Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 79 (2021)
Heft: 2

Artikel: Künstliche Intelligenz in der Astronomie
Autor: Walder, Claudia
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1049416

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wenn der Begriff «künstliche Intelligenz» fällt, assoziiert man es automatisch mit Robotern. Der Begriff muss aber viel weiter gefasst werden, wie unser Fokus-Thema auf den folgenden Seiten behandelt.

Bild: Am 30. April 2020 packte die NASA-Astronautin Anne McClain den ersten Astrobee-Roboter namens Bumble im Kibo-Modul der Internationalen Raumstation aus und arbeitete mit Astrobees Team im Ames Research Center der NASA im kalifornischen Silicon Valley zusammen, um eine erste Reihe von Tests durchzuführen.

Bild: NASA

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER ASTRONOMIE

Do NOT touch
this FROST!!

MIT IMMER GRÖSSEREN DATENMENGEN IN DER ASTRONOMIE ZUNEHMEND NEUE MÖGLICHKEITEN UND METHODEN.

Fällt das Stichwort «Künstliche Intelligenz», tauchen in den Köpfen vieler Menschen, die nicht im Bereich der Computerwissenschaften arbeiten, Bilder von unnatürlich regelmässigen – meist weissen – Gesichtern auf, die als Hologramme oder auf grossen Bildschirmen die Geschicke der Menschheit bestimmen, was je nach Drehbuch zu deren Rettung oder Zerstörung führt. Während diese Art der Künstlichen Intelligenz (KI) im Moment vor allem Stoff von Science-Fiction ist, hat eine andere Art der Künstlichen Intelligenz längst unseren Alltag erobert und in Wissenschaften wie der Astronomie Einzug gehalten. Die sogenannte «schwache KI» bezeichnet Anwendungen, die sich auf einzelne Bereiche beschränken und in diesen «intelligent» handeln. Mit der allgemeinen menschlichen Intelligenz können sie aber nicht mithalten. Beispiele für solche Anwendungen sind der Spam-Filter im E-Mail-Account, die Spracherkennungssoftware Siri von Apple oder die Google-Suchmaschine.

Auch in der Astronomie wird KI mehr und mehr zu einem wichtigen Werkzeug, das aber die Forschenden nicht ersetzt, sondern unterstützt. So wäre wohl der neue NASA-Marsrover Perseverance, der im Februar 2021 erfolgreich auf unserem roten Nachbarplaneten gelandet ist, seinen Aufgaben ohne KI kaum gewachsen. Und das erste Bild eines Schwarzen Lochs konnte das Event-Horizon-Projekt nur dank der Hilfe von hochentwickelten Computer-Algorithmen erstellen. Diese mussten die Informationen verschiedener Teleskope zusammenführen und fehlende Bildpunkte plausibel ergänzen.

> «95 Prozent der Daten wird wohl nie ein Mensch persönlich anschauen.»
>
> Dr. Daniel Angerhausen

ENTDECKUNG NEUER EXOPLANETEN DANK KI

Ein weiterer Bereich, in dem KI grosses Potenzial hat, ist die Suche nach Exoplaneten – und damit nach ausserirdischem Leben. Das sind auch die Spezialgebiete von Dr. *Daniel Angerhausen* von der ETH Zürich. Der Astrophysiker ist Projekt-Wissenschaftler der LIFE-Mission und hat im Sommer 2018 am «NASA Frontier Development Lab», einem NASA-Workshop im Silicon Valley, teilgenommen. Dort ging es genau darum, dank KI neue Methoden für die Astronomie und insbesondere für die Suche nach Exoplaneten zu entwickeln. Dass der Einsatz von KI tatsächlich zur Entdeckung neuer Exoplaneten führen kann, das bewies 2017 die Zusammenarbeit des Google-Software-Ingenieurs *Christopher Shallue* und des Astronomen *Andrew Vanderburg*. Die beiden Wissenschaftler hatten mit sogenanntem «Machine Learning» einen Computer dazu trainiert, dass er in den Daten des Weltraumteleskops Kepler, welches mittlerweile nicht mehr in Betrieb ist, nach den Signaturen von Exoplaneten sucht. Die beiden Planeten Kepler-90i und Kepler-80g sind Entdeckungen dieses Programms (siehe Abbildung auf Seite 11).

