



5. Sitzung, 24.5.2019

Thema heute: Neuronale Netze







Leitfrage des Seminars:

- Wie muss ein genuin philosophischer Zugang zum Phänomen der Digitalisierung aussehen?
- Gibt es überhaupt einen genuin philosophischen Zugriff auf das Phänomen der Digitalisierung, oder sind hierfür nicht andere Wissenschaften zuständig?
- Informatik, Medienwissenschaft, Soziologie, ...





Mögliche Antwort:

Wir wenden die verschiedenen philosophischen Disziplinen auf das Phänomen an und untersuchen, ob dabei neue Erkenntnisse zutage treten.



Ontologie: Inwiefern haben wir es im Zuge der Digitalisierung mit *neuen* Phänomenen zu tun, die eine kausale Kraft besitzen?

Haben wir Gründe dafür, eine eigene digitale Realität (so etwas wie eine "Infosphäre" oder eine "dritte Natur") anzunehmen?

Wie verhalten sich Gegenstände der "dritten Natur" zu Gegenständen der ersten und "zweiten Natur"?





Welche Rolle spielt das Phänomen der digitalen Information und der Vernetzung von Wissen?

Wie können wir im Rahmen der Digitalisierung/Digitalität überhaupt noch von Erkenntnis sprechen und Wahrheit und Falschheit auseinanderhalten?



Philosophie des Geistes: Inwiefern lassen sich unsere Gedanken und mentalen Phänomene externalisieren, also in die Sphäre des Digitalen übertragen?

Wie verhalten sich neuronale Netze zur Struktur unseres Gehirns und unseres Geistes?

Ist es möglich, dass künstliche Intelligenz Bewusstsein, Selbstbewusstsein und gar Willensfreiheit/Autonomie besitzt?



Ethik: Inwiefern verändert und gefährdet die Digitalisierung die Weise unseres Zusammenlebens?

Welche (neuen) ethischen Normen müssen im Rahmen der Digitalisierung gelten?

Wie verhalten sich die Normen der "dritten Natur" zu den Normen der zweiten Natur?



Ästhetik: Inwiefern eröffnet die Digitalisierung neue Formen des künstlerischen und kulturellen Ausdrucks?

Inwiefern können interaktive Computerspiele neue poetische Gattungen hervorbringen?

Welche ästhetische Rolle spielt das Phänomen der Immersion? Inwiefern verschwimmen dadurch die Grenzen von Fiktion und Realität?



Kulturphilosophie: Inwiefern eröffnet die Digitalisierung neue Formen der Kultur? Gibt es so etwas wie eine "Kultur der Digitalität" (Felix Stalder)?

Wie verändert die Digitalisierung die lebensweltlichen Weisen unseres Zusammenlebens? Gibt es eine digitale Lebenswelt?

Wie verhalten sich analoge und digitale Lebenswelt zueinander?







Philosophieren über das Digitale

VS.

Digitale Philosophie







Digitale Philosophie bedeutet <u>nicht</u>:

Zukunftsspekulation

Science Fiction

Trans- oder Posthumanismus





"Digitale Philosophie" bedeutet:

Philosophieren über das Digitale

Das Philosophieren selbst wird digital:

Das Denken als Paradigma

Logik des Raumes und der Zeit







Zwei Differenzen:

Analog vs. Digital (technische Seite)

Digitalisierung vs. Digitalität (philosophische Seite)





Was ist Digitalität?

Die Reflexion auf die digitale Transformation:

 Kulturelle, ästhetische, epistemologische, logische, ontologische und ethische Dimensionen

• Eine "dritte Natur"?



Digitalität als "dritte Natur":

Zweite Natur (Kultur) kann nicht auf die (erste) Natur reduziert werden, da sie eine spezifische *kausale* Bedeutung und Kraft hat.

Kann Digitalität auf die zweite Natur (Kultur) reduziert werden? Gibt es irreduzible Phänomene der Digitalität und eine spezifische Kausalität?



Wenn es eine dritte Natur als Digitalität gibt, dann müssen wir auch eigene Kategorien dafür entwickeln, die ihre Realität angemessen begreifen.

Dies können wir erreichen, indem wir sie mit der Struktur der zweiten Natur kontrastieren.





Dimensionen der zweiten Natur (Kultur):

Individualisierung

Intersubjektivität

Kritik der Vergegenständlichung

Erinnerung und Repräsentation der Geschichte





Dimensionen der Digitalität:

Vernetzung

Transsubjektivierung

Interobjektivierung

Enträumlichung und Entzeitlichung







Kategorien der Digitalität ("Textur"):

- "Interobjektivität" (Verbindung mit den Dingen in der Welt)
- "Transsubjektivität" (die Welt als Gehirn)
- "Atopischer Präsentismus" (das Internet vergisst nichts)





Thema heute: Neuronale Netz(werk)e







Leitfragen:

- Wie verhalten sich biologische und künstliche (digitale) neuronale Netze zueinander?
- Welche epistemischen und mentalen Eigenschaften besitzen neuronale Netze (wenn überhaupt)?
- Inwiefern können neuronale Netze denken?
- Inwiefern können neuronale Netze (Selbst-)Bewusstsein besitzen?

