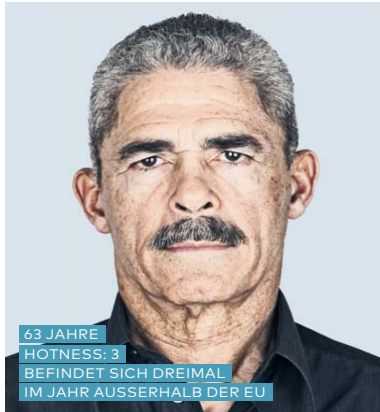




24 JAHRE  
HOTNESS: 8  
MACHT SICH GERN  
JÜNGER, ALS SIE IST



63 JAHRE  
HOTNESS: 3  
BEFINDET SICH DREIMAL  
IM JAHR AUSSERHALB DER EU



31 JAHRE  
HOTNESS: 6  
HAT SCHON MAL  
ETWAS MITGEHEN LASSEN

In „Gordon's Wine Bar“, der ältesten ihrer Art mitten in London, ist es unmöglich, unerkant zu bleiben. Denn der Besitzer Simon Gordon hat jeden einzelnen seiner Kunden genau im Blick. Gordon hatte sich jahrelang darüber geärgert, dass es in seiner vollen Bar ständig zu Taschendiebstählen und Sachbeschädigungen kam, die von der Polizei so gut wie nie aufgeklärt wurden. Er entwickelte eine kleine Software, die er Facewatch nannte: Mit ihrer Hilfe lassen sich Diebstähle, Randalen oder Prügeleien über das Internet sofort an die Polizei melden und Fotos aus Überwachungskameras weiterleiten. Die Polizei kann so Vorfälle schneller aufklären – und oft findet sich das Bild eines Täters gleich mehrfach in der Datenbank, in der alle übersandten Fotos gespeichert werden.

VON FANNY JIMÉNEZ UND JOHANNES GIESLER

Seit 2010 ist das Tool auf dem Markt. Bald wird es wohl jede englische Polizeidienststelle nutzen, so erfolgreich ist es inzwischen. Zusammen mit den 7000 Firmen, die die Software schon installiert haben, gelingt es, im Schnitt ein Drittel mehr Diebstähle aufzuklären als zuvor, in manchen Gegenden sind es sogar bis zu 80 Prozent. Und in ein paar Wochen wird Facewatch noch weitergehen: Ein neuer, selbstlernender Algorithmus wird blitzschnell die Datenbank mit den Tausenden Gesichtern durchsuchen und einen Abgleich durchführen, sobald jemand zur Tür hereinkommt. Findet der Algorithmus in der Datenbank einen Eintrag zu dem Gesicht an der Tür, alarmiert die Software den Besitzer – noch bevor der Kunde etwa den Tresen von „Gordon's Wine Bar“ erreicht hat.

Vor wenigen Jahren noch wäre ein biometrischer Abgleich dieser Größenordnung undenkbar gewesen. Ein Gesicht zu lesen ist für Menschen eine Kleinigkeit – für Computer war es lange unmöglich. Seit den 50er-Jahren versuchten Forscher, Maschinen zu zeigen, wie genau das geht. Wie man typische Züge eines Gesichts erkennt, auch wenn es sich bewegt. Wie man es von dem Gesicht eines Tieres unterscheidet oder von dem einer Maske. Wie man das Geschlecht erkennt, das ungefähre Alter. Welche Regungen welche Gefühle ausdrücken, was ein Gesicht vertrauenswürdig macht und was nicht. Computern all das beizubringen, indem man die Regeln für sie programmiert, war zeitaufwendig und an die Fähigkeiten der Programmierer geknüpft. Es funktionierte nicht, sonderlich gut.