In genau solchen Arbeiten, bei denen viele Daten die immer gleichen Aktionen durchlaufen, sieht Dr. *Angerhausen* zurzeit den grössten Nutzen von KI in der Astronomie. Auf das Beispiel der Exoplanetensuche angewandt heisst das: Die riesigen Datenmengen, die Teleskope wie das Kepler- und später das TESS-Weltraumteleskop produziert haben, müssen von Astronomen nach Transit-Lichtkurven durchsucht werden. Also nach Sternen, bei denen das Licht periodisch schwächer wird, weil ein Planet auf seinem Orbit einen Teil des Sterns verdeckt. Such-Algorithmen, die solche «Dipps» in den Lichtkurven finden, gibt es bereits länger, erklärt Dr. *Angerhausen*, allerdings mussten diese Dipps bisher jeweils manuell überprüft werden. Auch das ist noch eine riesige Arbeit, die eintönig ist und viel Zeit in Anspruch nimmt – und die man aber gut mit Machine Learning, einer Form der KI, ersetzen kann. Das hat ausserdem den Vorteil, dass die Einteilung der Lichtkurven nicht mehr von der Tagesform der Forschenden abhängig ist. Ähnliches gilt zum Beispiel für die Detektion und Zählung von Kratern auf der Marsoberfläche: *«Noch vor fünf Jahren sassen da zehn Doktoranden und zeichneten auf Marsbildern Kreise um Krater»*, erzählt Dr. *Angerhausen*. Heute übernimmt KI diese Aufgabe.

MACHINE LEARNING: COMPUTER SELBER LERNEN LASSEN

Die Klassifikation solcher Daten einer KI zu überlassen, klingt im ersten Moment einfach, wenn man das Programmieren selbst ausser Acht lässt: Man füttert das Programm mit Daten und bekommt seine Resultate ausgespuckt. So einfach ist es aber natürlich nicht. Auch beim Machine Learning nicht, dem Teilbereich der KI, bei welchem sich Programme Aktionen wie die Kategorisierung von Daten selber beibringen sollen. Denn schon bei der Wahl des richtigen Instruments warten Stolperfallen: Beim Machine Learning zum Beispiel gilt es, zwischen dem «Supervised

GEWINNT **KÜNSTLICHE INTELLIGENZ** AN BEDEUTUNG UND ERÖFFNET

Learning» und dem «Unsupervised Learning» zu wählen. Bei Ersterem gibt man dem Programm die Kategorien vor und «trainiert» es mit bereits klassifizierten Daten, bis es neue Daten selber entsprechend kategorisieren kann. In der Exoplanetensuche heisst das: Das Programm lernt anhand von bereits markierten Datensets Exoplaneten zu erkennen. In der Theorie jedenfalls: *«Algorithmen sind faul»*, erklärt Dr. *Angerhausen*, *«sie nehmen gerne den kürzesten Weg.»* Wenn also zum Beispiel alle «Lerndaten» mit Exoplaneten von Teleskopen auf der Südhalbkugel stammen und alle ohne Exoplaneten von der Nordhalbkugel, lernt das Programm am Ende nur, zwischen Daten der Süd- und der Nordhalbkugel zu unterscheiden – präsentiert das Resultat jedoch als «Exoplanet»/ «Kein Exoplanet». Die «Explainability», also die Erklärbarkeit, weshalb ein Algorithmus einen bestimmten Entscheid gefällt hat (und wie sicher er sich dabei ist), ist deshalb ein wichtiges Element in der Verwendung von Machine Learning.