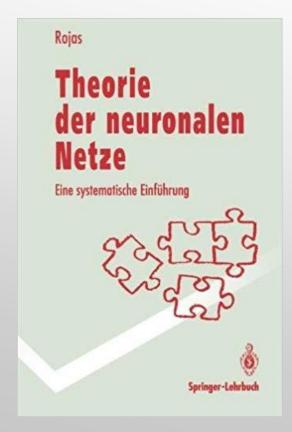


Wo werden Künstliche Netze (KN) überall eingesetzt?

- Muster- und Schrifterkennung (OCR)
- Spracherkennung
- Frühwarnsysteme
- Robotik (künstliche Intelligenz)
- •











"Mit künstlichen neuronalen Netzen werden biologische neuronale Netze als informationsverarbeitende Systeme nachgeahmt. Dafür müssen zunächst die wesentlichen Eigenschaften der biologischen Nervenzellen unter dem Gesichtspunkt der Informationsverarbeitung studiert und interpretiert werden, um dann abstrakte neuronale Netze zu entwerfen und durch Simulation zu untersuchen. Auch wenn die einzelnen biologischen Modelle des Gehirns und der Nervensysteme von Lebewesen sich in vielen Aspekten unterscheiden, herrscht allgemeine Übereinstimmung darüber, daß "das Wesen der Funktion des Nervensystems Kontrolle durch Kommunikation ist" [Brown 1991]. Nervensysteme bestehen aus vielen Tausenden oder Millionen von Nervenzellen, die miteinander vernetzt sind. Jede individuelle Nervenzelle ist sehr komplex in ihrem Aufbau und kann eintreffende Signale auf vielfältige Weise verarbeiten. Neuronen sind langsam im Vergleich zu elektronischen Schaltelementen." (3 f.)





"Die massive und hierarchische Vernetzung des menschlichen Gehirns scheint die fundamentale Voraussetzung für Bewu8tsein und komplexes Verhalten zu sein. Trotzdem haben Biologen und Chemiker in den letzten Jahrzehnten in erster Linie nur die Eigenschaften einzelner Neuronen ausführlich untersucht. Die Erzeugung von Signalen durch Neuronen und deren Obertragung an andere Zellen gehören heute zu den physiologischen Grundkenntnissen. Wie aber einzelne Elemente komplexe und hochparallele Systeme bilden, die Information aufnehmen und verarbeiten, ist noch weitgehend unbekannt. Hier können die Mathematik, die Informatik und die Physik [und die Philosophie; J.N.] wesentliche Beiträge leisten, denn in all diesen Disziplinen werden komplexe Strukturen untersucht. Es liegt in der Natur der Sache, daß die Beschäftigung mit neuronalen Netzen ein hochgradig interdisziplinäres Unterfangen ist." (4)





"Vorsicht mit den Metaphern und Paradigmen, die bei der Untersuchung des Nervensystems zugrunde gelegt werden, ist auf jeden Fall geboten. Es scheint eine Konstante der Wissenschaftsgeschichte zu sein, daß das Gehirn immer am jeweils kompliziertesten technischen Artefakt aus menschlicher Hand gemessen wurde [McCorduck 1979]. 1m Altertum wurde es mit einer pneumatischen Maschine, in der Renaissance mit Uhren und Ende des letzten Jahrhunderts mit einem Telefonnetz verglichen. Für einige ist der Computer heute das Paradigma par excellence eines Nervensystems" (4)





"Das Nervensystem von Tieren ist ein informationsverarbeitendes Ganzes. Sinneseindrücke und damit Signale aus der Umwelt werden codiert und verwertet, so daß eine angemessene Reaktion möglich ist. Biologische neuronale Netze sind eine von vielen möglichen Lösungen für das Problem der Informationsverarbeitung. Sie unterscheiden sich stark von herkömmlichen Computern, da sie mit massiver Parallelität und Redundanz die stochastische Natur ihrer Bausteine neutralisieren müssen." (4)





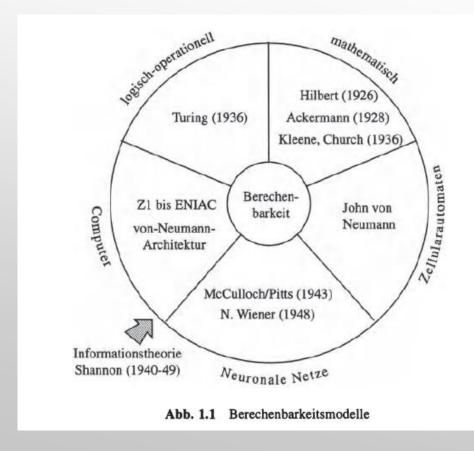
Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist die Biologie. Künstliche neuronale Netze sollen nicht nur wegen ihrer interessanten Struktur untersucht werden, sondern weil sie die Informationsverarbeitung, die im Nervensystem des Menschen tatsächlich stattfindet, zu modellieren versuchen. Da Informationsverarbeitung als Umwandlung von Signalen aufgefaßt werden kann, ist zunächst einmal die biologische Generierung und Übertragung von Signalen für unsere Zwecke von Bedeutung. Zu untersuchen sind also die Prozesse, mit denen Nervenzellen Signale erzeugen und empfangen, die Modifikation dieser Signale innerhalb des Nervensystems und die Weiterverarbeitung mehrerer Signale durch eine Nervenzelle. Biologisehe Systeme liefern Hinweise Uber die Eigenschaften, die in Netzen von künstlichen Berechnungselementen erwünscht sind." (5)



LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

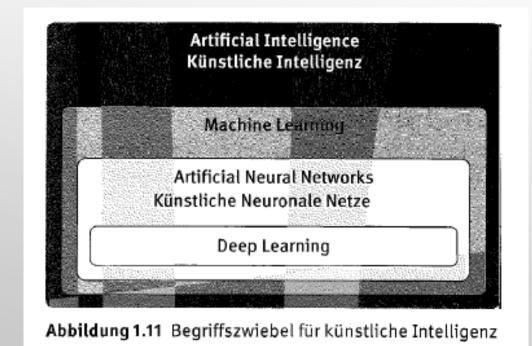
Philosophie der Digitalität







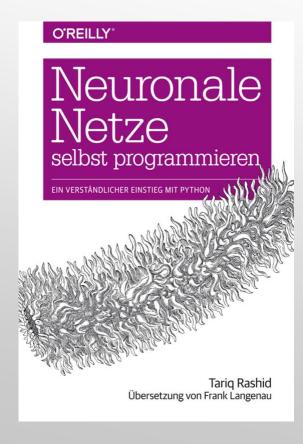






MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN Philosophie der Digitalität









Ein neues goldenes Zeitalter - von der Natur inspiriert

"Optimismus und Ambitionen in Bezug auf künstliche Intelligenz hatten in den 1950er-Jahren einen Höhenflug, als das Thema formalisiert wurde. Erste Erfolge zeigten sich bei Computern, die einfache Spiele beherrschten und Lehrsätze beweisen konnten. Manche waren davon überzeugt, dass innerhalb eines Jahrzehnts Maschinen erscheinen würden, die das Niveau menschlicher Intelligenz erreichten. Doch die künstliche Intelligenz erwies sich als harter Brocken, und der Fortschritt stagnierte. Die 1970er-jahre standen unter schlechten Vorzeichen in Bezug auf künstliche Intelligenz, begleitet von Mittelkürzungen und zurückgehendem Interesse. Es schien so, als würden Maschinen aus kalter, fest verdrahteter Logik, die mit absoluten Einsen und Nullen arbeiten, niemals in der Lage sein, die nuancenreichen organischen, manchmal unscharfen Denkprozesse von biologischen Gehirnen zu erreichen." (X f.)





"Nach einer Periode ohne wesentliche Fortschritte tauchte eine sehr vielversprechende Idee auf, um die Suche nach Maschinenintelligenz aus ihrer Starre zu befreien. Warum versucht man nicht, künstliche Gehirne zu bauen, indem man kopiert, wie reale biologische Gehirne arbeiten? Reale Gehirne mit Neuronen an/ stelle von Logikgattern, weichere biodynamische Schlussfolgerungen anstelle von kalten, harten, schwarz-weißen, absolutistischen herkömmlichen Algorithmen. Die Wissenschaftler wurden inspiriert von der scheinbaren Einfachheit eines Bienen- oder Taubengehirns verglichen mit den komplexen Aufgaben, die sie bewältigen konnten. Gehirne, die nur einen Bruchteil eines Gramms wiegen, sind offenbar zu komplizierten Aktionen fähig, zum Beispiel zur Flugsteuerung und Anpassung an den Wind, dazu, Nahrung und Beutetiere zu identifizieren und schnell zu entscheiden, ob gekämpft oder geflüchtet werden muss. Könnten Computer, die jetzt über massive billige Ressourcen verfügten, diese Gehirne nachbilden und verbessern? Eine Biene hat etwa 950.000 Neuronen könnten heutige Computer mit Speicherkapazitäten im Gigabyte- und Terabyte-Bereich die Bienen übertreffen? Doch mit den herkömmlichen Konzepten zur Problemlösung können diese Computer trotz der massiven Speicherkapazitäten und superschnellen Prozessoren nicht das erreichen, wozu die relativ winzigen Gehirne von Vögeln und Bienen in der Lage sind." (Xf.)

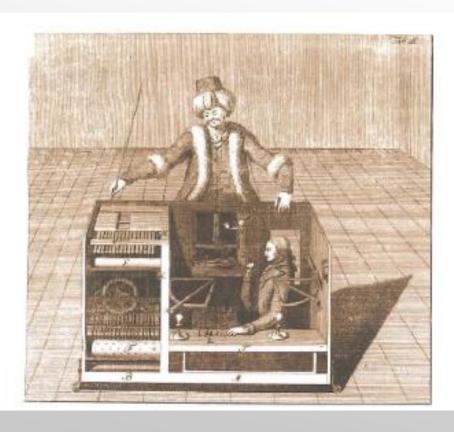




"Neuronale Netze haben sich aus diesem Drang nach biologisch inspiriertem intelligentem Computing herausgebildet - und sind in der Folge zu den leistungsfähigsten und nützlichsten Methoden auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz geworden. Heute ist Google DeepMind zu fantastischen Dingen fähig, beispielsweise von sich aus zu lernen, wie Videospiele gespielt werden, und zum ersten Mal wurde der Weltmeister im unglaublich komplexen Spiel Go geschlagen. Als wesentlicher Bestandteil der Architektur dienen neuronale Netze. Neuronale Netze bilden bereits den Kern vieler Alltagstechnologien — wie der automatischen Nummernschilderkennung und der Decodierung von handschriftlichen Postleitzahlen auf handgeschriebenen Briefen." (XI)





