

Wilfried Domainko

Entdeckt Künstliche Intelligenz außerirdisches Leben?

Wie Maschinen die Suche
nach Leben im Universum
erleichtern

SACHBUCH



Springer

Entdeckt Künstliche Intelligenz
außerirdisches Leben?

Wilfried Domainko

Entdeckt Künstliche Intelligenz außerirdisches Leben?

Wie Maschinen die Suche
nach Leben im Universum
erleichtern



Springer

Wilfried Domainko
München, Deutschland

ISBN 978-3-662-71576-5 ISBN 978-3-662-71577-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-71577-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

© Einbandabbildung: NASA/JPL-CALTECH

Planung/Lektorat: Gabriele Ruckelshausen

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Danksagung

An der Realisierung eines Buchprojekts sind in der Regel immer mehrere Menschen beteiligt. So möchte ich mich bei Gabriele Ruckelshausen und Amose Stanislaus bedanken, die mich bei der Erstellung meines Buches immer unterstützt haben. Des Weiteren möchte ich mich bei den Kolleginnen und Kollegen Alexander Baust, Florian Hofmann, Nina Tetzlaff und Christian Vitense für das gewissenhafte Korrekturlesen und für viele hilfreich Anmerkungen bedanken. Mein ganz besonderer Dank gebührt jedoch meiner Frau Annika, die mich in allen Phasen dieses Buches in vielfältiger Weise unterstützt hat und ohne deren Hilfe dieses Buch nicht entstanden wäre.

Inhaltsverzeichnis

1	Prolog: Eine neue Technologie hilft, eine alte Menschheitsfrage zu beantworten	1
	Literatur	6
2	Eine Künstliche Intelligenz als Entdeckerin	9
2.1	Heiße Jupiter	10
2.2	Künstliche Intelligenz in der Astronomie	13
2.3	Transitmethode und das Kepler-Weltraumteleskop	15
2.4	Künstliche neuronale Netzwerke	18
2.5	Das Kepler-90-System	22
2.6	Die habitable Zone	25
	Literatur	28
3	Eine Künstliche Intelligenz und ihre Definition von Leben	31
3.1	Dialogsysteme	32
3.2	Wie es funktioniert	35

VIII Inhaltsverzeichnis

3.3	Der Umgang mit einer Künstlichen Intelligenz	39
3.4	Was ist Leben?	42
3.5	Wo könnten wir Leben finden?	47
	Literatur	49
4	Von extremen Lebensräumen auf der Erde lernen	53
4.1	Hydrothermale Quellen	53
4.2	Höhlen	55
4.3	Wie findet man relevante Informationen?	60
4.4	Marsanaloga	66
4.5	Leben im ewigen Eis	69
4.6	Subglaziale Gewässer	72
4.7	Erforschung wassergefüllter Hohlräume	77
4.8	Kryobots	81
4.9	Extremophile	84
4.10	Radioaktive Lebensräume	86
	Literatur	88
5	Extraterrestrisches Leben in unserem Sonnensystem	93
5.1	Die Atmosphäre der Venus	94
5.2	Wasser auf dem Mars	97
5.3	Netzwerkanalysen	101
5.4	Drohnenflüge auf dem Mars	103
5.5	Rücktransport von Marsproben zur Erde	108
5.6	Eismonde	112
5.7	Landen, Bohren und Schmelzen auf den Eismonden	116
5.8	Titan	122
5.9	Ballone, U-Boote und Drohnen auf Titan	124
	Literatur	127

6	Belebte Exoplaneten	133
6.1	Superhabitable Welten	133
6.2	Proxima Centauri b	137
6.3	Interstellare Raumfahrt	140
6.4	Das Planetensystem Trappist-1	146
6.5	Planetenatmosphären	151
6.6	Hydriatische Planeten	156
6.7	Wissensgraphen	160
6.8	Künstliche Intelligenz und die Suche nach belebten Planeten	164
	Literatur	168
7	Eine Suche nach intelligentem Leben	175
7.1	Sichtbarkeit	176
7.2	Nachrichten	180
7.3	Der Einsatz einer Künstlichen Intelligenz bei der Suche nach extraterrestrischen Nachrichten	183
7.4	Halluzinieren	189
7.5	Citizen Science	193
7.6	Konditionieren	198
7.7	Artefakte im Sonnensystem	201
	Literatur	208
8	Epilog: Auf der Suche nach der Menschheit	213
8.1	Schwärme extraterrestrischer Raumflugkörper	214
8.2	Extraterrestrische Intelligenz in irdischen Computernetzwerken	218
8.3	Was würden sie unsere Dialogsysteme fragen?	221
	Literatur	226