KI-Simulationen helfen bei der Datenanalyse

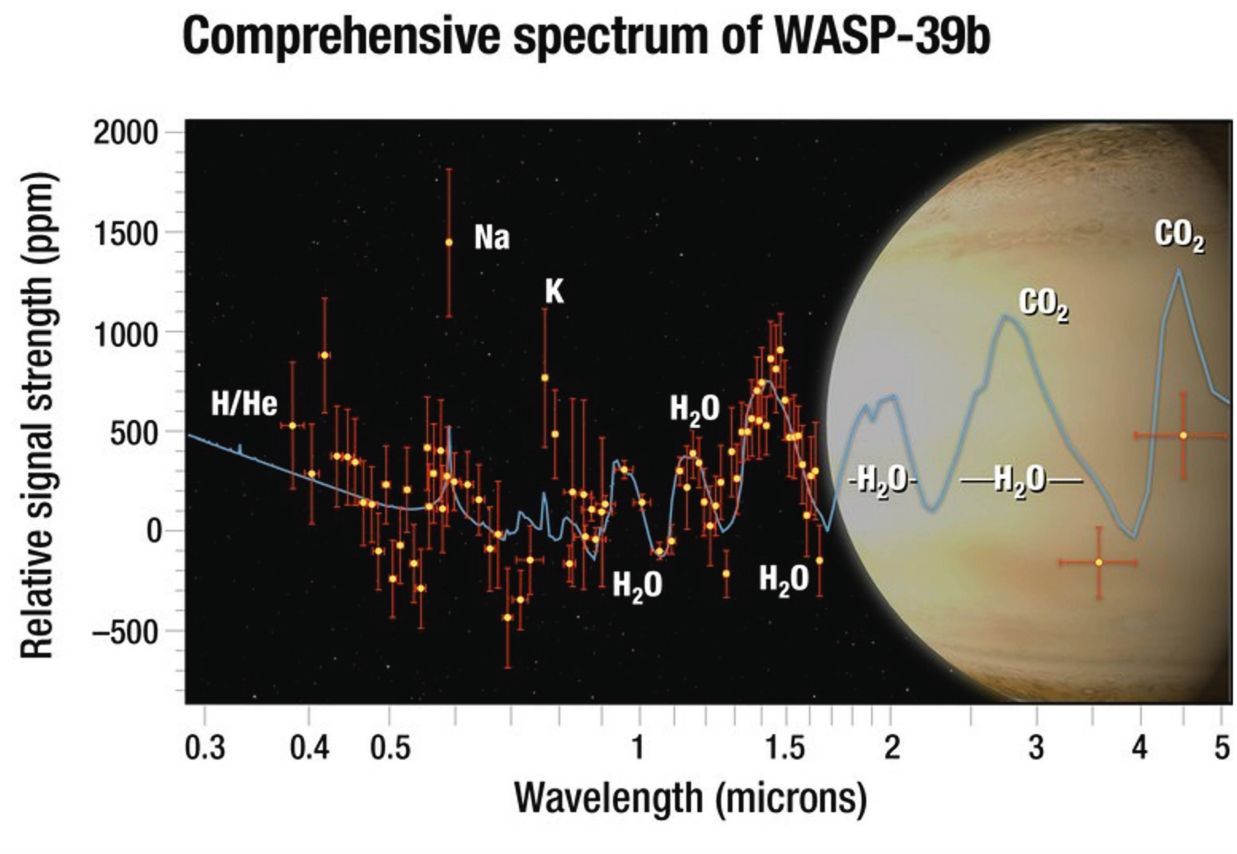
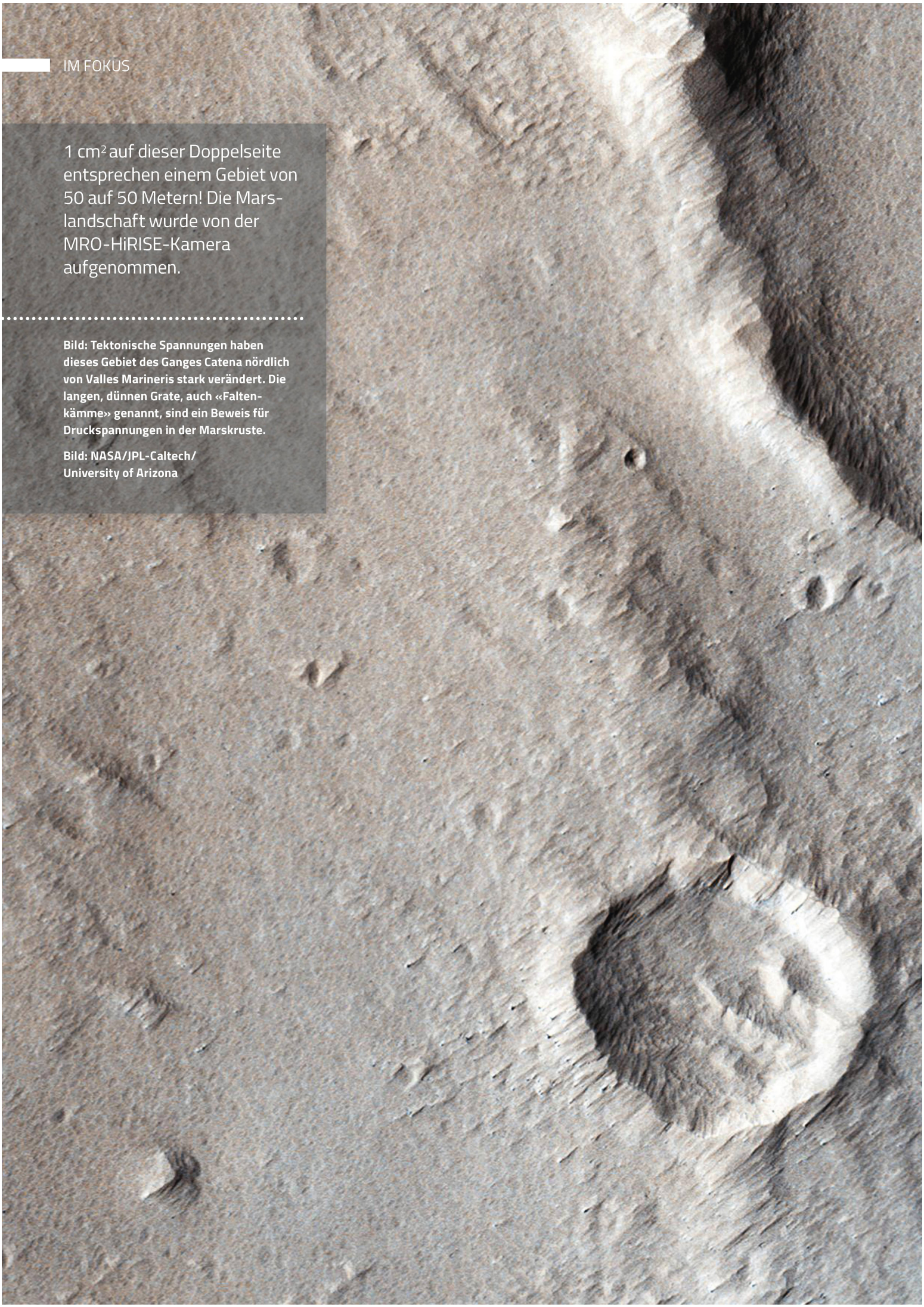