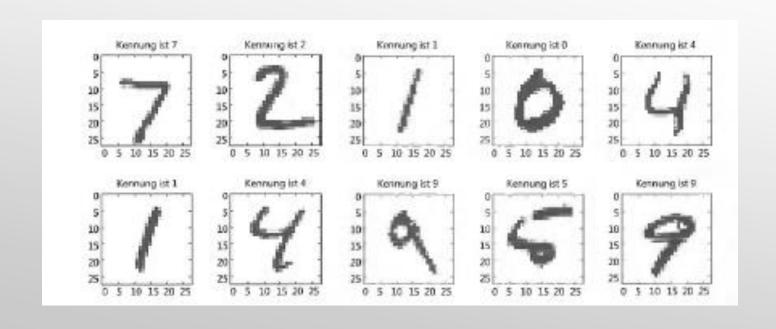




LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Philosophie der Digitalität









"Computer sind im Grunde nichts weiter als Rechenmaschinen. Arithmetische Aufgaben können sie äußerst schnell ausführen. Damit sind sie prädestiniert für Aufgaben, die vor allem mit Rechnen zu tun haben - Zahlen addieren, um den Umsatz zu ermitteln, Prozentwerte bilden, um die Umsatzsteuer zu berechnen, Diagramme vorhandener Daten zeichnen usw. Selbst beim Ansehen von Catch-up-TV oder beim Streamen von Musik hat der Computer nicht viel mehr zu tun, als immer und immer wieder einfache arithmetische Anweisungen auszuführen. Es mag Sie überraschen, doch auch die über das Internet übertragenen Videos, die aus Einsen und Nullen bestehen, werden mit arithmetischen Operationen rekonstruiert, die nicht komplexer sind als die Grundrechenarten, die wir in der Schule gelernt haben. Zahlen wirklich schnell zu addieren - Tausende oder sogar Millionen pro Sekunde ist sicherlich eindrucksvoll, doch das hat nichts mit künstlicher Intelligenz zu tun. Einem Menschen erscheint es vielleicht schwer, schnell große Summen zu bilden, doch ist hierzu kaum Intelligenz erforderlich. Es genügt vollauf, die einfachsten Anweisungen zu befolgen, und genau das ist es, was die Elektronik in einem Computer realisiert." (1)





"Drehen wir nun den Spieß um und tauschen wir die Rolle mit dem Computer! Sehen Sie sich die folgenden Bilder an und versuchen Sie, zu erkennen, was sie enthalten:







"Wir können ein Bild mit menschlichen Gesichtern, einer Katze und einem Baum sehen und erkennen. Praktisch sind wir dazu sehr schnell in der Lage und noch dazu mit einer ziemlich hohen Genauigkeit. Nur in wenigen Fällen liegen wir falsch. Die recht großen Informationsmengen, die die Bilder enthalten, können wir sehr erfolgreich verarbeiten, um den Bildinhalt zu erfassen. Derartige Aufgaben sind für Computer nicht so einfach lösbar - es ist sogar unglaublich schwierig." (2)





Tabelle 1-1: Wer kann was besonders gut verarbeiten?

Problem	Computer	Mensch
Tausende großer Zahlen schnell multiplizieren	Leicht	Schwer
Gesichter auf einem Foto mit einer Menschenmenge heraussuchen	Schwer	Leicht





"Wir ahnen, dass für die Bilderkennung menschliche Intelligenz erforderlich ist - etwas, das Maschinen fehlt, egal wie komplex und leistungsfähig wir sie gebaut haben, weil es eben keine Menschen sind. Doch es sind genau solche Probleme, die wir dem Computer übertragen möchten - denn Computer arbeiten schnell und werden nicht müde. Um derartige Probleme geht es bei der künstlichen Intelligenz. Da Computer immer auf Elektronik basieren, besteht die Aufgabe der künstlichen Intelligenz darin, neue Rezepte bzw. Algorithmen zu finden, die auf neuartige Weise versuchen, derart schwierigere Probleme zu lösen. Selbst wenn das nicht perfekt gelingt, dann immerhin noch gut genug, um einen Eindruck von einer menschenähnlichen Intelligenz in der Praxis zu geben." (2)













