isn't AI nowadays just machine learning? Absolutely not.**

**Machine learning**, and especially deep learning, has been getting a lot of attention recently, and rightly so, since it **is an area of key importance within AI**.

**However, AI is more than machine learning.** For example, **automated reasoning** – an area of AI that deals with the kind of logical reasoning prominently found in IQ tests – has given us the ability to build extremely complex, yet reliable, bug-free computer hard- and software, including the specialised hardware used for cutting-edge machine learning.

Many AI experts are convinced that **the combination of learning and reasoning techniques** will enable the next leap forward in AI; it also provides the basis for reliable, trustworthy, safe AI.

# KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE & MASCHINELLES LERNEN?

- Wollen wir Maschinen, die menschliches Verhalten nachahmen, so müssen diese selbstständig lernfähig sein!
  - Lösung: Maschinelles Lernen?

**Maschinelles Lernen** ist ein Oberbegriff für die „künstliche“ Generierung von Wissen aus Erfahrung: Ein künstliches System **lernt aus Beispielen** und kann nach Beendigung der Lernphase **verallgemeinern**. Das heißt, es werden nicht einfach die Beispiele auswendig gelernt, sondern es **„erkennt“ Gesetzmäßigkeiten** in den Lerndaten. So kann das System auch unbekannte Daten beurteilen (**Lerntransfer**).

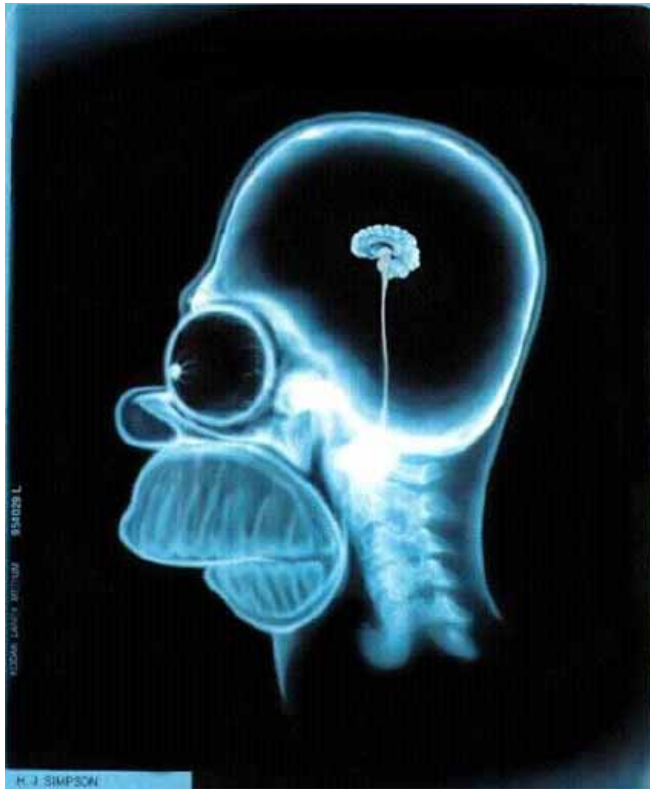
Definition nach Wikipedia

- Biologische, Neuro-inspirierte Lernverfahren
  - Künstliche Neuronale Netze
- Mathematische Lernverfahren
  - Maschinelles Lernen

*Meine Definition, Trennung wird meistens nicht berücksichtigt!*

# MOTIVATION NEUROMORPHE INFORMATIONSVERRARBEITUNG

- Leistungsfähigkeit bei Einschränkungen des Rechnersystems



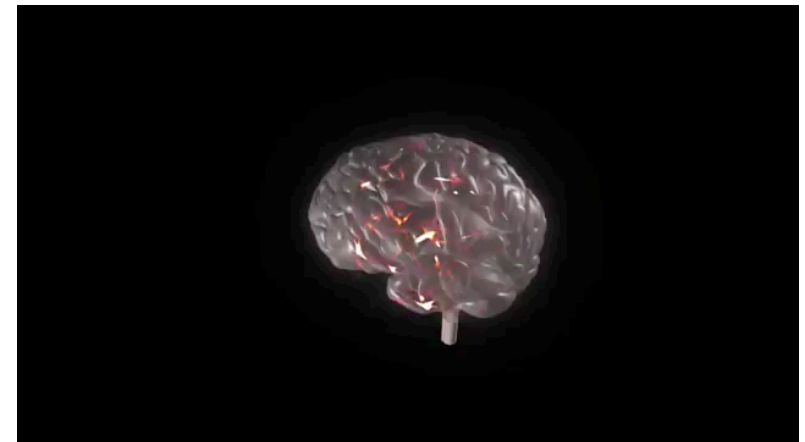
[http://www.hborchert.de/images/xray\\_homer.jpg](http://www.hborchert.de/images/xray_homer.jpg)



<http://www.spiegel.de>

# MOTIVATION NEUROMORPHE INFORMATIONSVERRARBEITUNG

- Künstliche neuronale Netze nehmen das Nervensystem als Vorbild
- Lernfähigkeit
  - **Lernen aus Erfahrung (Learning by doing)**
  - **Lernen durch Übung (Learning by training)**
- Generalisierungsfähigkeit
  - Anpassung an neue Gegebenheiten aus Erfahrung
- Kognitive Fähigkeiten
  - Erkennen von Personen
    - Männer mit und ohne Bart
- Assoziatives Gedächtnis
  - Namen  $\Leftrightarrow$  Person
- Massiv parallele Verarbeitung
  - Sensorische Rückkopplung beim Gehen