Ausprobierten die Forscher es anders: Sie brachten Computern bei, die Regeln selbst zu lernen. Diese Methode, Deep Learning genannt, basiert auf künstlichen neuronalen Netzwerken. Es hat die Gesichtserkennung revolutioniert. Mit Deep Learning geht alles, was vorher nicht funktioniert hat, jetzt ganz leicht. Das eröffnet ganz neue Möglichkeiten der Kontrolle – und ein gigantisches Geschäftsfeld. Wenn Computer heute ein Gesicht sehen, können sie in ihm lesen, wer sich dahinter verbirgt, ob er lägt, spielsüchtig ist, zu müde, um noch Auto zu fahren. Ob er gerade aufgeregt ist, ein Dieb oder sich jünger macht, als er ist.

Letzteres interessiert zum Beispiel die Entwickler der Website howhot, die in den vergangenen Wochen für viel Wirbel sorgte. Luc van Gool hatte zusammen mit zwei anderen Wissenschaftlern der ETH in Zürich eine Software entwickelt, die aus hochgeladenen Fotos von Internetnutzern nicht nur das Alter und Geschlecht der auf dem Foto abgebildeten Person schätzt, sondern auch, wie attraktiv derjenige ist. Von einem „Hmm“ über „okay“ und „nice“ bis hin zu „hot“, „stunning“ und „godlike“ reicht die Skala. Mehr als fünf Millionen Besucher hatte die Website seit der Freischaltung im Januar. Alle wollten wissen, für wie schön der Computer sie und andere hielt.

Früher hätte man für eine solche Software dem Rechner helfen müssen, Schönheit zu definieren. Ihm sagen müssen, worauf er achten soll, auf eine reine Haut etwa oder symmetrische Züge. Doch van Gool und seine Kollegen haben dem Computer nichts dergleichen mitgegeben. Das Einzige, was der Rechner erhielt, waren 13.000 Porträtfotos und 17 Millionen Bewertungen dieser Fotos. Sie stammen von der Schweizer Dating-App Bling, die ähnlich wie Tinder funktioniert. Wer gut aussieht, hatte dort bessere Bewertungen als jemand, der nicht so gut aussah. Was Schönheit ist, sollte der Rechner damit selbst herausfinden. Und das tat er auch.

Hinter howhot steckt Deep Learning, ein tiefes neuronales Netzwerk. Solch ein Netzwerk ist aufgebaut wie das menschliche Gehirn, erschaffen von Programmierern. Künstliche Nervenzellen

werden in mehrere Ebenen eingeteilt, die nach und nach Informationen entschlüsseln, etwa die eines Porträtfotos. Jede nachfolgende Ebene nutzt dazu Informationen aus der vorherigen, in jeder Ebene weiß das Netzwerk mehr darüber, was sich auf dem Bild befindet.

Verbunden sind die Ebenen über künstliche Nervenbahnen, digitale Kommunikationsstraßen, durch die die Informationen fliegen. Kommen in der ersten Ebene die Pixeldaten aus dem Foto einer Person an, werden dort zunächst nur die Helligkeitswerte verarbeitet. In der zweiten Ebene erkennen die künstlichen Neuronen, dass einige der hellen und dunklen Punkte zu Kanten verbunden sind, in der dritten, dass diese Linien bilden oder andere Formen.

Dann erkennen sie Augen, Mund und Nase. Je tiefer die Ebene, in der die Pixeldaten im neuronalen Netzwerk verarbeitet werden, umso komplexer ist der Erkenntnis. Am Ende weiß das Netzwerk nicht nur, dass ein Gesicht zwei Augen haben muss, es weiß auch, bei welchem Abstand zwischen den Augen die meisten Menschen ein Gesicht für schön halten. „Das neuronale Netzwerk lernt selbstständig, welche Merkmale es wann beachten sollte und welche Stufen es durchlaufen muss, um zu einer guten Klassifizierung zu kommen“, sagt van Gool. Wie genau es das tut, wissen die Entwickler nicht. „Das ist wie

# Total

# DURCHSCHHAUT

Ein Gesicht zu erkennen und in ihm zu lesen ist für Menschen selbstverständlich. Für Computer war es lange Zeit ein Problem. Jetzt aber gibt es Algorithmen, die so lernen wie das menschliche Gehirn. Sie revolutionieren das Feld – und werden nicht nur Lügner schneller entlarven, als Menschen das können



