

IN DIESEM KAPITEL

Die Grundprinzipien von Deep Learning verstehen

Deep-Learning-Lösungen entwickeln

Die Grenzen von Deep Learning erkennen

Kapitel 1

Einführung in Deep Learning

Deep Learning – davon haben Sie sicher schon mal gehört, oder? Der Begriff taucht ja heutzutage überall auf und scheint alles Mögliche zu bezeichnen. Tatsächlich handelt es sich bei *Deep Learning* (DL) um eine Unterkategorie des *Maschinellen Lernens* (ML), was wiederum ein Teilgebiet der *Künstlichen Intelligenz* (KI) darstellt. In diesem Kapitel erfahren Sie, was genau wir unter Deep Learning verstehen und welche Rolle diese Form der Datenanalyse in unserem Alltag spielt.

Dabei ist zu beachten, dass es neben Deep Learning noch viele andere Ansätze in der KI gibt. Es lassen sich mit Deep Learning zwar unterschiedlichste Aufgaben lösen, aber eben nicht alle. Für manche Szenarien wäre dieser Ansatz gänzlich ungeeignet.

Dieses Kapitel erläutert zudem, warum Deep Learning nicht die einzige Methode zur Datenverarbeitung in Ihrem Werkzeugkasten sein sollte. Manchmal müssen Sie nämlich auch andere Techniken in Erwägung ziehen oder zumindest mit Deep Learning kombinieren, um für ein spezifisches Problem eine möglichst effiziente und elegante Lösung zu finden. Tun Sie das nicht, machen Sie sich Ihre Arbeit im Endeffekt unnötig schwerer.

Definition von Deep Learning

Zur Vermeidung von Missverständnissen müssen wir zunächst wichtige Begriffe klar definieren. Wie schon erwähnt, ist Deep Learning eine Form des maschinellen Lernens und dies wiederum ein Teilgebiet der KI (Abbildung 1.1). In den folgenden Abschnitten arbeiten wir uns daher Stück für Stück bis zum Kern der Sache vor, damit Sie Deep Learning künftig korrekt von anderen Verfahren abgrenzen können.

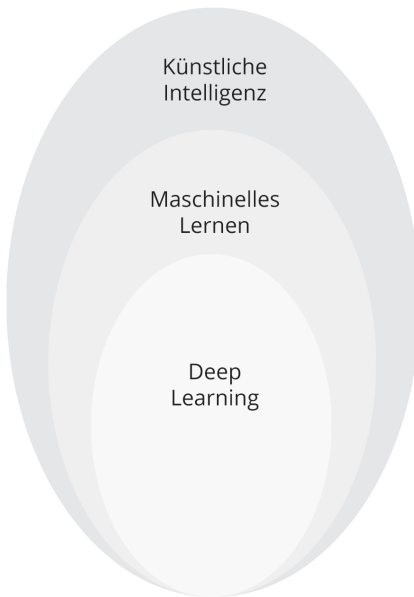


Abbildung 1.1: Deep Learning ist eine Unterkategorie des maschinellen Lernens und dies wiederum ein Teilgebiet der KI.

Künstliche Intelligenz als Oberbegriff

Was ist »künstliche Intelligenz«? Diese Frage könnte man damit beantworten, dass es sich um ein intelligentes System oder Wesen handelt, das künstlich erschaffen wurde. Aber was genau meinen wir eigentlich mit »intelligent«? Hier gehen die Definitionen weit auseinander. Wir können aber festhalten, dass Intelligenz bestimmte kognitive Funktionen und Fähigkeiten voraussetzt, nämlich:

- ✓ **Lernen:** Neue Informationen werden aufgenommen und verarbeitet.
- ✓ **Schlussfolgern:** Informationen werden auf verschiedene Weise ausgewertet.

- ✓ **Verstehen:** Die Bedeutung der ausgewerteten Informationen wird begriffen.
- ✓ **Überprüfen:** Die Gültigkeit der Informationen wird geprüft und mit konsistenten, belegbaren Quellen verglichen.
- ✓ **Vorausschauen:** Zusammenhänge zwischen geprüften Daten und anderen Daten werden vorhergesagt.
- ✓ **Beurteilen:** Spezifische Situationen werden gemäß den identifizierten Zusammenhängen analysiert.

Intelligenz beruht also auf bestimmten Denkprozessen, die ein Computersystem in einer Simulation recht gut nachahmen kann:

1. Es wird ein zu erreichendes Ziel festgelegt.
2. Alle bisher verfügbaren Daten zu diesem Ziel werden beurteilt.
3. Zusätzliche Daten, die beim Erreichen des Ziels helfen könnten, werden erfasst.
4. Die Daten werden so manipuliert und arrangiert, dass sie in ihrer Form mit den vorhandenen Daten übereinstimmen.
5. Die Beziehungen und Wahrheitswerte zwischen den vorhandenen und neuen Daten werden definiert.
6. Es wird geprüft, ob das Ziel mithilfe der aufbereiteten Daten erreicht wird.
7. Falls nicht, wird der Prozess an die neuen Daten und die sich ändernden Erfolgchancen angepasst.
8. Die Schritte 2 bis 7 werden so oft wiederholt, bis entweder das Ziel erreicht ist (das Ergebnis ist wahr) oder alle Möglichkeiten erfolglos ausprobiert wurden (das Ergebnis ist falsch).