Bild: Wenn das Licht eines Sterns durch die Atmosphäre eines Exoplaneten fällt, wird es je nach der Zusammensetzung der Atmosphäre in andere Farben aufgespalten. Die Analyse eines solchen Lichtspektrums kann also viel über die Atmosphäre eines Exoplaneten – hier des Planeten WASP-39b – erzählen. Und genau dabei können KI-Simulationen helfen (siehe Seite 11).

Bild: NASA, ESA, G. Bacon and A. Feild (STScI), and H. Wakeford (STScI/Univ. of Exeter)



1 cm^2 auf dieser Doppelseite entsprechen einem Gebiet von 50 auf 50 Metern! Die Marslandschaft wurde von der MRO-HiRISE-Kamera aufgenommen.

Bild: Tektonische Spannungen haben dieses Gebiet des Ganges Catena nördlich von Valles Marineris stark verändert. Die langen, dünnen Grate, auch «Faltenkämme» genannt, sind ein Beweis für Druckspannungen in der Marskruste.

Bild: NASA/JPL-Caltech/ University of Arizona

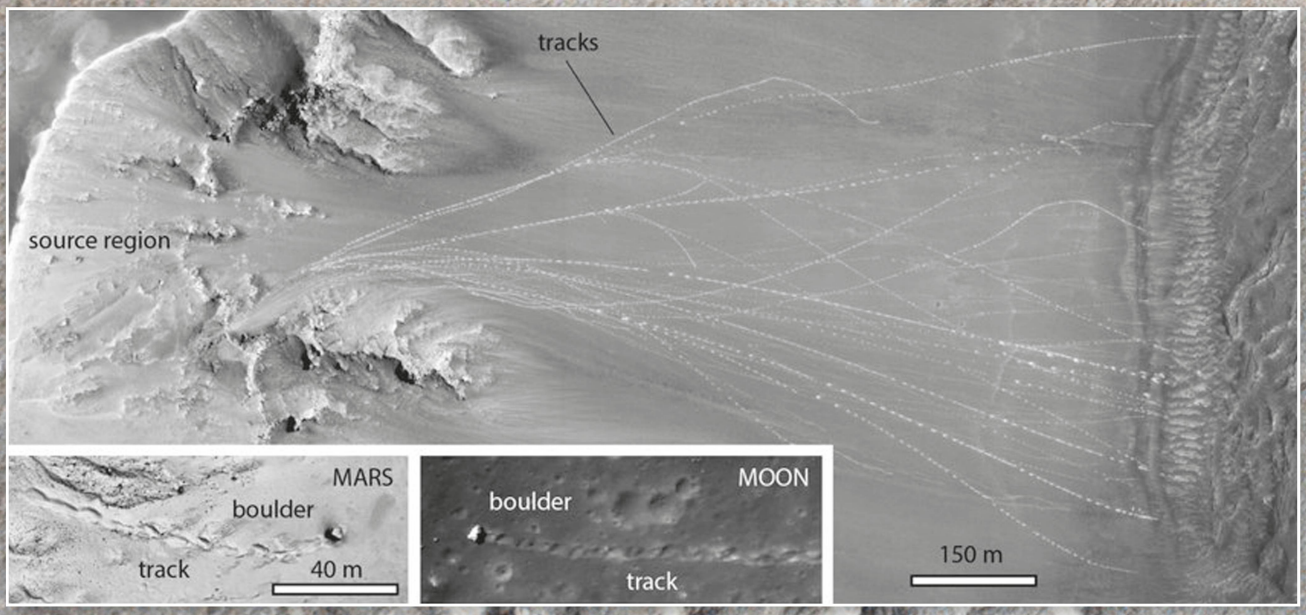


Bild: Ein weiteres Indiz für seismische Aktivitäten können Felsstürze und ihre Spuren sein. Das Übersichtsbild zeigt zahlreiche Steinschläge, die sich von einem Felsvorsprung in der Nähe eines Einschlagkraterrandes auf dem Mars gelöst haben. Während ihrer Verschiebung springen und rollen die Felsbrocken und hinterlassen Spuren auf dem Untergrund des Abhangs. Die Richtung des Gefälles ist nach rechts. Norden ist unten. Die unteren Ausschnittvergrösserungen zeigen eine Nahaufnahme eines Marsblocks mit seiner Spur im HiRISE-Bild (links) und eines Mondblocks mit Spur im NAC-Bild (rechts). KI ist ein wichtiges Instrument in der Suche und Kartierung solcher Felssturzspuren – auf dem Mars wie auch schon zuvor auf dem Mond (siehe Box Seite 10).

Bild: NASA / JPL / UofA / LROC / ASU

Ein weiteres Problem bei solchen Anwendungen ist, dass manchmal nicht alle Daten in die vorgegebenen Kategorien passen: Trainiert man eine KI darauf, Hunde- und Katzenbilder zu unterscheiden, wird sie mit einem Eselsbild Mühe haben. Trainiert man sie auf Spiral- und elliptische Galaxien, wird sie mit irregulären nichts anfangen können. Und diese falsch kategorisieren, wenn man ihr nicht beigebracht hat, wie sie mit solchen Fällen umgehen soll. Eine Möglichkeit, wenn man die Kategorien nicht so genau im Voraus kennt, ist das Unsupervised Learning. Bei diesem lässt man einen Algorithmus in einem Datensatz selbst nach Mustern und Eigenschaften suchen, nach denen er die Daten zu Gruppen, sogenannten «Clustern», ordnen könnte. *«Das ist auch eine gute Methode, wenn man Anomalien finden will»*, sagt Dr. *Daniel Angerhausen*. Wie den einzelnen Esel in den Hunde- und Katzenbildern. Oder ungewöhnliche Strukturen auf der Marsoberfläche, die eben nicht den typischen kreisrunden Kratern entsprechen.