# KÜNSTLICHE NEURONALE NETZE

## – Vorbild und Modell

### – Mathematische Beschreibung

#### – Synapsen

- Gewichte  $w_{ij}$
- Eingänge  $o_i$

#### – Soma

- Summation  $\sum_i w_{ij} \cdot o_i$

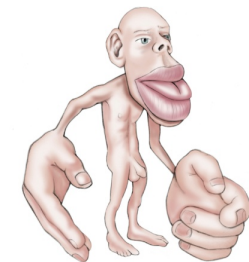
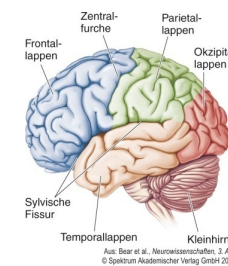
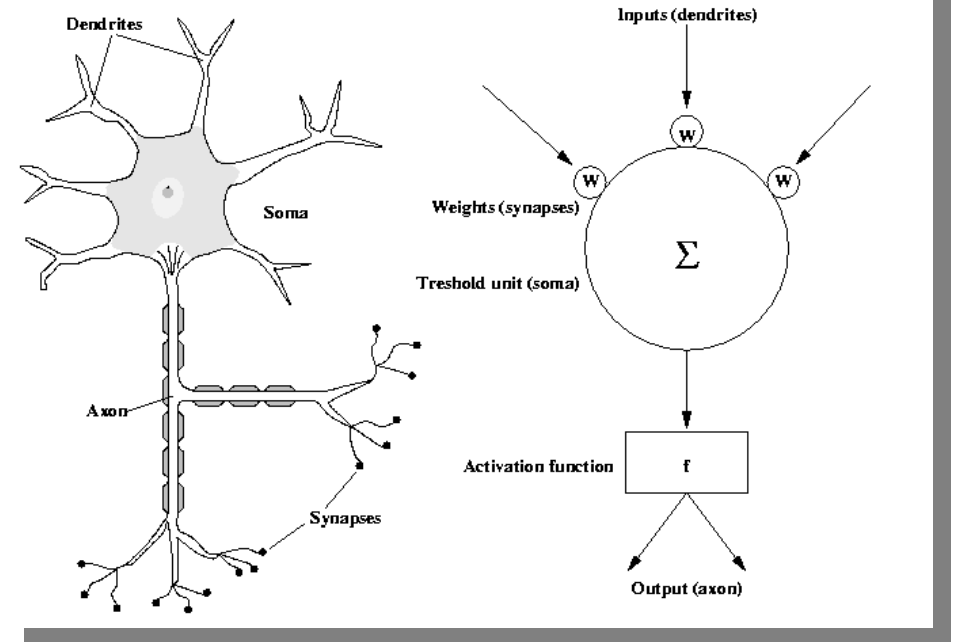
#### – Axonhügel

- Aktivierungsfunktion

$$f(\sum w_{ij} o_i)$$

### – Funktion Neuron $o_j$

$$o_j = f(\sum w_{ij} o_i) = f(net_j)$$



Aus: Bear et al., Neurowissenschaften, 3. Aufl. © Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009