Ein Computer hat nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, sich zu einem wahrlich intelligenten System zu entwickeln. Da er die Daten durch maschinelle Prozesse automatisch und auf rein mathematische Weise manipuliert und auswertet, kann von echtem »Begreifen« und »Verstehen« wohl keine Rede sein. Bisher sind Computer nicht in der Lage, die kognitiven Fähigkeiten, auf denen Intelligenz basiert, vollständig zu implementieren.

Die Entwickler von KI-Systemen wollen menschliche Intelligenz aber ohnehin nur bestmöglich nachahmen und nicht replizieren. Ein Computer hat keine Gedanken wie ein Mensch, sondern erweckt durch seine Arbeitsweise nur den Eindruck, er würde denken. All seine »Gedanken« sind eigentlich logische oder mathematische Berechnungen. Visuell-räumliche und körperlich-kinästhetische Intelligenz kann ein Computer bis zu einem gewissen Grad ganz gut nachahmen. Zwischenmenschliche und linguistische Intelligenz beherrscht er ebenfalls in akzeptablem Maße. Intrapersonale oder kreative Intelligenz ist einem Computer im Gegensatz zu uns Menschen jedoch fremd – er hat also kein Bewusstsein.

Die Rolle der KI

Wenngleich so manches KI-System das menschliche Denken simuliert, ist künstliche Intelligenz eben nur das: eine Simulation. Bei KI-Systemen laufen drei zusammenhängende Prozesse ab, nämlich das Festlegen eines zu erreichenden Ziels, das Verarbeiten relevanter Daten und das Erfassen weiterer Daten zum besseren Verständnis des Ziels. Algorithmen helfen dem KI-System dabei, sich dem Ziel anzunähern und das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Das Ziel und die genutzten Methoden sind nicht zwingend mit menschlichen Zielen und Methoden zu vergleichen. Mit dieser Tatsache im Hinterkopf können wir KI-Systeme in vier Kategorien einteilen:

- ✓ **KI-Systeme, die sich wie Menschen verhalten:** Wenn sich ein Computer wie ein Mensch verhält, besteht er zumeist auch den *Turing-Test*, bei dem ein Mensch schriftlich und ohne Sichtkontakt mit einem anderen Menschen und einem Computer kommuniziert und dabei nicht klar sagen kann, wer Mensch und wer Maschine ist (siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Turing-Test>). In Medienberichten geht es oft um diese Kategorie. Anwendungsbeispiele sind die Verarbeitung natürlicher Sprache, die Wissensrepräsentation, automatisierte Entscheidungsprozesse und das maschinelle Lernen (diese vier Fähigkeiten sind nötig, um den Test zu bestehen).

Im Gegensatz zum ursprünglichen Turing-Test umfasst eine neuere Variante (*Total Turing Test*) auch eine physische Komponente. Der Computer muss sich in seiner Umgebung zurechtfinden und mit Gegenständen oder Hindernissen umgehen können. Dies gelingt mittels maschinellem Sehen und Robotik. Moderne Verfahren konzentrieren sich auf das zu erreichende Ziel und versuchen nicht mehr, den Menschen einfach nur nachzuahmen. So gelang den Gebrüdern Wright schließlich auch ihr erster Flugversuch: Statt die Flugweise eines Vogels präzise zu imitieren, erforschten sie lieber die zugrunde liegenden Prinzipien der Aerodynamik. Das Fliegen ist also das Ziel. Aber die Methodik, mit der Vögel und Menschen dieses Ziel erreichen, unterscheidet sich erheblich.

- ✓ **KI-Systeme, die wie Menschen denken:** Wenn ein Computer das menschliche Denken nachahmt, kann er auch Aufgaben erledigen, die ein Mensch durch intelligentes Handeln bewältigt (also nicht durch einstudierete Routine). Autofahren wäre ein Beispiel. Bevor ein Computerprogramm aber wie ein Mensch denken kann, müssen wir diese Denkprozesse modellieren. Dafür gibt es drei wesentliche Methoden:
- **Selbstwahrnehmung:** Die eigenen Gedankenabläufe werden beobachtet, und man dokumentiert, wie man die vorgegebenen Ziele erreicht.
 - **Psychologische Tests:** Das Verhalten einer Person wird beobachtet und in eine Datenbank mit ähnlichen Verhaltensweisen anderer Personen unter vergleichbaren Umständen mit ähnlichen Zielen, Ressourcen und Umgebungsbedingungen aufgenommen.
 - **Messung der Gehirnaktivität:** Die Gehirnaktivität lässt sich durch verschiedene Verfahren überwachen, zum Beispiel durch Computertomografie (CT), Positronenemissionstomografie (PET), Magnetresonanztomografie (MRT) und Magnetenzephalografie (MEG).