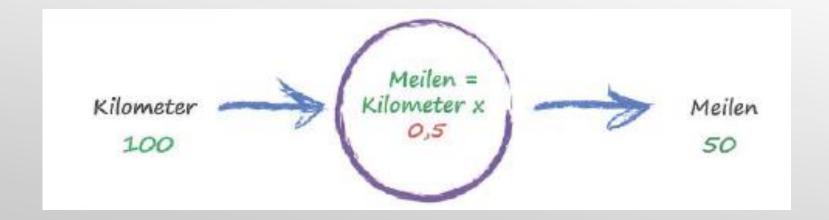




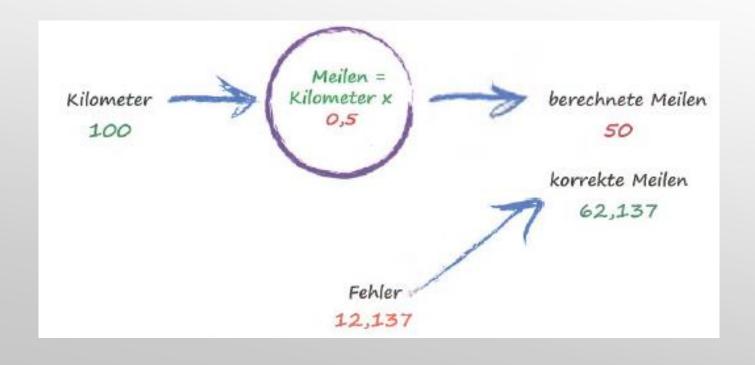






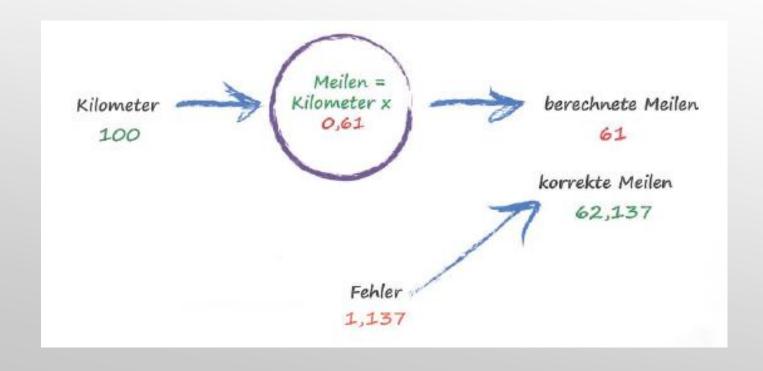
















"Ob Sie es glauben oder nicht, wir sind gerade den prinzipiellen Lernprozess in einem neuronalen Netz durchgegangen — wir haben die Maschine trainiert, damit sie immer besser dabei wird, die richtige Antwort zu geben. Es lohnt sich, kurz innezuhalten und darüber nachzudenken - wir haben ein Problem nicht in einem einzigen Schritt genau gelöst, wie wir es oftmals in der Schulmathematik oder bei wissenschaftlichen Problemen tun. Stattdessen haben wir einen gänzlich anderen Weg eingeschlagen, indem wir eine Antwort ausprobiert und sie wiederholt verbessert haben. Man spricht auch von iterativ und meint damit, dass eine Antwort wiederholt Stück für Stück verbessert wird." (8)





"Das sehr leistungsfähige menschliche Gehirn enthält ungefähr 100 Milliarden Neuronen! Eine Fruchtfliege besitzt lediglich 100.000 Neuronen und ist damit schon in der Lage, zu fliegen, zu fressen, Gefahren auszuweichen, Nahrung zu suchen und viele andere ziemlich komplexe Aufgaben zu erledigen. Da die Anzahl von 100.000 Neuronen im Kapazitätsbereich moderner Computer liegt, könnte man doch versuchen, ein solches Gehirn nachzubilden. Ein Fadenwurm hat nur 302 Neuronen, was geradezu verschwindend gering ist, verglichen mit den Ressourcen heutiger Digitalrechner! Doch dieser Wurm kann einige recht nützliche Aufgaben bewältigen, mit denen herkömmliche Computerprogramme von viel größerem Umfang nicht zurechtkämen." (31)





"Worin liegt also das Geheimnis? Warum sind biologische Gehirne so leistungsfähig, wenn man bedenkt, dass sie — verglichen mit modernen Computern — wesentlich langsamer sind und aus relativ wenigen Verarbeitungselementen bestehen? Die vollständige Funktionsweise von Gehirnen, wie zum Beispiel des Bewusstseins, ist immer noch ein Geheimnis. Doch weiß man inzwischen genügend über Neuronen, um auf verschiedene Arten der Verarbeitung schließen zu können." (31)





"Sehen wir uns also an, wie ein Neuron funktioniert. Es übernimmt ein elektrisches Eingangssignal und gibt ein anderes elektrisches Signal aus. Dies erinnert stark an die Klassifizierungs- oder Vorhersagemaschinen, die wir weiter oben gezeigt haben und die einen Eingang übernehmen, das Signal auf bestimmte Weise verarbeiten und ein Ausgangssignal ausgeben. Könnten wir Neuronen als lineare Funktionen darstellen, wie wir es zuvor schon getan haben? Gute Idee - funktioniert aber nicht. Ein biologisches Neuron produziert keine Ausgabe, die schlichtweg eine einfache lineare Funktion der Eingabe ist. Das heißt, seine Ausgabe hat nicht die Form Ausgabe = (Konstante * Eingabe) + (vielleicht_eine_andere_Konstante)." (32)





"Beobachtungen legen nahe, dass Neuronen nicht sofort reagieren, sondern stattdessen die Eingabe unterdrücken, bis sie ausreichend groß ist, um ein Ausgabesignal auszulösen. Man kann sich dies als Schwellwert vorstellen, der erreicht sein muss, bevor irgendein Ausgabesignal entsteht. Vergleichbar ist das mit Wasser in einer Tasse — das Wasser läuft erst über, wenn die Tasse vollkommen gefüllt ist. Intuitiv ist das sinnvoll — die Neuronen sollen winzige Rauschsignale nicht durchlassen, sondern nur ausdrücklich starke, gewollte Signale. Abbildung 1-29 veranschaulicht dieses Konzept, bei dem ein Ausgangssignal nur entsteht, wenn die Eingabe ausreichend angestiegen ist, um einen Schwellwert zu überschreiten." (32)