23 JAHRE  
HOTNESS: 6  
SCHLÄFT GERN  
BEI 19 GRAD CELSIUS



38 JAHRE  
HOTNESS: 5  
IST SPIELSÜCHTIG



31 JAHRE  
HOTNESS: 10  
HAT EBEN GELOGEN



WIR WISSEN NICHT GENAU, WAS DAS NEURONALE NETZWERK LERNT. DAS IST WIE BEIM MENSCHLICHEN GEHIRN – DA KANN MAN JA AUCH NICHT REINSCHAUEN

LUC VAN GOOL, ETH Zürich

beim menschlichen Gehirn – da kann man ja auch nicht einfach reinschauen.“ Einmal losgelassen, handelt der Algorithmus selbstständig. Beim Deep Learning bestimmt der Computer, wohin es geht. Nicht was er lernt, aber wie er es lernt. Der Mensch wird fast außen vor gelassen.

Das Potenzial, das Deep Learning für die Gesichtserkennung bietet, ist riesig. In Deutschland wird die Technik vor allem angewendet, wenn es um Sicherheitsfragen geht. Der Biometrie-Experte Christoph Busch hat für das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik das Projekt „BioFace“ geleitet, in dem untersucht wurde, wie zuverlässig Software Gesichter erkennen kann. Resultat dieses Projekts war das biometrische Foto, das sich heute in jedem deutschen Pass befindet.

Seit 2015, sagt er, werden an sechs deutschen Flughäfen die Fortschritte bei der Gesichtserkennung im Projekt „EasyPass“ genutzt: in Hamburg, Berlin-Tegel, München, Frankfurt, Köln/Bonn und Düsseldorf kann man als EU-Bürger die Grenzkontrolle selbst durchführen. Man legt den Reisepass auf ein Lesegerät, dann schießt eine Kamera frontal ein Porträt. Schnell wird abgeglichen, ob der Mensch auf dem Foto derselbe ist wie der vor der Kamera – egal, ob er inzwischen um fünf Jahre gealtert ist, eine andere Frisur trägt oder einen Bart. Das funktioniert

gut, die Erfolgsrate liegt bei 94 Prozent. Sechs von 100 Reisenden weist das System zurück, weil sich deren Identität nicht bestätigen lässt, nur einen von tausend lässt es passieren, obwohl es ihn besser aufhalten sollte. Um den Datenschutz zu gewährleisten, werden die Bilddaten nicht direkt verglichen, sondern erst in einen sogenannten Hash-Wert umgerechnet, einmal für das Foto im Pass, einmal für das Foto der Kamera. Stimmen die beiden Zahlenwerte überein, gilt die Identitätsprüfung als bestanden – und niemand, der die Daten stehlen will, kann etwas mit den Hash-Werten anfangen.

Historisch gesehen gebe es in Europa eine viel stärkere Datenschutzkultur als überall sonst, sagt Busch. Deswegen sei man auch in Deutschland mit anderen Anwendungen vorsichtig, die biometrische Daten verlangen würden. „Das wird nur dann aufgeweicht, wenn es eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit gibt wie etwa zuletzt in Paris.“ Vereinzelt können aber auch Unternehmen die biometrischen Verfahren der Gesichtserkennung nutzen. Casinos etwa dürfen nach Angaben des Bundesverbands deutscher Spielbanken Fotos von den Gesichtern ihrer Kunden mit den Einträgen in der bundesweiten Sperrdatei abgleichen – und Spielsüchtige, die sich zu ihrem eigenen Schutz haben sperren lassen, gleich an der Tür abweisen.