Nachdem Sie ein Modell erstellt haben, können Sie ein Programm schreiben, das dieses Modell simuliert. Da menschliche Denkprozesse enorm variieren und sich kaum in Programme transformieren lassen, sind die Ergebnisse jedoch rein experimenteller Natur. Diese KI-Kategorie findet sich oft in der Psychologie und in anderen Bereichen, bei denen menschliche Denkprozesse modelliert werden, um realistische Simulationen zu entwerfen.

- ✓ **KI-Systeme, die rational denken:** Wenn wir menschliches Denken auf standardisierte Weise analysieren, können wir Richtlinien zur Beschreibung typischer menschlicher Verhaltensweisen erstellen. Entspricht das Verhalten einer bestimmten Person diesen Richtlinien (mit gewissen zulässigen Abweichungen), so agiert diese Person rational. Ebenso können wir einem Computer anhand von Verhaltensrichtlinien sagen, wie er basierend auf verfügbaren Daten mit seiner Umgebung interagieren soll. Der Computer kennt also die grundlegende Vorgehensweise zum logischen Lösen eines Problems und passt sie dann an das spezifische Problem an.
- ✓ **KI-Systeme, die sich rational verhalten:** Durch Beobachten des Verhaltens von Menschen in bestimmten Situationen unter spezifischen Bedingungen können wir herausfinden, welche Methoden effizient und wirkungsvoll sind. Ein Computer, der sich rational verhält, arbeitet nach demselben Prinzip. Er nutzt bereits gelernte Verhaltensweisen zur Interaktion mit seiner Umgebung und nähert sich dann basierend auf Umgebungsfaktoren, vorherrschenden Bedingungen und verfügbaren Daten Schritt für Schritt dem Ziel.

Menschliches vs. rationales Handeln

Menschliches Handeln unterscheidet sich von rein rationalem Handeln. Eine Handlungsweise gilt als rational, wenn basierend auf vorhandenen Informationen und vorgegebenen Leistungskriterien immer die jeweils optimale Aktion durchgeführt wird. Anders ausgedrückt: Rationales Handeln hält sich streng an die Regeln und geht davon aus, dass diese Regeln korrekt sind. Bei menschlichem Handeln hingegen spielen auch Instinkt, Eingebung und andere Verhaltensmuster eine Rolle, die nicht unbedingt den Regeln entsprechen und womöglich gar die vorhandenen Daten außer Acht lassen. Beim Autofahren beispielsweise würde sich ein rational handelndes System immer an die Verkehrsregeln halten. Im Verkehr läuft allerdings nicht alles regelkonform. Andere Autofahrer machen Fehler oder legen die Verkehrsregeln großzügiger aus. Ein selbstfahrendes Auto muss dies beachten, um nicht komplett abgebremst zu werden.

KI-Systeme kommen heute schon in zahlreichen Anwendungen zum Einsatz. Die Technik funktioniert dabei so gut, dass Sie sich ihrer wahrscheinlich gar nicht bewusst sind. Einige Beispiele seien hier stellvertretend genannt:

- ✓ **Erkennung und Verhinderung von Betrug:** Wenn Ihr Kreditkartenunternehmen Sie anruft und fragt, ob ein bestimmter Kauf tatsächlich von Ihnen autorisiert wurde, dann ist das keine Neugier, sondern eine Vorsichtsmaßnahme. Grund ist meist eine Warnung durch das KI-System des Kreditkartenunternehmens, das ein auffälliges Kaufmuster entdeckt hat.
- ✓ **Ressourcenplanung:** Viele Unternehmen und Einrichtungen müssen ihre Ressourcen effizient einteilen. Ein Krankenhaus muss zum Beispiel die richtige Station und ein geeignetes Zimmer für einen Patienten bestimmen, je nachdem, welche Behandlung nötig ist, welche Fachärzte schnell erreichbar sein müssen und wie lange der Patient voraussichtlich in der Klinik bleiben wird.
- ✓ **Komplexe Analysen:** Wenn bei einer Analyse zu viele Faktoren zu beachten sind, brauchen menschliche Experten Hilfe. So könnten beispielsweise ähnliche Symptome auf mehrere gesundheitliche Probleme hinweisen. Kann der Arzt oder Sanitäter mit entsprechender Unterstützung die Diagnose schneller stellen, rettet dies oft Leben.