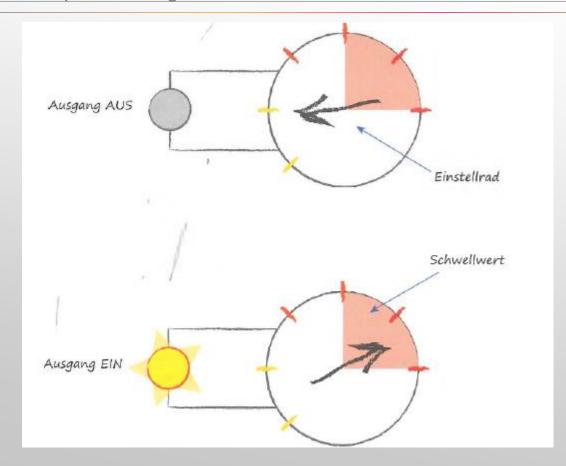




"Beobachtungen legen nahe, dass Neuronen nicht sofort reagieren, sondern stattdessen die Eingabe unterdrücken, bis sie ausreichend groß ist, um ein Ausgabesignal auszulösen. Man kann sich dies als Schwellwert vorstellen, der erreicht sein muss, bevor irgendein Ausgabesignal entsteht. Vergleichbar ist das mit Wasser in einer Tasse — das Wasser läuft erst über, wenn die Tasse vollkommen gefüllt ist. Intuitiv ist das sinnvoll — die Neuronen sollen winzige Rauschsignale nicht durchlassen, sondern nur ausdrücklich starke, gewollte Signale. Abbildung 1-29 veranschaulicht dieses Konzept, bei dem ein Ausgangssignal nur entsteht, wenn die Eingabe ausreichend angestiegen ist, um einen Schwellwert zu überschreiten." (32)

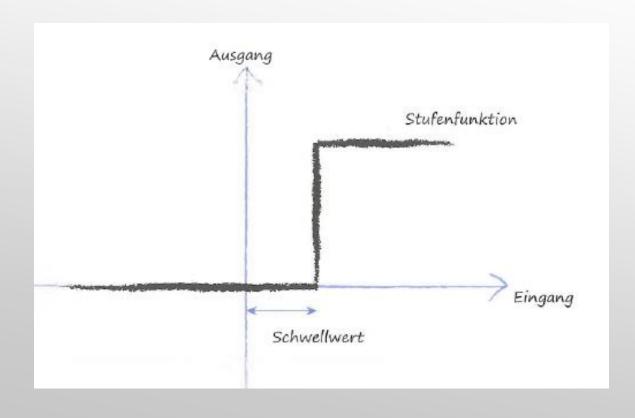












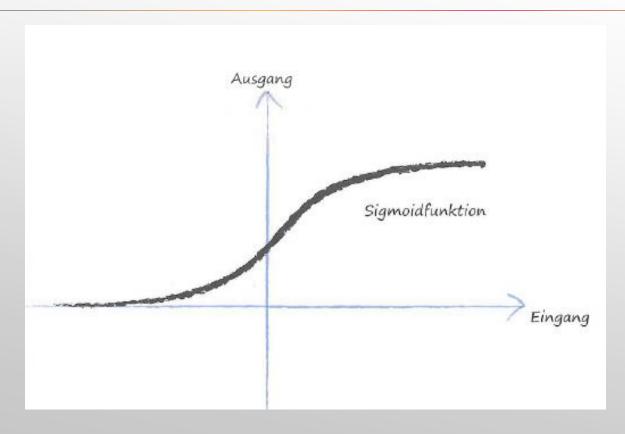




"Die Stufenfunktion lässt sich noch verbessern. Die in Abbildung 1-31 dargestellte s-förmige Funktion wird als Sigmoidfunktion bezeichnet. Sie verläuft sanfter als die abrupte Stufenfunktion, was sie natürlicher und realistischer macht — »natura non facit saltus« (die Natur macht keine Sprünge). Eine solche sanfte s-förmige Sigmoidfunktion werden wir fortan für unsere eigenen neuronalen Netze verwenden. Forscher auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz nehmen auch andere, ähnlich aussehende Funktionen, die Sigmoide ist aber einfach und tatsächlich sehr gebräuchlich, sodass wir uns in guter Gesellschaft befinden." (33)











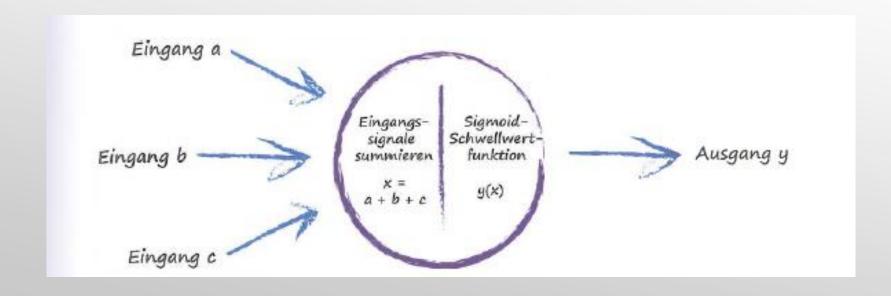
$$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$