# KONNEKTIONISMUS

- Typische Struktur eines künstlichen neuronalen Netzes

- Beispiel: Feedforward

- Eingabeschicht

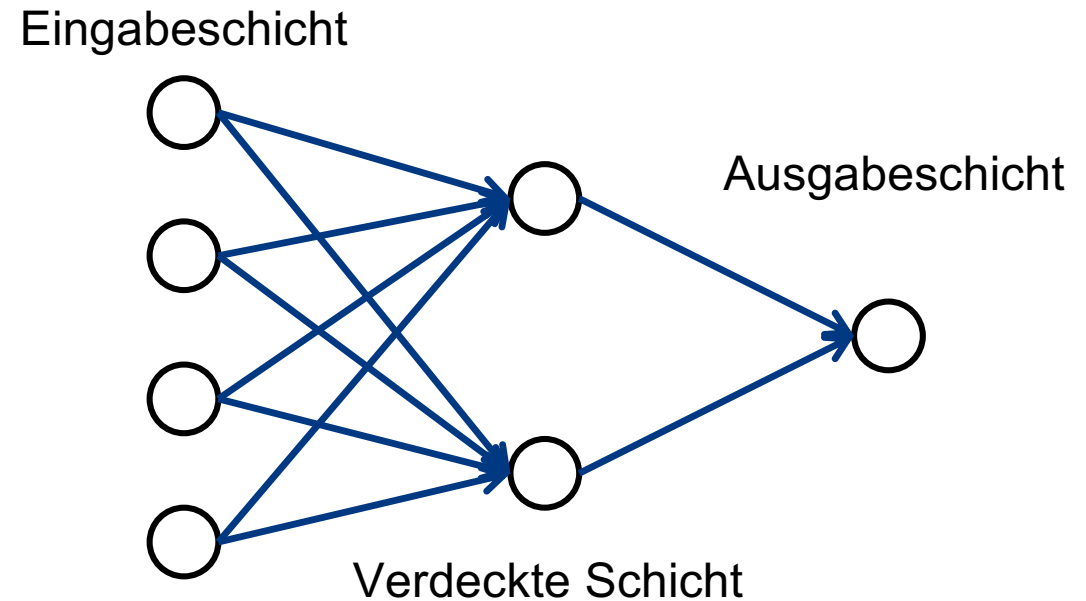
- Input layer

- Verdeckte Schicht

- Hidden layer

- Ausgabeschicht

- Output layer

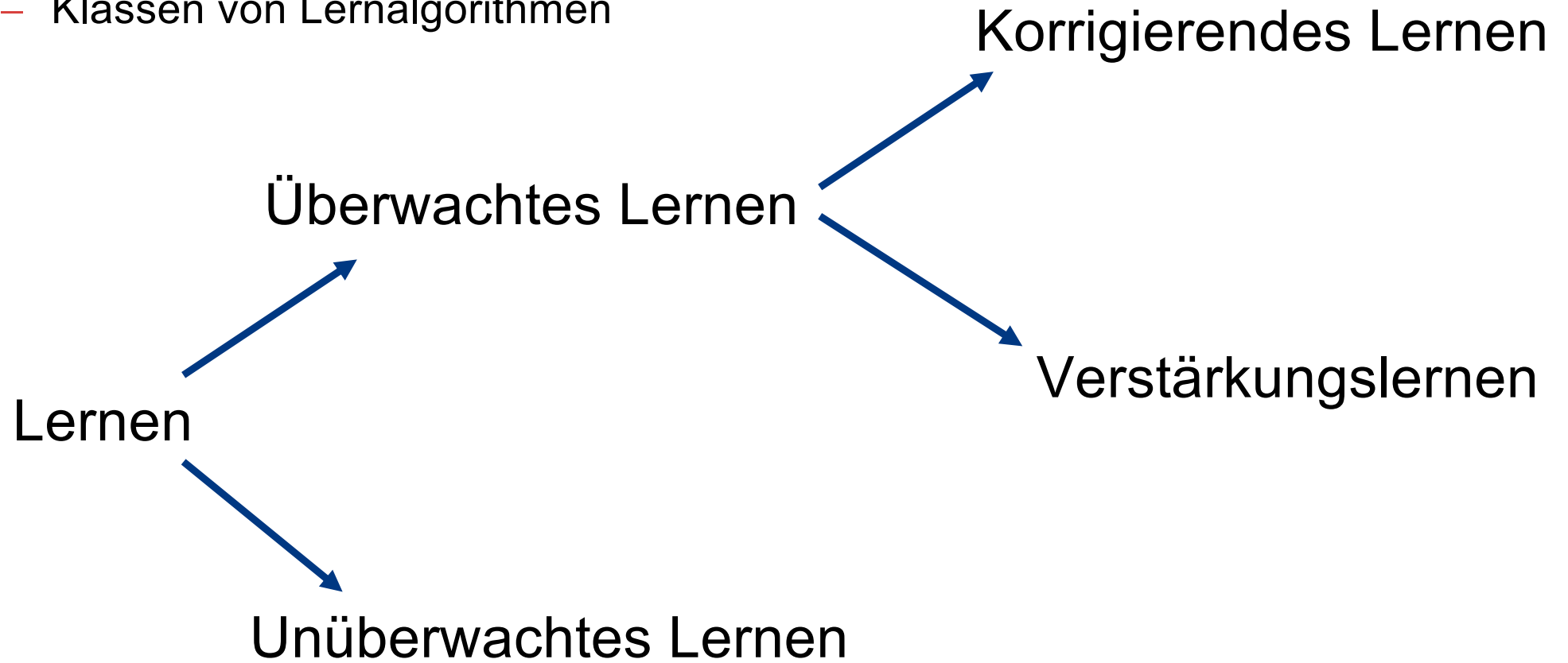


- Anzahl der Schichten und Neuronen kann variieren

- Hängt entscheidend von der Anwendung ab

# KLASSIFIKATION LERNEN

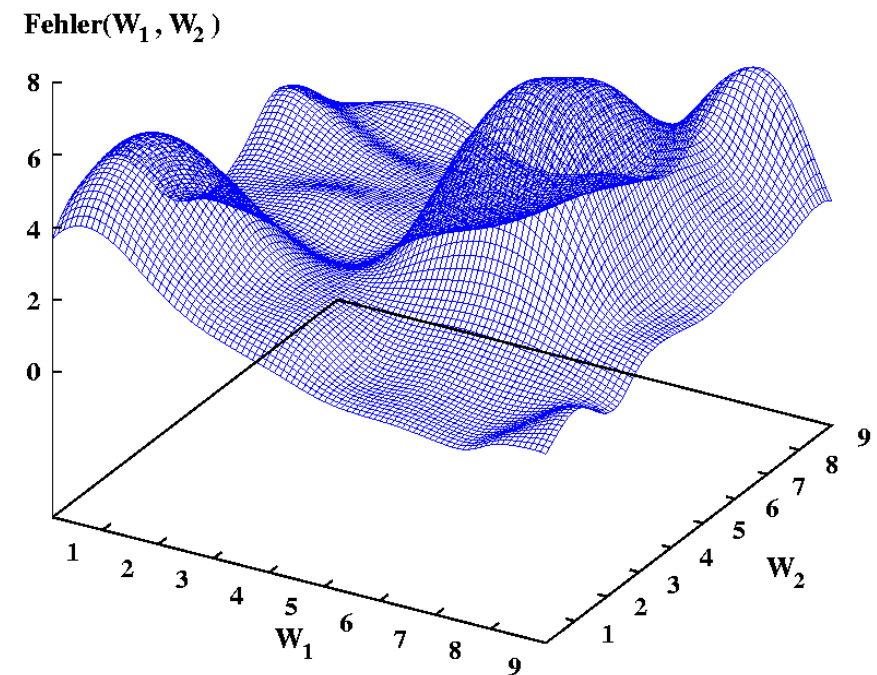
- Klassen von Lernalgorithmen



# LERNZIEL

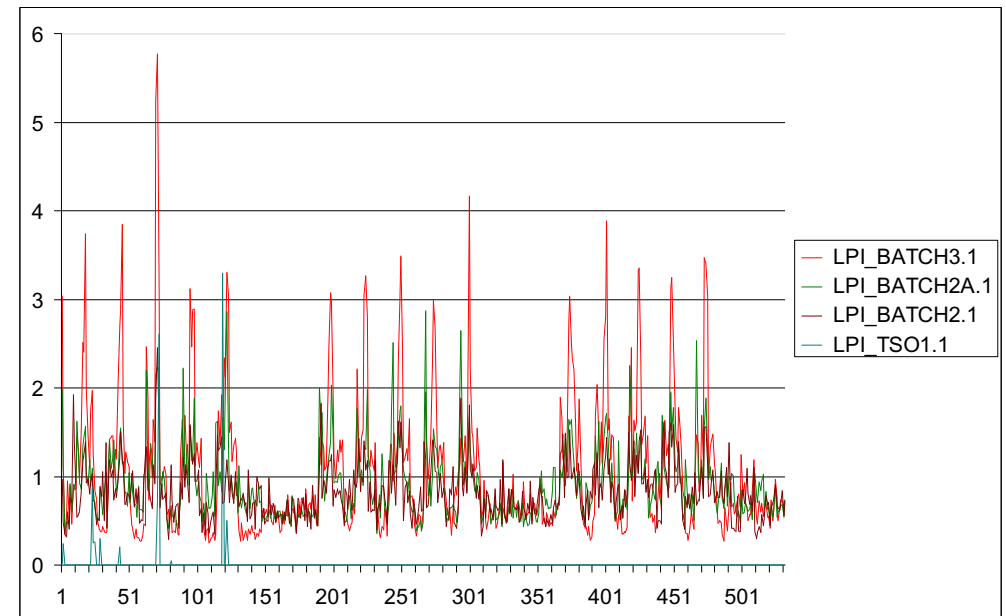
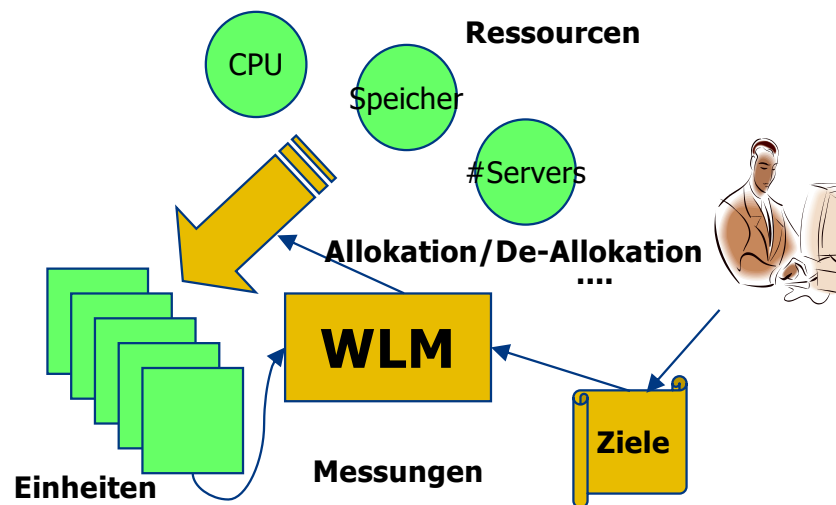
- (Anwendungs-)Problem wird über Daten dargestellt
- Ziel: Möglichst gut die Darstellung der Zusammenhänge zwischen Eingabe und Ausgabe auf Basis der n-dimensionalen Daten zu erlernen
  - Fehler über alle bekannte Datenpaare soll minimiert werden!
  - Optimierungsproblem!
- Häufigstes Verfahren: Backpropagation
  - Globales Minimum der Fehlerfunktion soll gefunden werden
  - Gradientenabstiegsverfahren

$$\Delta w_{ij} = \eta o_i \delta_{ij}^{back} \quad \delta_{ij}^{back} = \frac{\partial o_j}{\partial \sum_i o_i w_{ij}} \sum_k \delta_k w_{jk}$$