- ✓ **Automatisierung:** Viele Formen der Automatisierung lassen sich mit künstlicher Intelligenz verbessern. Unerwartete Ereignisse wie ein Arbeitsobjekt an der falschen Stelle können schlimmstenfalls den kompletten Prozess zum Stillstand bringen. Mithilfe von KI lassen sich solche plötzlichen Zwischenfälle bewältigen und die Prozesse ungestört fortsetzen.
- ✓ **Kundenservice:** Service-Hotlines von Unternehmen werden immer häufiger durch Computer gesteuert. Fortschrittliche Automatisierungsprozesse können vorgegebenen Skripten folgen und den Großteil Ihrer Fragen beantworten. Ist der Tonfall und die Aussprache des KI-Systems gut genug, merken Sie vielleicht gar nicht, dass Sie es eigentlich mit einem Computer zu tun haben.
- ✓ **Sicherheitssysteme:** Viele Sicherheitssysteme in Fahrzeugen sind heute auf KI angewiesen, um im Notfall die Kontrolle übernehmen zu können. Wenn ein Auto ins Schleudern gerät, erfassen automatische Bremssysteme diverse Daten (Fahrtrichtung, Drehzahl der Räder und so weiter), um das Fahrzeug sicher zum Stehen zu bringen.
- ✓ **Effizienzverbesserung für Maschinen:** Damit Maschinen effizienter arbeiten und keine Ressourcen vergeuden, werden mittels KI die optimale Arbeitsgeschwindigkeit und -leistung sichergestellt. Jedes Quäntchen Energie wird präzise genutzt, um die gewünschten Prozesse durchzuführen.

Maschinelles Lernen als Teil der KI

Maschinelles Lernen ist eines von mehreren Teilgebieten der KI und hat zum Ziel, menschliches Lernen so gut zu simulieren, dass sich das System selbstständig an ungewisse oder unerwartete Bedingungen anpassen kann. Zu diesem Zweck werden mithilfe von Algorithmen riesige Datenmengen analysiert.



Derzeit sind maschinelle Lernverfahren noch nicht so ausgereift, dass sich damit auch nur annähernd die Art von KI-System entwickeln ließe, die Sie aus Filmen kennen. Eine Maschine kann nicht so intuitiv lernen wie ein Mensch, sondern lediglich bestimmte Lernmethoden in begrenztem Umfang imitieren. Selbst die besten Algorithmen können weder denken noch fühlen. Sie haben kein Bewusstsein und können keinen freien Willen ausüben. Durch diese Einschränkungen sind viele Aufgaben, die uns Menschen sehr leicht fallen, für Maschinen äußerst schwierig.

Eine echte Stärke von ML-Systemen sind hingegen prädiktive Datenanalysen in einem Tempo, mit dem wir nicht mehr mithalten können. Die ethische und

moralische Auswertung der Analyseergebnisse obliegt jedoch weiterhin uns Menschen. Unterm Strich sorgt diese Kooperation zwischen Mensch und Maschine für deutlich effizientere Abläufe.



Die teils schwammige Unterscheidung zwischen *Lernen* und *Intelligenz* ergibt sich aus der Fehlannahme, dass eine Maschine, die ihre Aufgabe nach und nach besser erledigt (durch Lernen), ein Bewusstsein entwickelt haben muss (Intelligenz). Dafür gibt es aber keine Beweise. Ebenso unsinnig ist die Annahme, dass Computer absichtlich Fehler erzeugen, um Benutzer zu verärgern. Ein Computer hat keine Gefühle und verarbeitet schlicht die erhaltenen Eingaben, so wie es das jeweilige Programm vorschreibt. Von echter KI können wir erst dann sprechen, wenn es Computern gelingt, drei wichtige Aspekte unserer natürlichen Welt nachzuahmen:

- ✓ **Genetik:** langsame Lernprozesse von einer Generation zur nächsten.
- ✓ **Unterricht:** schnelle Lernprozesse dank organisierter Quellen.
- ✓ **Erkundung:** spontanes Lernen durch Medien und Interaktionen mit anderen.

Damit Sie Ihre Ziele bei der Anwendung maschineller Lernverfahren nicht zu hoch stecken, beachten Sie stets die vorgenannten Einschränkungen und zügeln Sie Ihre Erwartungen. Sie werden schnell erkennen, dass sich das maschinelle Lernen trotzdem vielseitig einsetzen lässt, sogar in Bereichen, in denen man eigentlich keine KI vermuten würde. Auch hier wieder einige Beispiele:

- ✓ **Zugriffssteuerung:** In vielen Fällen besteht die Zugriffssteuerung aus einer simplen Ja/Nein-Entscheidung. Die Smartcard eines Mitarbeiters gewährt den Zugang zu einem Raum auf ähnliche Weise, wie dies Schlüssel schon seit Jahrhunderten tun. Bei manchen Schlössern lassen sich zwar auch Zeitfenster festlegen, in denen der Zugang gewährt wird, aber generell sind die Möglichkeiten einer solch groben Zugriffssteuerung doch begrenzt. Mithilfe von maschinellem Lernen kann man Mitarbeitern den Zugang basierend auf ihren Rollen und Anforderungen gewähren oder verweigern. So könnte ein Schulungsraum beispielsweise Mitarbeitern vorbehalten bleiben, deren Funktion im Unternehmen tatsächlich eine Schulung erfordert.
- ✓ **Tierschutz:** Obwohl unsere Ozeane riesig sind und eigentlich allen Schiffen und Tieren genug Platz bieten, kommt es regelmäßig zu Zusammenstößen. Ein Lernalgorithmus könnte die Geräusche und Merkmale sowohl der Tiere als auch der Schiffe erlernen und so den Schiffen helfen, Tiere und

potenzielle Kollisionen zu vermeiden. (Die Schiffe würden mit Unterwassermikrofonen die Geräusche der Tiere über weite Entfernungen hinweg verfolgen und zur Ortung nutzen.)