22 JAHRE  
HOTNESS: 10  
RANDALIERT UNTER  
ALKOHOLEINFLUSS



79 JAHRE  
HOTNESS: 2  
RAUCHT EINE HALBE  
SCHACHTEL ZIGARETTEN AM TAG



74 JAHRE  
HOTNESS: 2  
ZWEIFELT AN DEM,  
WAS SIE GERÄDE HÖRT



26 JAHRE  
HOTNESS: 8  
HAT EINEN PULS VON 80



29 JAHRE  
HOTNESS: 6  
IST ZU MÜDE,  
UM JETZT AUTO ZU FAHREN



16 JAHRE  
HOTNESS: 9  
FINDET DAS SCHULFACH  
GEOGRAFIE LANGWEILIG

Mit einem Blick Schönheit, Alter und andere Merkmale eines Menschen erkennen: So oder ähnlich würde das Urteil einer Gesichtserkennungssoftware aussehen

trumpfen die selbstlernenden Algorithmen Menschen schon gelegentlich, wenn es darum geht, Gefühle oder Lügen im Gesicht richtig zu lesen und zu deuten – eine Fähigkeit, die eigentlich un-menschlich scheint und viel schwieriger zu erlernen sein sollte. So hat ein Forschersteam um die US-Informatikerin Rada Mihalcea gerade eine Deep-Learning-Software vorgestellt, die Lügen besser enttarnt, als Menschen es tun. Der Algorithmus erwischte fast 80 Prozent der Lügner, während es menschliche Beobachter nur auf rund 50 Prozent brachten. Die Software wurde mit Videoaufnahmen aus Gerichtsverfahren trainiert. Sie sollte bei Menschen, die lügen, nach Zeichen in der Mimik und Gestik suchen, die sich von denen, die bei der Wahrheit blieben, unterscheiden. So fand die Software etwa heraus, dass Lügner ihrem Gegenüber häufiger in die Augen sahen und weniger lächelten als jene, die die Wahrheit sagten.

Andere Wissenschaftler versuchen, aus winzigen Bewegungen in der Mimik die Basis-Emotionen Ärger, Trauer, Angst, Freude, Überraschung und Ekel zu lesen. So hat das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen in Erlangen mit Shore eine Software zur Gesichtserkennung entwickelt, die Autisten oder Menschen mit Sehebehinderungen helfen könnte, die Gefühle ihres Gegenübers besser einzuschätzen. Das geht entweder über eine Datenbrille wie Google Glass, die neben den Gesichtsausdruck eines Menschen das gezeigte Gefühl schreibt, oder aber indem zum Beispiel beim Chatten oder Skypen das Programm mitläuft und die Gefühle des Interaktionspartners in Echtzeit ausgibt. In etwa 90 Prozent der Fälle liegt die Software richtig.

Im Januar kaufte Apple das Start-up-Unternehmen Emotient, eine Firma aus San Diego, die mithilfe tiefer künstlicher Netzwerke von Gesichtsausdrücken auf die zugrunde liegenden Gefühle schließt. Werbeunternehmen können damit testen, wie Internetnutzer auf ihre Anzeigen reagieren, Supermärkte, wie ihre Kunden auf Angebote im Laden reagieren. Auch Microsoft experimentiert im „Project Oxford“ damit, aus einem Foto zu lesen, wie es jemandem geht. Ein ähnliches Angebot zur Emotionsanalyse gibt es auch von Kairos, einer Firma aus Miami, die die IBM, VW und Nike zu ihren Kunden zählt.

Im Moment, sagt Rana el Kaliouby von der Firma Affectiva, habe die meiste Technologie zwar viel IQ, aber kaum EQ – sie sei schlau, aber nicht emotional intelligent. Zu intelligentem Verhalten gehöre es aber, Gefühle zu erkennen und auf sie angemessen zu reagieren. 3,8 Millionen Gesichter aus über 70 Ländern sind daher in der Datenbank von Affectiva gespeichert, einem Unternehmen, das aus dem Media Lab des Massachusetts Institute of Technology in Cambridge entstand. Affectiva erkennt in einem Gesicht nicht nur die Gefühle, die Software kann aus Änderungen in der Gesichtsfarbe sogar den aktuellen Puls berechnen. Sie soll unter anderem über eine Kamera im Auto prüfen, wie müde Autofahrer gerade sind, sie soll Beleuchtung, Musik und Temperatur im eigenen Zuhause über Gesichtserkennung automatisch an die Stimmung des Besitzers anpassen oder dabei helfen zu erkennen, wann ein Lehrbuch langweilig oder unverständlich wird für den, der es liest.