1

Prolog: Eine neue Technologie hilft, eine alte Menschheitsfrage zu beantworten

In der Antike wandte man sich bei herausfordernden Fragestellungen mit komplexer Datenlage oft an ein Orakel. Mittels eines Mediums oder eines Rituals hoffte man dabei, übernatürliche Informationsquellen anzuzapfen. Das Problem bei dieser Vorgehensweise bestand jedoch oft darin, dass die Informationsgewinnung schwer nachvollziehbar war. Als Antwort bekam man in der Regel eine kryptische Aussage, die meist noch interpretiert werden musste. Heutzutage erlaubt es der technologische Fortschritt, Untersuchungen zu einer komplexen Datenlage einer weniger übernatürlichen Instanz anzuvertrauen [1, 2]. Eine Künstliche Intelligenz ist mittlerweile dazu fähig, eigene Schlüsse aus einer großen Zahl von Messergebnissen zu ziehen [3] oder eine Vielzahl von zukünftigen Szenarien zu simulieren. Besonders plakative Beispiele für auf Künstlicher Intelligenz basierende Akteure, die sogar in der Lage sind, eine sprachlich formulierte Frage

mit einer ausformulierten Antwort zu erwidern, sind moderne Dialogsysteme. Manche dieser Systeme haben, insbesondere über das Internet, Zugang zu einem substantiellen Anteil des Wissens der Menschheit. Entsprechend hofft man, mit diesen Dialogsystemen bei komplexen Fragestellungen möglichst umfassende Antworten aus diesem riesigen Wissensreservoir zu erhalten. Die Quellen und Gründe für die Inhalte von Künstliche-Intelligenz-generierten Antworten sind jedoch gelegentlich nicht sehr leicht nachvollziehbar und in der Regel ist die Gültigkeit dieser Antworten mit unabhängigen Methoden zu überprüfen [4]. Nichtsdestoweniger erlaubt Künstliche Intelligenz generell die Analyse einer komplexen Datenlage und insbesondere bieten moderne Dialogsysteme die Möglichkeit, Fragestellungen aus einer zusätzlichen Blickrichtung zu betrachten [5, 6, 7].

Sind wir allein im Universum? Dies ist eine besonders herausfordernde Frage, die man derzeit einer Künstlichen Intelligenz stellen kann. Zu dieser Fragestellung gibt es mittlerweile eine umfangreiche Informationsbasis [8], denn die Suche nach Leben auf anderen Himmelskörpern, das unabhängig vom Leben auf der Erde entstanden ist, wird derzeit mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Forschungsansätzen verfolgt. Die Antwort auf diese Frage hätte das Potential, unsere Sicht auf das Universum zu verändern. Mit einer entsprechenden Entdeckung wäre gezeigt, dass der komplexe Prozess der Lebensentstehung an unterschiedlichen Orten und unter unterschiedlichen Bedingungen ablaufen kann, womit das Vorhandensein einer Vielzahl von belebten Welten in den Weiten des Alls wahrscheinlich ist. Zusätzlich wäre eine entsprechende Entdeckung ein möglicher Hinweis darauf, dass es noch weiteres intelligentes Leben im Kosmos gibt, mit dem wir in mehr oder weniger erfreulichen Szenarien sogar in Kontakt treten könnten. Bisher wurde allerdings noch

kein extraterrestrisches Leben zweifelsfrei identifiziert. Die Frage nach der Suche nach extraterrestrischem Leben könnte prinzipiell vorteilhaft mithilfe einer Künstlichen Intelligenz behandelt werden. Bereits bei der Vorbereitung einer entsprechenden Fahndung könnte man sich mit einem Dialogsystem, das Zugang zur wissenschaftlichen Literatur hat, einen gewissen Überblick über verschiedene Forschungsansätze zu diesem Thema verschaffen [9, 10].