- ✓ **Vorhersage von Wartezeiten:** Niemand verbringt gern unnötig Zeit im Wartezimmer. Erst recht nicht, wenn die Dauer unklar ist. Durch maschinelles Lernen kann eine Anwendung anhand von Daten zum verfügbaren Personal, zur Auslastung und zum erforderlichen Aufwand die voraussichtlichen Wartezeiten zuverlässig berechnen.

Deep Learning als Form des maschinellen Lernens

Wie erwähnt, ist Deep Learning eine Unterkategorie des maschinellen Lernens. Auch DL-Systeme werten riesige Datensätze aus, um daraus etwas Neues zu lernen. (In manchen Fällen genügen auch sehr kleine Datensätze zum Lernen.) Deep Learning zeichnet sich jedoch durch besonders intensive Analysen und eine stärkere Automatisierung aus. Die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Deep Learning und anderen Formen des maschinellen Lernens können wir wie folgt zusammenfassen:

- ✓ **Grundsätzlich verschiedene Paradigmen:** Maschinelles Lernen umfasst eine Reihe von Verfahren, mit deren Hilfe ein Computer aus Daten lernt und das Gelernte zumeist in Form einer Vorhersage als Antwort auf eine Problemstellung ausgibt. Normalerweise kommen dabei verschiedene Techniken zum Einsatz: statistische Analysen, die Suche nach Analogien in Daten, die Anwendung von Logik und die Verwendung von Symbolen. Im Gegensatz dazu greift Deep Learning auf eine einzige Technik zurück: das Nachahmen der Funktionsweise des menschlichen Gehirns. Die Datenverarbeitung erfolgt durch Recheneinheiten, sogenannte *Neuronen*, die in *Schichten* angeordnet sind. Das Gesamtkonstrukt wird als *neuronales Netz* bezeichnet.
- ✓ **Flexible Architekturen:** Maschinelle Lernsysteme bieten diverse Regler (*Hyperparameter*), mit denen Sie den Algorithmus und somit das Lernen aus den Daten optimieren können. Dies gilt ebenso für Deep Learning. Neben üblichen Hyperparametern wie etwa der Lernrate lassen sich hier auch die einzelnen Neuronenschichten konfigurieren. Je nach neuronalem Netz wird die Anzahl an Schichten unter Umständen sehr groß, und es entstehen einzigartige Netze für sehr spezielle Lernaufgaben – von der Bilderkennung bis hin zur Verarbeitung von Sprachbefehlen. Nun verstehen Sie sicher, was das Wörtchen »deep« hier meint: Die zur Datenanalyse genutzten Neuronen sind in so zahlreichen Schichten angeordnet, dass sich insgesamt eine Architektur ergibt, in die man sehr »tief« eintauchen kann.

- ✓ **Autonom definierte Merkmale:** Viele Verfahren des maschinellen Lernens erfordern menschliches Eingreifen. Damit die Daten korrekt ausgewertet werden, lassen ML-Profis ihr eigenes Wissen in die Algorithmen einfließen. Soll beispielsweise ein ML-System den Wert eines Hauses anhand der Raumgrößen bestimmen, müssen Sie ihm vorab beibringen, wie die Flächen der einzelnen Zimmer zu berechnen sind. Das Bereitstellen der nötigen Informationen für den Algorithmus wird als Merkmalerzeugung bezeichnet und kann viel Zeit in Anspruch nehmen. Beim Deep Learning werden die geeigneten Merkmale nicht durch Menschen, sondern durch die Schichten in den neuronalen Netzen automatisch erzeugt. Aus diesem Grund ist Deep Learning anderen Verfahren des maschinellen Lernens bei gewissen komplexen Aufgaben klar überlegen. DL-Systeme können zum Beispiel Sprache und Bilder besser erkennen, Textinhalte auswerten oder gar den menschlichen Champion im Spiel Go besiegen.



Auch ein DL-System besitzt kein Bewusstsein und kann Zusammenhänge nicht so verstehen wie wir Menschen. Es nutzt lediglich eine Art Feedbackschleife und automatisierte Berechnungen, um die Ergebnisse schneller bereitzustellen, als dies ein Mensch durch manuelles Justieren von Parametern je könnte.

Die Vorgänge in den lernenden Schichten eines DL-Netzes sind keineswegs unzugänglich oder verborgen, wie Ihnen dies so mancher Experte einreden will. Fast alles, was ein Computer erzeugt, kann auch von Menschen geprüft werden, wenngleich manchmal nur mit viel Mühe. Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) (https://ec.europa.eu/commission/priorities/justice-and-fundamental-rights/data-protection/2018-reform-eu-data-protection-rules_de) fordert sogar die Durchführung solcher Prüfungen. (Details zu den Folgen der DSGVO für die KI-Branche bieten folgende Artikel: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/DSGVO-und-KI-Unvertraeglichkeiten-beim-Datenschutz-4049785.html> und <https://www.pcmag.com/commentary/361258/how-gdpr-will-impact-the-ai-industry>.)