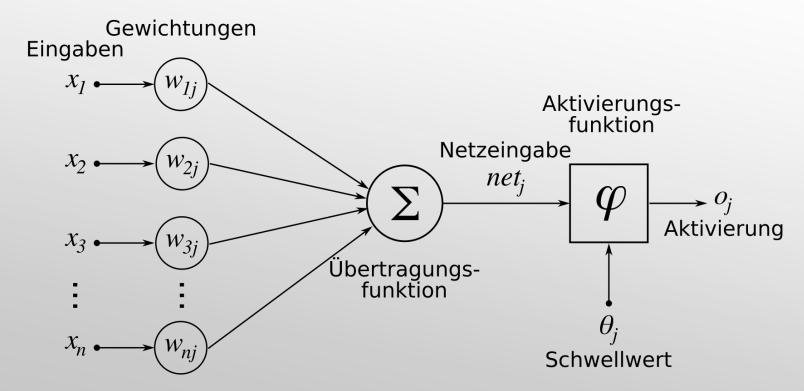
"Was stellen wir mit all diesen Eingaben an? Wir kombinieren sie, indem wir sie addieren. Die resultierende Summe geht als Eingabe an die Sigmoidfunktion, die die Ausgabe steuert. Dies spiegelt die Arbeitsweise von realen Neuronen wider. Abbildung 1-32 veranschaulicht das Konzept, die Eingaben zusammenzufassen und dann die Schwellwertfunktion auf die kombinierte Summe anzuwenden." (35)





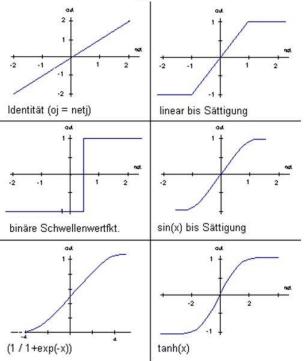






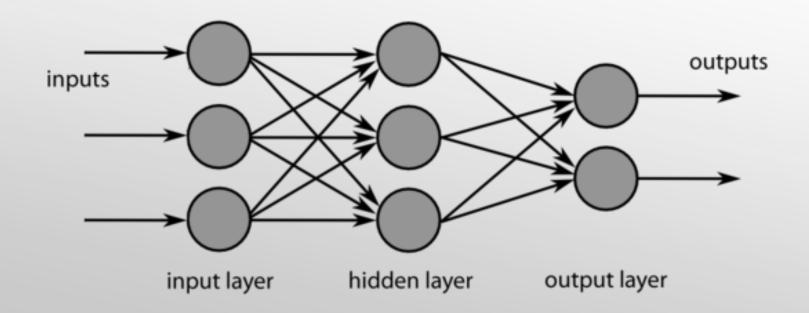


Aktivierungsfunktionen













"Wenn das kombinierte Signal nicht groß genug ist, unterdrückt die sigmoidale Schwellwertfunktion das Ausgangssignal. Ist die Summe x ausreichend groß, bewirkt die Sigmoidfunktion, dass das Neuron feuert. Interessant ist Folgendes: Wenn nur einer von mehreren Eingängen groß ist und die übrigen Eingänge lediglich einen geringen Beitrag leisten, kann das bereits genügen, damit das Neuron feuert. Darüber hinaus kann das Neuron auch feuern, wenn einige der Eingänge für sich genommen ziemlich, aber nicht ausreichend groß sind, in der Summe aber ein Signal ergeben, das die Schwelle überwinden kann. Dies liefert einen ersten Eindruck von den komplexeren, in gewissem Sinne unscharfen Berechnungen, die derartige Neuronen realisieren können." (35)

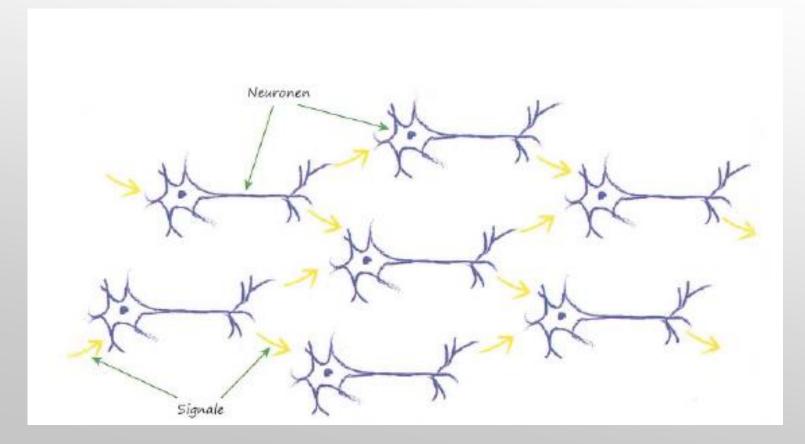




"Die elektrischen Signale werden von den Dendriten gesammelt, und diese wirken zusammen, um ein stärkeres elektrisches Signal zu bilden. Wenn das Signal stark genug ist, um die Schwelle zu überwinden, feuert das Neuron ein Signal entlang des Axons zu den Terminalen, um es an die Dendriten der nächsten Neuronen weiterzugeben. Abbildung 1-33 zeigt, wie mehrere Neuronen auf diese Weise miteinander verbunden sind." (35)