EINE FLUT VON DATEN

Was das Machine Learning und KI in diesen Fällen zu einem so wichtigen Instrument macht, ist die Datenmenge, die mittlerweile von astronomischen Instrumenten generiert wird. Um diese Daten überhaupt bearbeiten zu können, braucht es KI nicht nur bei den Forschenden. Es braucht auch «intelligente» Lösungen bei der darunterliegenden Software, dem Data Management – einem Anwendungsbereich, wo Computerwissenschaften und KI kaum mehr aus der Astronomie wegzudenken sind. *«Nur wenn ich die benötigten Daten innert nützlicher Frist finden und verarbeiten kann, nützen sie mir»*, sagt Professorin *Anastasia Ailamaki* von der EPFL. *«Nur dann werden aus Daten Informationen.»* Die Computerwissenschaftlerin und Mitbegründerin des Software-Start-ups RAW Labs beschäftigt sich damit, wie man Data Management in verschiedenen Bereichen einfach und effizient nutzen kann. *«Data Management ist näher an der Hardware als die da-*

MOND UND MARS IM FOKUS: MIT KI AUF DER SUCHE NACH FELSSTÜRZEN

An der ETH Zürich hat ein Team um Valentin Bickel mittels KI und Machine Learning die erste globale Felssturzkarte unseres Mondes erstellt. Das gleiche Verfahren wird mittlerweile auch für den Mars angewendet.

WORUM'S GEHT *Ein Felssturz hinterlässt in den staubigen Mond- und Marslandschaften oft einen ganz eigenen Abdruck: eine lange Spurrille, an deren einem Ende der Felsbrocken liegt, der sie beim Rollen oder Rutschen verursacht hat. Solche Felssturzspuren auf dem Mond oder dem Mars können interessant sein, weil ihr Vorkommen und ihre Häufigkeit auf seismische Aktivtäten hinweisen kann – und auf die Eigenschaften und Erosionsvorgänge der Mond- bzw. Planetenoberfläche.*

WESHALB KI DABEI HILFT *Um genug Felssturzspuren zu entdecken und kartieren, damit aussagekräftige Schlüsse gezogen werden können, müssen Hunderttausende von hochaufgelösten Bildern angeschaut werden. Ein Mensch braucht jedoch eine gewisse Zeit, um nur schon ein einzelnes Bild auf solche Spuren hin zu untersuchen – eine systematische Suche über grössere Flächen innerhalb nützlicher Frist durchzuführen ist auf diese Weise also schwierig bis unmöglich. Nicht so mit KI: Durch die Anwendung von Machine Learning kann die Entdeckung und Kartierung automatisiert und beschleunigt werden. Das nützt in der Zukunft vielleicht auch Raumfahrtsonden, die autonom entscheiden müssen, welches Terrain sie untersuchen sollen – oder welche Bilder sie über eine begrenzte Bandweite zur Erde zurückschicken.*