Die Möglichkeiten scheinen grenzenlos. Wenn ein Computer sich erst einmal nicht mehr an vorgefertigte Kriterien und Regeln eines Programmierers halten muss, dann kann er eigene Regeln entdecken und verinnerlichen, die vielleicht viel besser funktionieren als die von Menschen erdachten. Fragt man Jürgen Schmidhuber, den Pionier des Deep Learning, nach der Zukunft in der Gesichtserkennung, dann sagt er: „Kameras werden bald das ganze Leben aufzeichnen. Es wird so gut wie keine Privatsphäre mehr geben. Nicht so wie bei Orwell, das einer über alle Bescheid weiß, nein. Alle werden über alle Bescheid wissen.“

Er sagt es so, als hätte man keine Wahl. Simon Gordon jedenfalls, der Besitzer von Facewatch, weitet sein Geschäft jetzt aus. In der alten kleinen Weinbar, in der er Facewatch erstmals testete, kann er nicht mehr allzu viel Zeit verbringen. Die Londoner Hotels interessieren sich seit einiger Zeit für seine Software, viele von ihnen hat er schon mit Facewatch verknüpft. Und Gordon hat noch eine neue Idee: Die Software „Neighborhood watch“ soll das Leben in den Straßen und Wohnhäusern Londons sicherer machen. „Gesichtserkennung wird in der Öffentlichkeit bald abheben“, sagt er. „Sie wird bald überall sein.“ Die Worte sind fast dieselben wie die von Jürgen Schmidhuber. Aber wenn Simon Gordon sie ausspricht, klingt das enthusiastischer.

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

AB 2000

Wissenschaftler arbeiten an einer universellen Theorie der künstlichen Intelligenz. Sie schätzen, dass um das Jahr 2020 herum Computer eine Kapazität haben werden, die gemessen an reiner Rechenleistung der eines menschlichen Gehirns gleicht.

1990–2000

In dieser Zeit gibt es enorme Fortschritte in der künstlichen Intelligenz – vor allem aufgrund der größeren Datenmengen, die durch den ständigen Zuwachs an Speicherplatz verarbeitet werden können. Die ersten menschenähnlichen Roboter werden gebaut, Schachgenie Garri Kasparow wird erstmals von einem IBM-Computer geschlagen.

1980–1990

Die Forschung zu künstlicher Intelligenz weitet sich an den Universitäten weltweit aus. Die ersten funktionierenden neuronalen Netze nehmen ihre Arbeit auf.

1950

Ray Solomonoff begründet zusammen mit Gregory Chaitin und Andrey Kolmogorov die sogenannte algorithmische Informationstheorie, die im Gegensatz zur klassischen Informationstheorie die Kolmogorov-Komplexität zur Bestimmung des Informationsgehalts verwendet.

1935–1941

Der deutsche Bauingenieur und Erfinder Konrad Zuse baut den ersten funktionstüchtigen, vollautomatischen, programmgesteuerten und frei programmierbaren Computer der Welt.

1936

Alan Turing ist der Erfinder der Turing-Maschine und entscheidend während des Zweiten Weltkrieges die deutschen Funkprüfer, die mit der Enigma verschlüsselten worden sind. Außerdem entwirft er den Turing-Test, bei dem geprüft wird, ob eine Maschine eine dem Menschen gleichwertige Intelligenz hat.

1931

Der Mathematiker Kurt Gödel legt die Grundlagen für die theoretische Informatik, die sich damit beschäftigt, wie Informationen aufgebaut sind, wie sie verarbeitet, übertragen und wiedergegeben werden können. Gödel veröffentlicht die erste universelle formale Sprache und zeigt, dass sich in einem widerspruchsfreien Axiomensystem nicht immer feststellen lässt, ob eine mathematische Aussage zutrifft oder nicht.

Quelle: Jürgen Schmidhuber

Wie viel Gefühl ist im Gesicht?