Ein derzeit besonders häufig verwendetes Dialogsystem, das auf einem der Künstlichen Intelligenz zugerechneten Algorithmus basiert, ist ChatGPT der Firma OpenAI mit Sitz in Kalifornien. Dieses Dialogsystem kann beispielsweise auf Fragen ausformulierte Antworten generieren, die es aus der automatischen Analyse des Textkorpus eines signifikanten Teils des Internets gelernt hat. Damit hat dieses Dialogsystem Zugang zu einem substantiellen Teil des schriftlich festgehaltenen Wissens der Menschheit. Diese außergewöhnliche Wissensbasis wollte ich für dieses Buch nutzen. Daher habe ich ChatGPT verschiedene Fragen zum Themengebiet der Suche nach extraterrestrischem Leben gestellt und die solchermaßen generierten Antworten an mehreren Stellen im Buch eingefügt. Wenn in diesem Buch Bezug auf ein Dialogsystem oder einen Chatbot genommen wird, ist immer dieses spezielle System gemeint. Ich habe die Fragen auf Englisch gestellt und die Inhalte der Antworten, nicht jedoch deren Formulierungen, übernommen. An diesen Stellen des Buches habe ich vermerkt, dass bestimmte Informationen aus einem Dialog mit ChatGPT stammen. Da dieses Dialogsystem beispielsweise durch Interaktionen mit Nutzenden lernen kann, sind die generierten Antworten lediglich als Momentaufnahme zu sehen, die sich mit der Zeit, dem Trainingszustands der Algorithmen hinter ChatGPT und mittels durchgeführter Faktenchecks ändern können. Neben diesem Dialogsystem werde ich noch weitere Methoden

zur Informationsgewinnung aus großen Textdatensätzen vorstellen. Mit unterschiedlichen Ansätzen lassen sich die Dinge aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachten und damit ist es möglich, quasi eine weitere, unabhängige Meinung oder Sichtweise zu erhalten.

Künstliche Intelligenz spielt für die Suche nach extraterrestrischem Leben nicht nur bei einer Literaturrecherche eine wichtige Rolle. Bei bestimmten Suchprogrammen nach Leben auf anderen Himmelskörpern fallen oft große Datenmengen an, die mithilfe von Verfahren, die auf Künstlicher Intelligenz basieren, analysiert werden. Entsprechende Algorithmen sind manchmal in der Lage, kleinste Signaturen in diesen Daten zu finden, die anderen Methoden verborgen bleiben könnten [11]. Insbesondere bei der Vor-Ort-Suche gibt es bei der Fahndung nach Leben außerhalb der Erde zusätzlich zur Datenanalyse noch weitere Einsatzfelder für eine Künstliche Intelligenz. Im Rahmen von unbemannten Missionen wird dabei mittels autonomer Raumsonden und selbstfahrender Planeten-Rover in unserem Sonnensystem nach einer entsprechenden Biologie gesucht. Die Steuerung dieser Vorrichtungen wird in der Regel von einer Künstlichen Intelligenz übernommen. In Zukunft ist geplant, mit noch komplexeren Fahrzeugen noch entlegenere Winkel auf bestimmten Planeten oder Monden in unserem Sonnensystem zu erreichen. So könnten beispielsweise Drohnen durch die Atmosphäre des Saturnmonds Titan fliegen oder U-Boote die subglazialen Gewässer auf dem Jupitermond Europa oder dem Saturnmond Enceladus erkunden. Diese Fahrzeuge benötigen zur Durchführung ihrer Aufgaben aufgrund der begrenzten Erreichbarkeit für menschliche Steuerbefehle und den langen Signallaufzeiten für Übertragungen von der Erde eine entsprechende, noch komplexere, intelligente Steuerung.

Bevor sich allerdings autonome Gefährte auf eine Expedition zu anderen Himmelskörpern begeben können, müssen sie hier auf der Erde getestet werden. Unser Heimatplanet bietet hierzu spannende Orte, beispielsweise subglaziale Seen unter dem Eis der Polkappen, die Tiefsee oder entlegene Höhlenbereiche, die sich für entsprechende Tests eignen. An extremen Orten auf der Erde kann man zusätzlich erforschen, wie sich irdisches Leben an besondere Umweltbedingungen anpassen kann und wo die Grenzen der Bewohnbarkeit für Leben liegen. Außergewöhnliche Umwelten eignen sich des Weiteren dazu, Methoden zu erproben, um versteckte Lebensspuren überhaupt als Leben zu erkennen. Die mit diesen Forschungsprogrammen gewonnenen Erkenntnisse können später bei der Lebenssuche auf anderen Himmelskörpern genutzt werden.