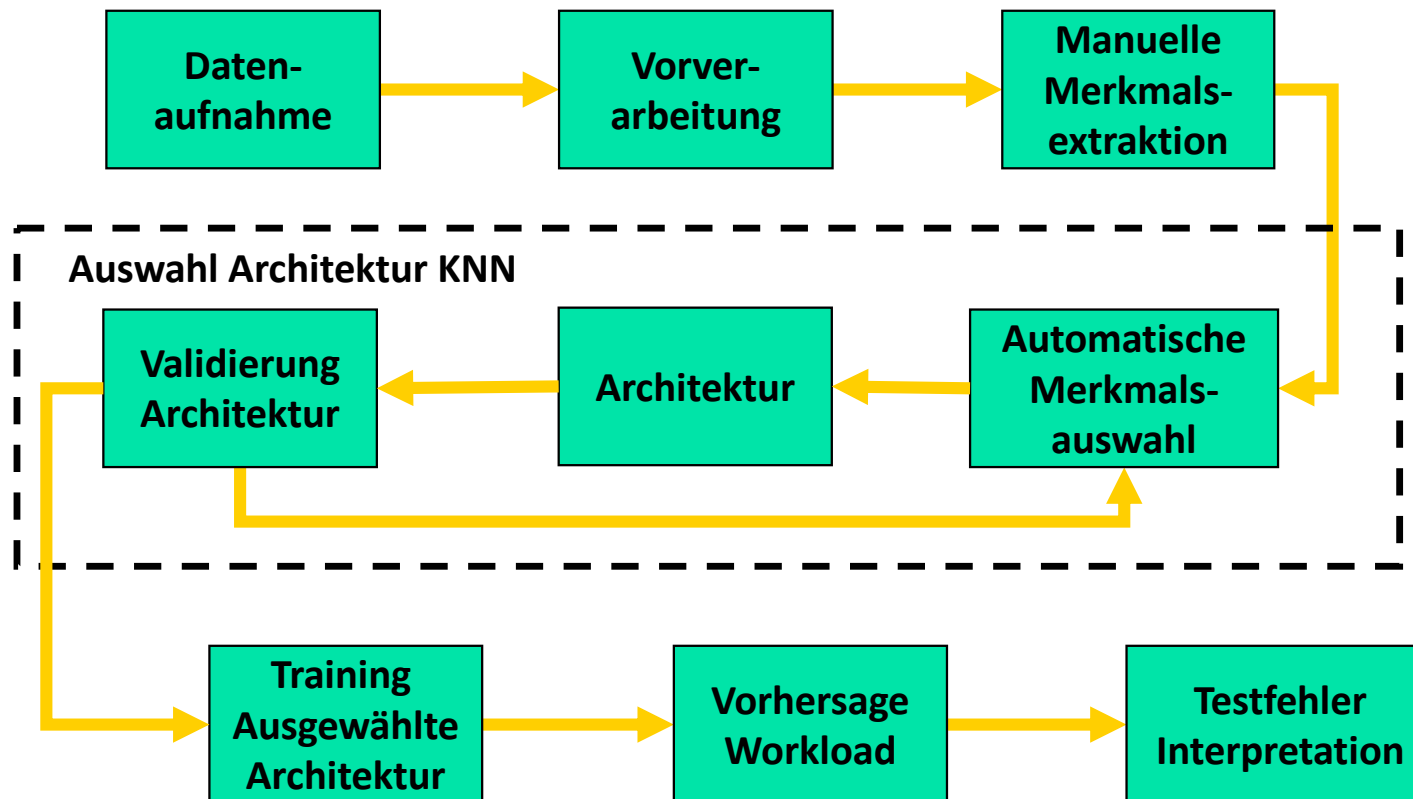
# VORHERSAGE WORKLOAD MAINFRAME

- Projekt mit IBM Labor Böblingen
- Problem: Ist der Workload kundenabhängig vorhersagbar?
- Ziel: Rechtzeitige Bereitstellung von zusätzlichen Ressourcen
- Idee: Einsatz Künstlicher Neuronaler Netze zur Vorhersage



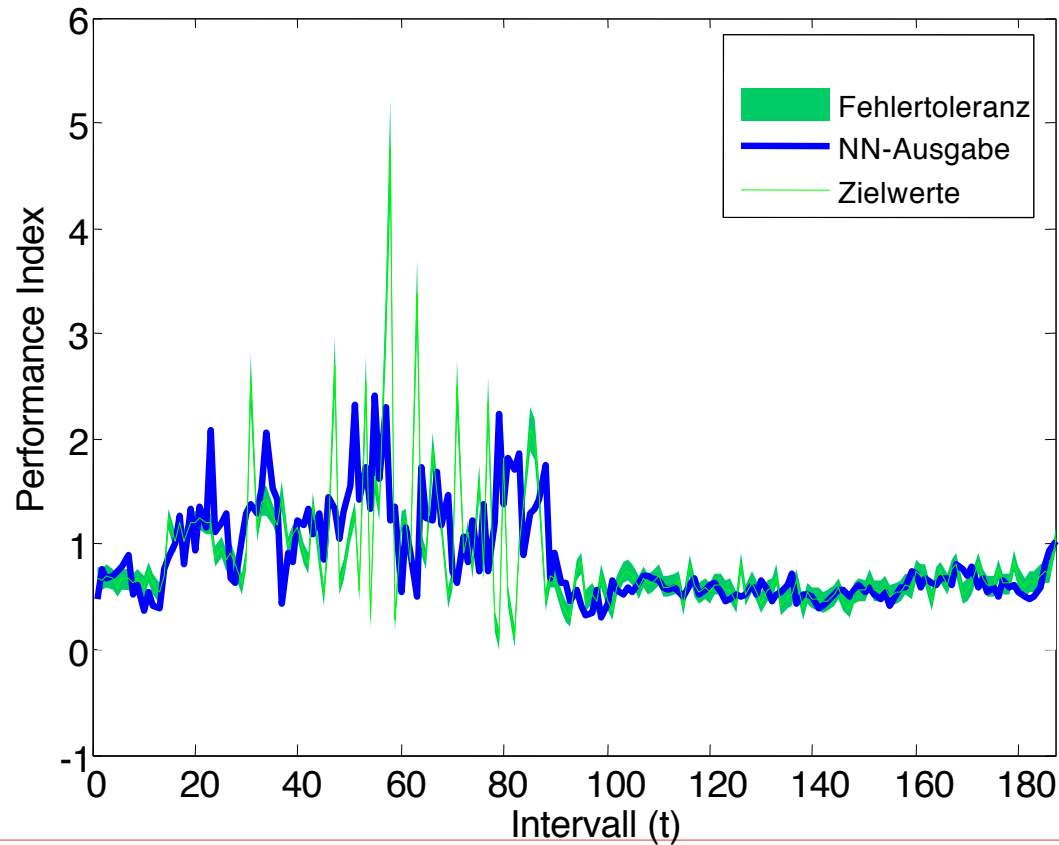
# VORHERSAGE WORKLOAD MAINFRAME

- Grundsätzlicher Trainingsablauf



# VORHERSAGE WORKLOAD MAINFRAME

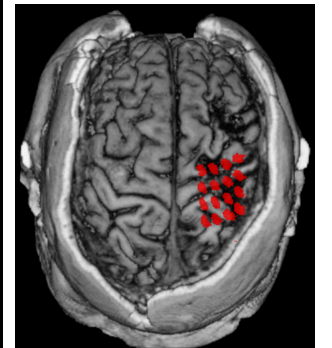
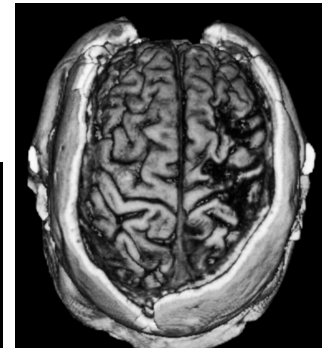
— Vorhersage auf 7 Stunden