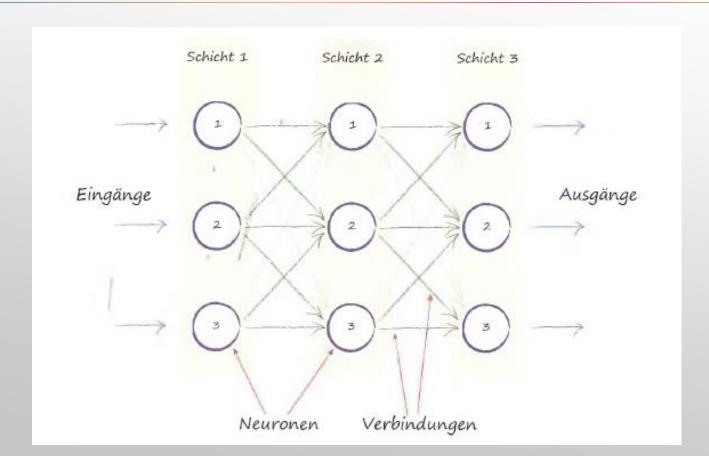




"Es zeigt sich, dass jedes Neuron die Signale von vielen Neuronen vor ihm aufnimmt und ebenso die Ausgangssignale an viele weitere Neuronen weitergibt, falls das Neuron feuert. Um dieses natürliche Vorbild in einem künstlichen Modell nachzubilden, verwendet man mehrere Schichten von Neuronen, die jeweils zu jedem anderen in der vorhergehenden und nachfolgenden Schicht verbunden sind, wie Abbildung 1-34 veranschaulicht."

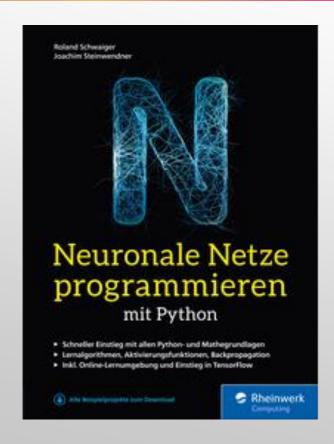














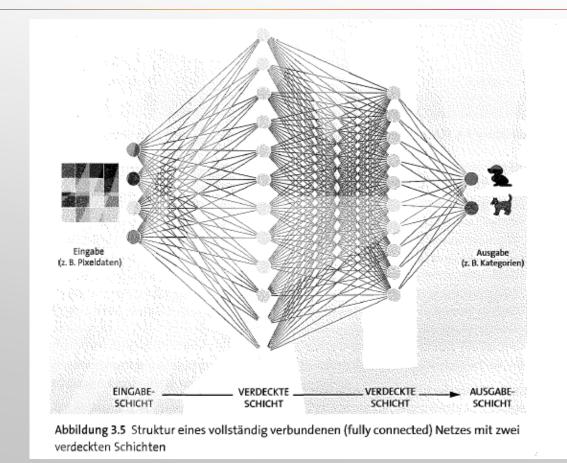


Ein neuronales Netz besteht aus einer mehrschichtigen Ansammlung von Neuronen mit gewichteten Verbindungen, die wie folgt organisiert sind:

- ► Eine Eingabeschicht (engl, input layer) besteht aus Neuronen, die numerische Merkmalsvektoren darstellen. Jedes Input-Neuron repräsentiert ein Merkmal. Diese Merkmale können z. B. die Pixel eines zu klassifizierenden Bildes sein.
- ► Eine oder mehrere verdeckte Schichten (engl, hidden layers) sind für die Weiterverarbeitung der Eingabeschicht zuständig. Erst wenn mehr als eine verdeckte Schicht vorhanden ist, spricht man von tiefen neuronalen Netzen (engl, deep neural networks). In diesen Schichten werden z. B. Filteroperationen auf Pixelebene durchgeführt
- ▶ eine Ausgabeschicht (engl, output layer) repräsentiert die Zielwerte, d. h. die gefundenen Klassen (»Hund« oder »Katze«) bei Klassifikationsaufgaben oder Clusteringaufgaben oder eine Reihenfolge von Wahrscheinlichkeiten (engl, predictions) bei Auswertungsaufgaben." (61 f.)











Wie lernt ein neuronales Netz? Im vorigen Abschnitt haben Sie erfahren, wie neuronale Netze aufgebaut sind. Doch wie können diese lernen und mit Daten trainiert werden?

Der Lernvorgang beim Deep Learning besteht darin, dass für beliebige Netze eine möglichst genaue Abbildung von gegebenen Eingabevektoren (z. B. Pixelreihenfolgen eines Bildes) auf gegebene Ausgabevektoren (z. B. Klassen) erreicht wird: Diese Abbildung bezeichnet man als Modell. Die Herausforderung bei der Erstellung eines Modells besteht darin, dass die kontinuierliche Anpassung der Gewichte und die korrekte Wahl der Aktivierungsfunktionen für die jeweiligen Schichten möglichst viele der Eingabebeispiele (Daten) korrekt klassifiziert bzw. dass deren Werte (z. B. im Fall einer Regressionsaufgabe) ermittelt werden müssen. Damit das Modell eine Aufgabe lösen kann, werden die zu den Merkmalsvektoren der Eingabeschicht und der versteckten Schichten korrespondierenden Gewichtungen anhand mathematischer Verfahren so lange korrigiert, bis die Abweichung der tatsächlichen und erwarteten Ergebnisse unter eine definierte Fehlerschranke gefallen ist." (63 f.)



Alles Gute und bis zur nächsten Sitzung!