Algorithmen, die für die Emotionsanalyse genutzt werden, konzentrieren sich bisher nur auf das Gesicht. Experten sehen das kritisch. Viele Gefühle sehe man in anderen Körperteilen viel deutlicher, weil man diese nicht so gut kontrollieren kann wie das Gesicht. Joe Navarro, der für das FBI jahrelang Spionen gegenübersteht und in leere Mienen starrte, findet die Schultern, Hände und Füße ebenso aussagekräftig. Ein Problem ist ihm zufolge auch, dass ein Algorithmus zwar ein Gefühl im Gesicht entdecken kann, aber nicht die Ursache findet. Zusammengepresste Lippen können bedeuten, dass jemand gerade seinen Job verloren hat, unter Flugangst leidet oder aber eine Bombe im Gepäck hat. Mimikexperte Dirk W. Eilert kritisiert auch, dass ein Algorithmus nicht das nonverbale Standardverhalten berücksichtigt. So rümpfen Brillenträger oft die Nase, weil ihr Gestell verrutscht – für eine Software aber sieht das aus wie Ekel.

Andere Länder gehen schon viel weiter. Nicht nur in den USA, wo etwa Simon Gordons Facewatch-Software ebenfalls gut angelaufen ist und Firmen wie Kraft oder Adidas überlegen, Gesichtserkennung in Supermärkten einzusetzen, um je nach Geschlecht und Alter kundenspezifische Werbung zu schalten. Auf einem Bildschirm neben der Kasse könnten Raucher bald ihre liebste Zigarettenmarke sehen – auch, wenn sie gerade versuchen, mit dem Rauchen aufzuhören.

China nutzt in Peking ein System wie EasyPass, aber im Transportwesen. Wer biometrisch verifiziert wurde, darf den Zug benutzen. In Japan werden über eine Gesichtserkennungs-Software der Firma Omron Prominente und VIPs in Hotels und Restaurants ausfindig gemacht, um die man sich besonders kümmern will, und Angestellte werden mit der „Smile scan“-Software trainiert, ihre Kunden bestmöglich anzulächeln. Es scheint kaum Grenzen zu geben für die Anwendungen der neuen selbstlernenden Algorithmen in der Gesichtserkennung.

Jürgen Schmidhuber vom Schweizer Forschungsinstitut für Künstliche Intelligenz beschäftigt sich schon seit 1990 mit Deep Learning. Seine selbstlernenden Algorithmen waren die ersten, die herkömmliche Algorithmen übertrafen und internationale Wettbewerbe gewannen. Sie machten viel weniger Fehler, nicht nur in der

Bildererkennung, auch bei der Handschrifterkennung, Spracherkennung und maschinellen Übersetzung. Google, Microsoft, IBM, Baidu, sie alle nutzen, was er entworfen hat. Hunderttausendmal schneller sind die neuronalen Netzwerke in den vergangenen 25 Jahren geworden – und in den nächsten 50 Jahren werden sie wohl noch zehn Milliarden Mal schneller werden.

Das macht Deep Learning so erfolgreich. Denn um Probleme zu lösen, braucht es vor allem riesige Datenmengen und Speicherkapazitäten. Je komplexer das Problem, desto mehr Ebenen, Daten und Speicherplatz braucht ein künstliches neuronales Netzwerk. Anfangs ist es völlig unbedarft: Die Berechnungen in den Nervenbahnen geschehen rein zufällig, die Ergebnisse sind chaotisch. „Anfangs kommt Unsinn raus. Das Netzwerk mit den vielen kleinen Kunstneuronen ist zunächst doof, es weiß nichts. Aber es lernt, ein wenig wie ein kleines Baby, durch Versuch und Irrtum“, sagt Schmidhuber.

Das künstliche Gehirn muss Erfahrungen sammeln, es muss trainieren und lernen, um Gesichter erkennen und in ihnen lesen zu können. Mit jedem Durchgang erzielt es bessere Ergebnisse. Es lernt schnell, wird immer besser. „Und am Ende kann es manche Dinge besser als ein Mensch.“ Bei der reinen Gesichtserkennung ist das bisher noch nicht der Fall. Dafür aber über-