Bedenken Sie zudem stets die Grenzen des autonomen Lernens. Deep Learning führt nicht immer zu einem zuverlässigen oder korrekten Ergebnis. Im ungünstigen Fall könnten Sie sogar den Ruf Ihres Unternehmens aufs Spiel setzen. Man erinnere sich nur an den Fauxpas, der Microsoft mit seinem »rassistischen Chatbot« passierte (<https://www.zeit.de/digital/internet/2016-03/microsoft-tay-chatbot-twitter-rassistisch>). Selbst wenn der Programmcode keine Fehler erzeugt, könnte dies immer noch durch die genutzte

Hardware geschehen (https://www.focus.de/digital/internet/eine-totale-verletzung-der-privatsphaere-amazon-alexaschickt-unbemerkt-gespraechsaufzeichnung-an-fremde-person_id_8983071.html). Wenn Sie diese Stolpersteine beachten, eröffnet Ihnen Deep Learning beeindruckende neue Möglichkeiten (Beispiele unter <https://medium.com/@vratulmittal/top-15-deep-learning-applications-that-will-rule-the-world-in-2018-and-beyond-7c6130c43b01> und <https://machine-rockstars.com/2017/5-coole-anwendungen-fur-deep-learning-projekte-ideen-beispiele/>).

Deep Learning in der Praxis

Ob es Ihnen bewusst ist oder nicht: Deep Learning ist fester Bestandteil unseres Alltags. Zum Beispiel besitzen heute viele Fahrzeuge eine Sprachsteuerung. Diese kann zwar schon von sich aus diverse Aufgaben erledigen, aber je mehr Sie mit ihr reden, desto besser funktioniert sie. Das Programm lernt Ihre Sprachmuster und persönlichen Vorlieben. Die nächsten Abschnitte erklären genauer, wie Deep Learning in der Praxis funktioniert.

Der Prozess des Lernens

Menschen verlassen sich beim Lernen nicht nur auf Daten, sondern auch auf ihre Intuition und ihr Gefühl dafür, welche Ideen sich in die Tat umsetzen lassen. Dieses angeborene Wissen beruht zum Teil auf Instinkten, die über Generationen hinweg vererbt werden. Ein Computer kann so etwas nicht. Auch beim Umgang mit erhaltenen Informationen unterscheidet er sich vom Menschen und nutzt zum Lernen eine Datenbank bestehend aus einem neuronalen Netz mit integrierten Gewichtungen und Verzerrungen. Das neuronale Netz verarbeitet die Daten – mit der menschlichen Informationsverarbeitung hat dieser Vorgang nichts gemeinsam.

Aufgabenbewältigung mit Deep Learning

Menschen und Computer bewältigen unterschiedliche Aufgaben unterschiedlich gut. Menschen können besser Schlussfolgerungen herleiten, ethische Lösungen sorgfältig durchdenken und emotionale Faktoren einbeziehen. Hauptaufgabe eines Computers ist es, Unmengen von Daten möglichst schnell zu verarbeiten. Deep Learning kommt darum in Szenarien zum Einsatz, in denen bestimmte

Muster in riesigen Datenmengen aufgespürt werden sollen. Ein solches Problem lässt sich nicht durch Intuition oder genaues Hinschauen lösen. Unter <http://www.yaronhadad.com/deep-learning-most-amazing-applications/> finden Sie rund dreißig Beispiele, wie Deep Learning derzeit genutzt wird. Bei quasi jedem Beispiel führt der Weg zur Lösung des Problems über die schnelle Verarbeitung einer großen Datenmenge, die Suche nach Mustern und das Herleiten des gewünschten Ergebnisses mithilfe der erkannten Muster.

Deep Learning als Bestandteil größerer Anwendungen

Deep Learning kann nicht nur als eigenständige Methode genutzt werden, so wie in diesem Buch, sondern auch als Bestandteil einer viel größeren Anwendung und in Kombination mit anderen Verfahren. Häufig wird Deep Learning mit Expertensystemen kombiniert. (Eine kurze Erläuterung dieser Systeme und ihrer Beziehung zur KI finden Sie unter <https://innovationsblog.dzbank.de/2017/10/18/warum-expertensysteme-nicht-als-teilgebiet-von-kuenstlicher-intelligenz-wahrgenommen-werden/>.) Echte Praxisanwendungen bestehen nicht nur aus Zahlenspielen, sondern müssen mit unterschiedlichen Datenquellen umgehen können. Eine Kamera, die Bild- und Tondaten erfasst, braucht zur Auswertung sicher eine andere DL-Lösung als ein Temperatursensor oder Bewegungsmelder, der einfache Zahlenwerte oder aufzubereitende analoge Daten ausgibt. In der Praxis erwarten uns uneinheitliche Systeme und komplexe Probleme, denen wir mit einem umfangreichen Arsenal an Lösungsansätzen begegnen müssen.