Eingaben: 40, Verdeckte Neurone: 30,  
Vorhersageschritte: 50 (7 Stunden),  
Trainingsziel: 0.00001

## EINSATZ BRAIN-COMPUTER-INTERFACE FÜR SCHLAGANFALL-REHABILITATION

- 3 Schlaganfallpatienten mit ECoG implantiert
  - 7 Jahre klassische Therapie ohne Erfolg
  - ML-System detektiert Willen und steuert Orthese bei gleichzeitiger elektrischer Stimulation auf dem Kortex



# DEEP LEARNING

- Was ist Deep Learning?
  - „Alter Wein in neuen Schläuchen“?!
    - Neues Buzzword
- Problem „kleiner“ neuronaler Netze
  - „Mächtige“ Probleme früher kaum lernbar (Rechnerleistung)
    - Oder unter Einsatz menschlicher Intelligenz....
    - Deshalb war (und ist) Datenvorverarbeitung extrem wichtig
      - Und bleibt sie nach wie vor auch für Deep learning!
- Grundlegende Idee: Aufbau großer, „tiefer“ neuronale Netze um Strukturen ähnlich denen im Gehirn selbstständig zu entwickeln
  - Für viele auch: Unbearbeitete Daten als Eingabe verwenden
    - Den Rest machen die Neuronen....
- Ermöglicht durch die Entwicklung schnellerer Rechner
  - Einsatz von GPU (Graphical Processing Units)
- Lernen bedeutet, die Kombination an Gewichten zu finden, die das Problem richtig abbilden
  - In Abhängigkeit vom Problem kann dies lange Ketten von Gewichten über viele Schritte (Schichten) erfordern

In **Deep learning** geht es um die (richtige) Bestimmung der Gewichte über **viele verdeckte** Schichten hinweg!



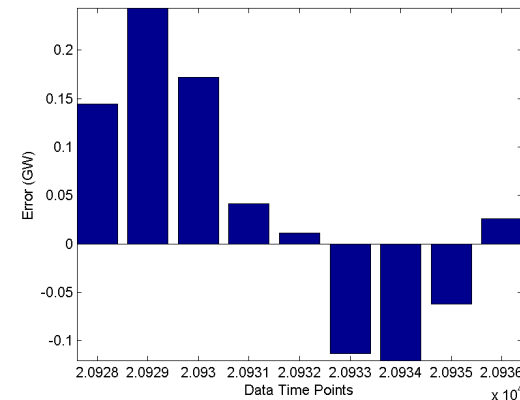
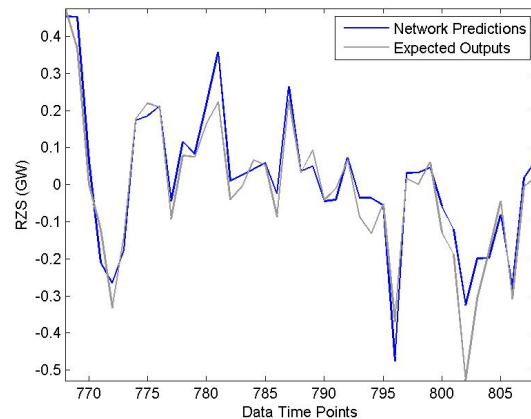
# DEEP LEARNING UND RECHNERLEISTUNG

- Deep Learning Architekturen können extrem groß werden
  - Heute (oft unnützerweise?) genutzter Ansatz
- Anzahl Layer: 10-50
  - Kann auch über 1000 betragen
- Anzahl Gewichte
  - 1 Millionen bis 10 Milliarden
- **Extrem rechenintensiver Ansatz**
  - Beispiel DeepL: benötigt 5,1 Petaflops!
- KNN/Deep Learning können mit Matrix-Operationen realisiert werden
  - Accumulate/Multiply
    - Im Befehlssatz von Signalprozessoren Standard
    - Einsatz Graphikkarten

V. Sze, Y.-H. Chen, T.-J. Yang, and J. S. Emer, "Efficient Processing of Deep Neural Networks: A Tutorial and Survey," *CoRR*, vol. abs/1703.09039, 2017.

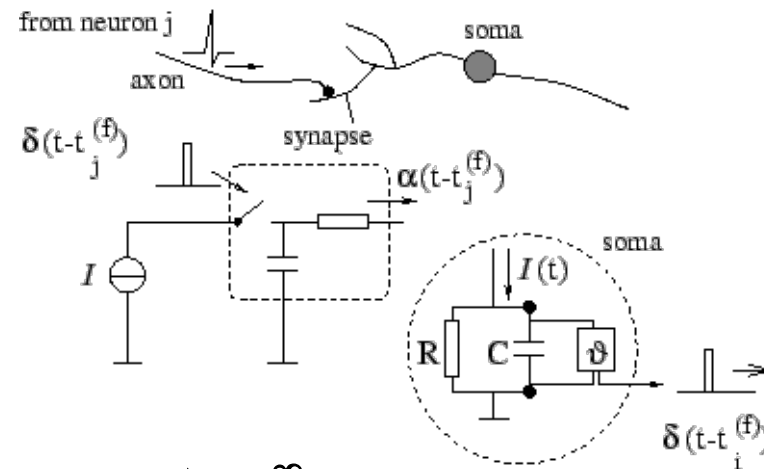
# DEEP LEARNING KANN ALLES?