WIE'S FUNKTIONIERT *Valentin Bickel und sein Team verwendeten ein sogenanntes «Convolutional Neural Network» (CNN). Dieses inspiriert sich am menschlichen Gehirn und besteht aus künstlichen Neuronen, die in Schichten, den «Layern», angeordnet und untereinander vernetzt sind. Bevor sich das Netzwerk an die Arbeit machen konnte, musste es mit bereits analysierten Bildern darauf trainiert werden, wie es die gesuchten Felsstürze erkennt. Bei diesem «Supervised Learning» lernt das CNN, indem es die Vernetzungen seiner Neuronen ändert, das heisst, neue Verbindungen bildet, alte löscht oder gewisse Neuronen anders gewichtet. Für die Felssturzkarte des Mondes analysierte das Programm Bilder aus dem NASA-Archiv des NASA-Mondsatelliten Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO). Da dieses über 2 Millionen hochaufgelöste Bilder enthält, musste das Programm ausserdem die geeigneten Bilder auswählen können, welche zum einen eine gute Auflösung und einen günstigen Einfallswinkel des Sonnenlichts aufweisen, und zum anderen zusammen zwar ein vollständiges Bild des Mondes ergeben, aber möglichst ohne Überschneidungen. Dieselbe Methode testeten Valentin Bickel und sein Team auch für den Mars – und verglichen dafür sechs verschiedene CNNs. Die Marsbilder stammten dabei von der HiRISE-Kamera des Martian Reconnaissance Orbiter (MRO). Diese decken aber bisher weniger als etwa 5 % der Marsoberfläche ab. Ein spannendes Ergebnis des Tests: Anscheinend kann es helfen, zum Trainieren der Netzwerke auch Felssturzbilder vom Mond ins Lern-Set zu nehmen. Ein diverses Trainings-Set kann also dabei helfen, die Leistungsfähigkeit von CNNs zu verbessern – eine Erkenntnis, die sich auf viele andere Bereiche übertragen lässt.*

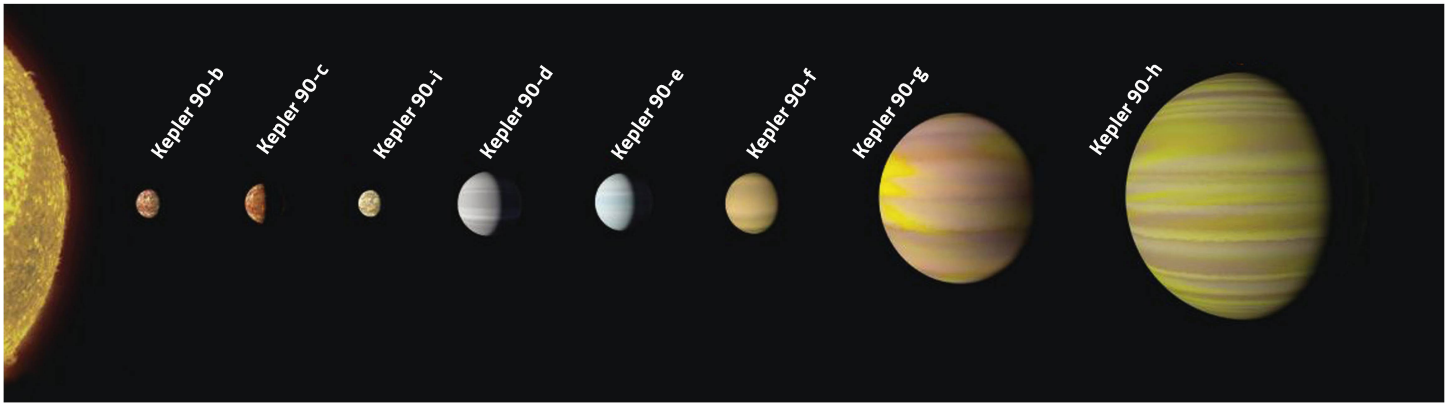


Bild: Um Exoplaneten – Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems – zu entdecken, muss man viele Daten analysieren. Dabei kann KI helfen: Einen der acht Planeten im System um den Stern Kepler-90 entdeckte ein KI-Programm in den Daten des Weltraumteleskops Kepler.

Bild: NASA/Ames Research Center/Wendy Stenzel

rüberliegenden KI- und Machine-Learning-Programme», sagt Prof. *Anastasia Ailamaki*. *«Es bildet eine Art Infrastruktur.»* Eine Infrastruktur, die nicht ohne KI auskommt. Besonders in einem Feld wie der Astronomie, wo jede Nacht, jede Woche, jeden Monat, jedes Jahr eine riesige und immer grösser werdende Datenflut gesammelt wird. *«Im Data Management geht es darum, diese Daten zu speichern, zu ordnen und wieder darauf zugreifen zu können»*, erklärt Prof. *Ailamaki*.