Programmierungsumgebung für Deep Learning

Um eigene DL-Anwendungen zu erstellen, müssen Sie sich nicht zwingend irgendeine exotische Programmiersprache aneignen. Zwar hätten Sie mit einer geeigneten Sprache mehr Flexibilität bei der Anwendungsentwicklung, aber mit Produkten wie Deep Learning Studio können Sie DL-Lösungen auch komplett ohne Programmieraufwand entwickeln. (Eine kurze Videoeinführung gibt es unter <https://www.youtube.com/watch?v=SU3EoKhHmx0> und einige Tipps auf Englisch unter <https://towardsdatascience.com/is-deep-learning-without-programming-possible-be1312df9b4a>.) In derartigen Softwarelösungen beschreiben Sie Ihre gesuchten Ergebnisse mithilfe von grafischen Modellen.

Bei bekannten Problemstellungen kommen Sie auf diese Weise schon recht weit. Bei komplizierteren oder neuen Aufgaben stoßen die Programme allerdings schnell an ihre Grenzen.

Cloud-Lösungen für Deep Learning, wie die von Amazon Web Services (<https://aws.amazon.com/de/deep-learning/>), sorgen ebenfalls für mehr Flexibilität. Meist vereinfacht sich dadurch auch die Entwicklungsumgebung, da diese Lösungen so viel oder so wenig Funktionalität bieten, wie Sie wünschen. AWS beispielsweise unterstützt diverse Arten der serverlosen Datenverarbeitung (<https://aws.amazon.com/de/serverless/>), bei der Sie sich um die Infrastruktur keine Gedanken mehr machen müssen. Diese Lösungen belasten allerdings Ihren Geldbeutel. Und obwohl sie flexibler sind als vorgefertigte Systeme, können auch sie mit der Flexibilität einer echten Entwicklungsumgebung nicht mithalten.

Produkte wie MATLAB (<https://de.mathworks.com/help/deeplearning/ug/deep-learning-in-matlab.html>), dessen Repertoire ein DL-Toolkit beinhaltet, konzentrieren sich stärker auf die zu entwickelnden Algorithmen und können ebenfalls für Deep Learning genutzt werden. Auch hier profitieren Sie aber von der vollen Funktionalität nur, wenn Sie zumindest das Schreiben geeigneter Skripte beherrschen. Zudem arbeiten einige dieser Umgebungen nicht besonders schnell – Ihre gesuchten Ergebnisse lassen unter Umständen etwas auf sich warten.



Wenn Sie sich ernsthaft mit Deep Learning beschäftigen möchten, kommen Sie um das Programmieren nicht herum. Leider werden im Web bei Rezensionen die KI, maschinelles Lernen und Deep Learning oft in einen Topf geworfen, obwohl sich die Anforderungen an die Programmiersprache jeweils unterscheiden. Eine gute DL-Lösung erfordert Multiprocessing, vorzugsweise durch einen Grafikprozessor (GPU) mit vielen Kernen. Ihre gewählte Programmiersprache muss den Grafikprozessor mit kompatiblen Bibliotheken oder Paketen unterstützen. Sie sollten also bei der Auswahl einer Sprache genau überlegen, ob sie wirklich all Ihre Anforderungen erfüllt. Beliebte Sprachen für Deep Learning sind Python, R, MATLAB (die Skriptsprache, nicht das Produkt) und Octave (siehe auch <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/which-programming-language-is-considered-to-be-best-for-machine>).

Wenn Sie sich für eine Programmiersprache entscheiden – sei es Python oder R oder eine der vielen Alternativen (siehe <https://www.geeksforgeeks.org/top-5-best-programming-languages-for-artificial-intelligence-field/>) –, beachten Sie insbesondere die folgenden Aspekte:

- ✓ **Lernkurve:** Welche Sprache Sie leicht oder schwer finden, hängt von Ihren Erfahrungen ab. Haben Sie schon einige Jahre programmiert, fällt Ihnen Python sicher leicht. Sind Sie mit der funktionalen Programmierung vertraut, käme R infrage. MATLAB oder Octave eignen sich für Mathematiker und Ingenieure.
- ✓ **Geschwindigkeit:** DL-Lösungen verschlingen viel Rechenleistung. Da es sich bei R um eine Sprache für statistische Aufgaben handelt, wird oft behauptet, dass R statistische Berechnungen besser unterstützt und somit schnellere Ergebnisse liefert. Python kompensiert dies aber durch seine Unterstützung für parallele Programmierung – vorausgesetzt, Sie besitzen die nötige Hardware.
- ✓ **Community:** Gibt es einen großen und aktiven Benutzerkreis, finden Sie leichter Hilfe bei der Definition von Lösungen oder bei der Suche nach vorgefertigten Algorithmen. Python bietet hervorragende Unterstützung durch die Community – bei einer Lösung wie Octave sieht es nicht ganz so gut aus.
- ✓ **Kosten:** Die Kosten hängen von Ihrer gewählten Sprache und Ausführungsumgebung ab. MATLAB beispielsweise ist ein proprietäres Produkt, das Sie kaufen müssten. Andere Sprachen sind zwar an sich kostenlos, haben aber unter Umständen versteckte Kosten. Möchten Sie Ihren Code zum Beispiel in der Cloud ausführen, könnten dafür Gebühren anfallen.
- ✓ **Unterstützung von Frameworks:** Frameworks erleichtern Ihnen die Arbeit mit Ihrer Programmiersprache, sollten aber mit allen anderen Komponenten Ihrer Lösung harmonieren. Die zwei beliebtesten Frameworks sind TensorFlow und PyTorch. Nur Python unterstützt beide Frameworks und bietet hier die höchste Flexibilität. MATLAB verwendet Caffe, und R nutzt TensorFlow.
- ✓ **Einsatzbereitschaft:** Die gewählte Programmiersprache muss natürlich die Art von Ausgaben unterstützen, die Sie für Ihr Projekt benötigen. Als Allzweckssprache glänzt Python in dieser Hinsicht. Andere Sprachen mit spezifischeren Ausführungsumgebungen könnten sich jedoch bei manchen Projekten als hilfreich erweisen und sollten ebenfalls erwogen werden.

Deep Learning: Hype vs. Realität

Deep Learning wird leider allzu oft als übermächtige Wunderwaffe verstanden, die überall zum Einsatz kommt und jedes Problem löst. In gewissem Sinne ist Deep Learning ein Opfer seiner eigenen Medienkampagne. Die folgenden Abschnitte sollen Ihnen helfen, Deep Learning realistischer zu betrachten.

Ihre ersten Schritte

Die Entwicklung eigener DL-Lösungen ist keine Angelegenheit, die Sie mal eben schnell nebenbei erledigen können. Die Infografik zu Deep Learning mit Python unter <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/08/infographic-complete-deep-learning-path/> vermittelt einen guten Eindruck, wie aufwendig das Ganze ist. Es wird jede Menge Grundwissen vorausgesetzt, das Sie sich möglicherweise erst aneignen müssen. Und wenn Sie dann einige Projekte selbst entwickeln, merken Sie bald, dass Sie Ihre Erwartungen durch den Hype um Deep Learning zu hoch gesteckt haben: Die Technologie ist nämlich noch nicht ausgereift, und bei der Arbeit mit den vorhandenen Tools kommt es einem so vor, als wolle man eine Siedlung auf dem Mond errichten oder im Marianengraben tauchen. Die ersten Probleme lassen nicht lange auf sich warten, und kaum haben Sie ein Verfahren im Griff, gibt es wieder irgendeine Neuentwicklung, an die Sie Ihr Projekt anpassen müssen.

Sogar Branchenriesen wie Microsoft oder Amazon haben Probleme mit ihren DL-Initiativen, weil ihre eigenen Techniker mit unrealistischen Erwartungen an die Sache herangehen. Machen Sie nicht denselben Fehler. Rufen Sie sich immer in Erinnerung, dass es beim Deep Learning nicht um tatsächlich denkende und fühlende Computer geht, sondern allein um Mathematik und Muster in Daten. Mehr steckt wirklich nicht dahinter.

Ungeeignete Szenarien für Deep Learning

Deep Learning ist nur eine von vielen Methoden und nicht immer die beste. Expertensysteme beispielsweise gelten zwar als veraltet, spielen aber trotzdem eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von selbstfahrenden Autos (siehe <https://aitrends.com/ai-insider/expert-systems-ai-self-driving-cars-crucial-innovative-techniques/>).

Die KI und speziell Deep Learning landen auch oft in den Schlagzeilen, wenn die Technologie die Erwartungen verfehlt, weil sie nicht mit der nötigen Sorgfalt eingesetzt wurde. Solche Pannen finden Sie zum Beispiel unter <https://www.>

techrepublic.com/article/top-10-ai-failures-of-2016/ und <https://www.internetworld.de/technik/kuenstliche-intelligenz-versagt-1452176.html>. Einige dieser Malheure verdeutlichen, dass Computer eben keine ethischen oder gefühlsbasierten Entscheidungen treffen können, da es ihnen schlicht am nötigen menschlichen Feingefühl fehlt.

Die größten Herausforderungen beim Deep Learning ergeben sich also durch die teils langsame Verarbeitung und das fehlende menschliche Denkvermögen. Auch wenn nicht genug Daten zum Training der Algorithmen vorhanden sind, stößt Deep Learning an seine Grenzen. Häufige Ursachen für Probleme beim maschinellen Lernen und Deep Learning sind unqualifizierte Teams ohne Datenexperten, mangelhafte Daten, ungeeignete Infrastrukturen, schlecht durchdachte Strategien und fehlinterpretierte Ergebnisse (https://www.sas.com/en_us/insights/articles/big-data/5-machine-learning-mistakes.html). Ohne die richtigen Ressourcen ist Deep Learning zum Scheitern verurteilt.