- Idee
  - Verwendet man genug Neuronen, so ergibt sich eine Struktur wie im Gehirn
    - Keine Vorverarbeitung mehr nötig...
    - Die „Maschine“ lernt alles selber – stimmt nicht immer....
- Beispiel: Vorhersage ???-verhalten von ???
  - Konnte mit Deep Learning nicht gelöst
  - Spezielle Netze lösen das Problem



# SPIKENDE NEURONALE NETZE

- Spikende Neuronale Netze
  - Zukünftiger Trend
- Orientieren sich viel stärker am biologischen Neuron
  - Trotzdem Kompromiss zwischen Ionen-genauen Modellen und stark abstrahierenden Modellen der künstlichen neuronalen Netze
- Integrate-and-Fire Modell
  - Fast immer benutzt
  - Noch einzufügen:  
Synaptische Plastizität



Quelle: Gerstner et al.

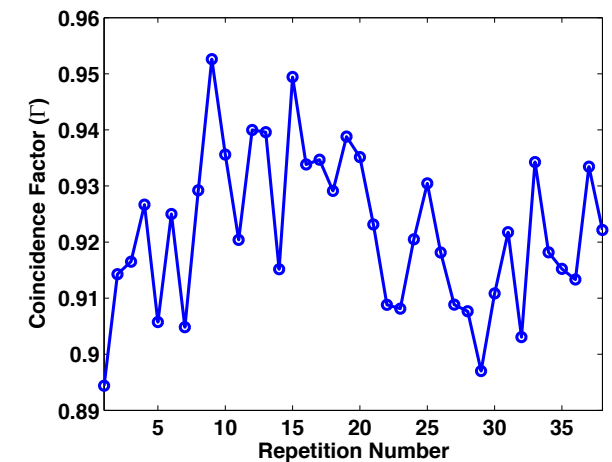
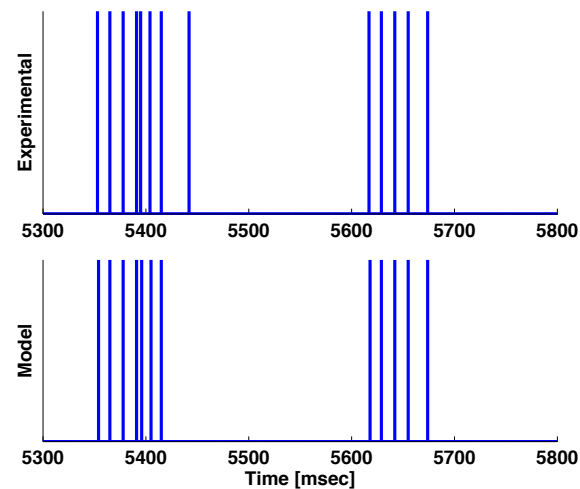
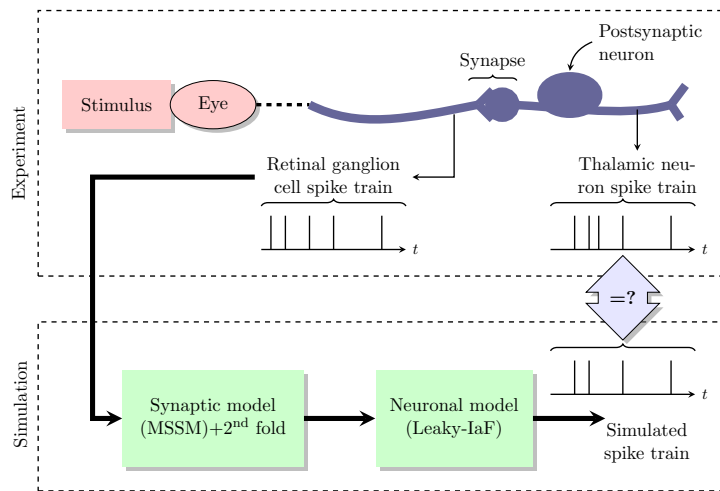
$$u_i(t) = \eta(t - \hat{t}_i) + \sum_j w_{ij} \sum_f \varepsilon_{ij}(t - \hat{t}_i, t - t_j^{(f)}) + \int_0^\infty \kappa(t - \hat{t}_i, s) I^{ext}(t - s) ds$$

## VORTEILE SPIKENDE NEURONALE NETZE

- Spikende neuronale Netze kommen der Realität näher
  - Kommunikation ist einfacher
    - $1 \text{ Bit} \cong 1 \text{ Aktionspotential} \cong 1 \text{ Spike}$
  - Prinzipiell kann ein Neuron mit EINEM Transistor realisiert werden
- Teilweise bessere Performanz als Deep Learning
  - Schrifterkennung wird auf Basis von DL in SNN umgesetzt
    - Bessere Performanz als mit DL
- Natürliche Systeme sind auf Energieeffizienz ausgelegt
  - SNN stellen sich als Energie-sparend heraus
    - Bei Schrifterkennung wird weniger Energie als mit DL verbraucht
- Aber aktuell noch keine effektiven Lernalgorithmen wie bei KNN
  - Übertragung von KNN-Lösungen auf SNN möglich
  - Ansätze über Backpropagation und Reinforcement Learning
  - (Keine) synaptische Plastizität

## MODIFIED STOCHASTIC SYNAPTIC MODEL (MSSM)

- Einfügen der synaptische Plastizität
- Vorhersage Zeitpunkte Spikes eines kortikalen Neurons aus dem Thalamus
- Gewinn Facet Award 2009: im Schnitt 91,1% der Zeitpunkte richtig vorhergesagt
  - Immer noch nicht geschlagen



# GEFAHREN IN DER DARSTELLUNG VON KI

17.10.2018 11:37 Uhr

## Boston Dynamics: In unseren Videos zeigen wir typischerweise das beste Verhalten

Boston Dynamics zeigt immer wieder beeindruckende Videos seiner Roboter, wie den Moonwalk des SpotMini. Dazu braucht es jedoch oft ein paar Anläufe.