Ein Problem dabei: Oft brauchen die Forschenden nur einzelne Informationen aus dem Datenmeer, die Luminosität eines bestimmten Sterns zum Beispiel. Damit diese Information schnell abgerufen werden kann und die Gesamtdatenmenge nicht den begrenzten Arbeitsspeicher verlangsamt, muss die Datenflut in kleinere Datengruppen «zerbrochen» werden. Doch auch diese müssen sinnvoll geordnet sein. Um dies zu erreichen, analysiert KI die Anfragen, die ans System gestellt werden, und versucht aus vergangenen «Queries» zu lernen, was bei den zukünftigen gebraucht werden mag. Weil sich die Forschungsschwerpunkte und damit die Anfragen dauernd ändern, ist auch diese Re-Organisation nie abgeschlossen, sondern geht im Hintergrund konstant weiter – *«im Idealfall, ohne dass die Forschenden etwas davon merken»*, sagt Prof. *Ailamaki*.

EINE GEMEINSAME SPRACHE FÜR DIE ZUSAMMENARBEIT

Arbeitsspeicher und Zeit, beziehungsweise Flaschenhälse in der Rechnerkapazität, diese Begrenzung spielt in einem weiteren Anwendungsbereich von KI in der Astronomie eine Rolle: Modellberechnungen und Simulationen. Solche Simulationen, zum Beispiel von möglichen Atmosphärenzusammensetzungen, die brauchen Exoplanetenforscher wie Dr. *Daniel Angerhausen* für die Charakterisierung von Exoplaneten. Die Simulationen ersetzen dabei natürlich nicht die Messungen. Aber sie können helfen, Instrumente und Algorithmen zu erstellen, um die tatsächlichen Messdaten zu bearbeiten. Ausserdem dienen sie der Analyse: Gemessene Spektren können so mit simulierten verglichen werden, um sich der Zusammensetzung einer Planetenatmosphäre und ihrem «Fingerabdruck» anzunähern – je genauer, je besser. Da es dafür allerdings extrem viele simulierte Modelle braucht, ist dies nicht möglich, wenn die Berechnung eines einzelnen Modells eine Woche benötigt. Eine KI kann solche Modelle automatisch erstellen, so dass sie innerhalb weniger Augenblicke abgerufen werden können.

Ob für Simulationen, Data Management oder Klassifizierungsarbeiten, am Ende sind die Möglichkeiten, die verschiedene KI in der Astronomie bieten, vielfältig. Und bei den exponentiell wachsenden Datenmengen, welche in der Astronomie gesammelt werden, wird für den Umgang damit KI je länger je wichtiger. *«95 Prozent der Daten wird wohl nie ein Mensch persönlich anschauen»*, sagt Dr. *Daniel Angerhausen*. Entscheidend für eine erfolgreiche Anwendung ist dabei eine gute Zusammenarbeit zwischen der Astronomie und den Computerwissenschaften. Darüber sind sich der Astrophysiker und die Computerwissenschaftlerin einig: *«Man muss eine gemeinsame Sprache finden, denn man kann viel falsch machen, wenn man als Anwender nicht mit einem Experten arbeitet»*, sagt Dr. *Daniel Angerhausen*. Prof. *Anastasia Ailamaki* begeistert genau diese Schnittstelle: *«Das fand ich bereits zu Beginn meiner Karriere faszinierend, die Realisation, was die Technologie für Wissenschaften wie die Astronomie tun kann – wenn wir es nur schaffen, die Distanz zwischen den Domain-Wissenschaften und den Computerwissenschaften zu überbrücken.»* <

AUTORIN Claudia Walder
Sie hat Internationale Beziehungen in Genf und Übersetzungswissenschaften in Edinburgh studiert, hat in China Englisch unterrichtet und arbeitet nun als Autorin, Korrektorin und Redakteurin, zum Beispiel fürs Transhelvetica, das Magazin des Schweizerischen Nationalmuseums – oder auch fürs Orion (das zufällig nach einem ihrer Lieblingssternbilder benannt ist). 2019, pünktlich zum 50. Jubiläum der Mondlandung, ist ihr Sach-Kinderbuch «Wie gehts denn nun zum Mond» im Baeschlin Verlag erschienen.