Gesichtserkennung

### Amazon-Software macht US-Politiker zu Verdächtigen

Um gegen Gesichtserkennung bei der Polizei zu protestieren, haben Bürgerrechtler die Amazon-Software Rekognition getestet. Das Ergebnis: 28 Kongressmitglieder wurden mit festgenommenen Verdächtigen verwechselt.



Von Jörg Breithut



Quellen: heise online

Quelle: Spiegel online

05.03.2019 17:24 Uhr

## Künstliche Intelligenz: Europas "KI-Startups" fast zur Hälfte ohne Bezug zu KI

Wer etwas mit KI macht, kann derzeit mit viel Geld von Investoren rechnen. Viele Startups profitieren offenbar, ohne dass sie tatsächlich KI einsetzen.

Bei rund 40 Prozent aller "KI-Startups" in Europa gibt es keinen Hinweis darauf, dass Künstliche Intelligenz in irgendeiner Weise Teil des Geschäfts oder Angebots ist. Das ist das Ergebnis einer Untersuchung der Londoner Investmentfirma MMC Ventures.

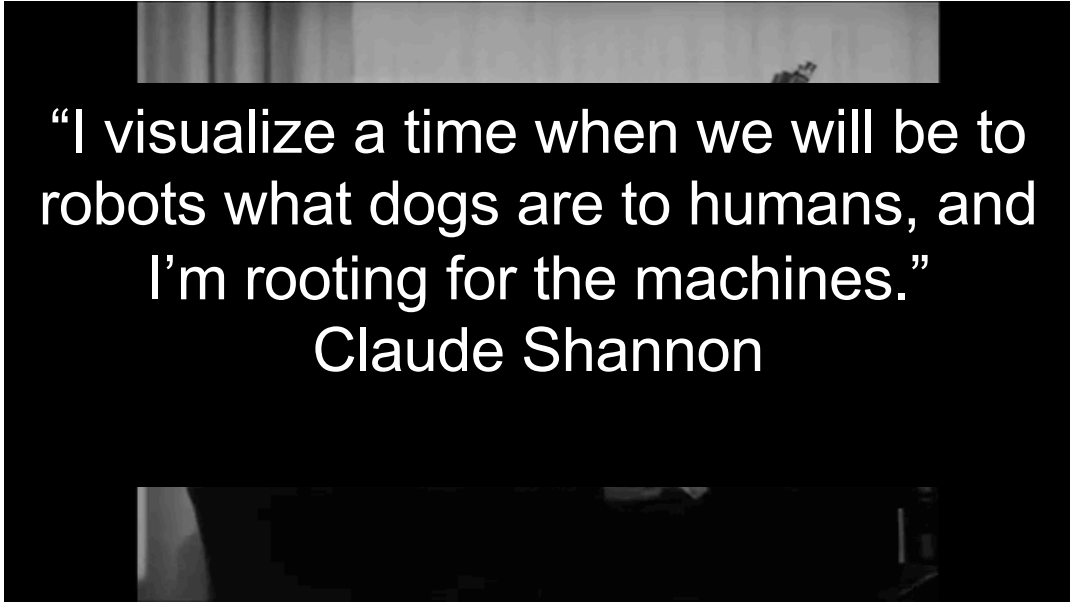
Reaktion KI Bundesverband e.V.: ein Gütesiegel...  
Ohne wissenschaftliche oder öffentliche Prüfung!



KI Bundesverband e.V.

## TAKE HOME MESSAGES

- Wann erreichen wir den Zeitpunkt der Singularität?
  - Zeitpunkt der Singularität im Sinne, wann die Maschinen intelligenter sein werden, als Menschen...
  - Ausschnitte „The Thinking Machine“, MIT Centennial, 1961
    - ...in 10 oder 15 Jahren ...



“I visualize a time when we will be to robots what dogs are to humans, and I’m rooting for the machines.”  
Claude Shannon

<https://www.youtube.com/watch?v=jPHUIQiwD9Y>

## TAKE HOME MESSAGES

- **Werkzeuge ersetzen nicht den Experten!**
  - Für eine gute Lösung wird Erfahrung benötigt!
- Daten immer genau ansehen
  - Ohne vernünftige Datenauswahl kein gutes Ergebnis!
  - Kenntnis über Anwendung ist wichtig!
- KNN&ML liefern NIE ein exaktes Ergebnis
  - Wie der Mensch...
  - Generalisierungsfähigkeit ist eine gewünschte Eigenschaft!
    - Kann dadurch mit unbekannten Vorgängen umgehen
- Für exakte Entscheidung wird in der Regel ein zusätzlicher Schritt benötigt
  - Automated Reasoning
  - Zusätzliche Absicherung bei sicherheitsrelevanten Anwendungen
    - Autonomes Fahren, Medizinische Diagnosen, ....
- Nicht überall, wo KI draufsteht, ist auch KI drin....

**Denken Sie selbst, sonst denken Maschinen für Sie!**





UNIVERSITÄT  
LEIPZIG

# VIELEN DANK!

**Prof. Dr. Martin Bogdan**

Technische Informatik

Postfach 10 09 20, 04009 Leipzig

+49 341 97-32208

[bogdan@informatik.uni-leipzig.de](mailto:bogdan@informatik.uni-leipzig.de)

<https://ti.informatik.uni-leipzig.de>

Denken Sie selbst, sonst denken Maschinen für Sie!