Generell ist es nicht klar, wo man am vielversprechendsten nach extraterrestrischem Leben suchen soll. Einerseits könnte sich in speziellen Nischenhabitaten in unserem Sonnensystem Leben außerhalb der Erde entwickelt haben. Andererseits könnten Planeten im Umlauf um andere Sterne als die Sonne, die auch extrasolare Planeten oder Exoplaneten bezeichnet werden, eine vergleichsweise ähnlich gute oder sogar noch besser geeignete Umwelt für Leben bieten als die Erde. Mögliche Lebensspuren in unserem Sonnensystem hätten den Vorteil, dass sie mit derzeit bekannter Technologie von Raummissionen besucht werden können, um sie an Ort und Stelle zu erforschen. Exoplaneten mit einer sehr umfassenden Biosphäre hingegen hätten den Vorteil, dass dort vorhandenes Leben noch aus sehr großer Entfernung, beispielsweise von der Erde aus, als solches erkannt werden kann. Für diesen Fall sind jedoch geeignete Teleskope für eine Lebenssuche unentbehrlich. In diesem Buch werde ich entsprechend unterschiedlichen möglichen Strategien zur Lebenssuche

nachgehen und dabei mehrere verschiedene Facetten der Suche nach extraterrestrischem Leben aufzeigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Suche nach extraterrestrischem Leben eine beträchtliche ingenieurwissenschaftliche Herausforderung darstellt. Daher wird in einem Teil dieses Buches ein Fokus auf die technischen Aspekte der Lebenssuche gelegt. Insgesamt wird in diesem Buch neben der Frage „*Sind wir allein im Universum?*“ insbesondere der Frage „*Wie könnten wir Leben auf anderen Himmelskörpern finden?*“ nachgegangen.

Literatur

1. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-03596-0> [abgerufen am 18.11.2024]
2. Schoenegger, P., et al.; Wisdom of the silicon crowd: LLM ensemble prediction capabilities rival human crowd accuracy; Science Advances, Vol. 10, Issue 45, edp1528 (2024)
3. Wang, Y. et al.; Can AI Understand Our Universe? Test of Fine-Tuning GPT by Astrophysical Data; eprint [arXiv:2404.10019](https://arxiv.org/abs/2404.10019) (2024)
4. Messeri, L. & Crockett, M. J.; Artificial intelligence and illusions of understanding in scientific research; Nature, 627, 49–58 (2024)
5. Thomas, B., et al.; Determining Research Priorities Using Machine Learning; eprint [arXiv:2407.02533](https://arxiv.org/abs/2407.02533) (2024)
6. Lu, Chris, et al.; The AI Scientist: Towards Fully Automated Open-Ended Scientific Discovery; eprint [arXiv:2408.06292](https://arxiv.org/abs/2408.06292) (2024)
7. Fouesneau, M. et al.; What is the Role of Large Language Models in the Evolution of Astronomy Research? Eprint [arXiv:2409.20252](https://arxiv.org/abs/2409.20252) (2024)
8. Iyer, K. G., et al.; pathfinder: A Semantic Framework for Literature Review and Knowledge Discovery in Astronomy; eprint [arXiv:2408.01556](https://arxiv.org/abs/2408.01556) (2024)

9. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-01613-w> [abgerufen am 20.11.2024]
10. de Haan, T., et al.; AstroMLab 3: Achieving GPT-4o Level Performance in Astronomy with a Specialized 8B-Parameter Large Language Model; eprint [arXiv:2411.09012](https://arxiv.org/abs/2411.09012) (2024)
11. Wang, H., et al.; Scientific discovery in the age of artificial intelligence; Nature, 620, pages 47–60 (2023)



2

Eine Künstliche Intelligenz als Entdeckerin

Menschen und Künstliche Intelligenzen unterscheiden sich derzeit in der Art und Weise, wie sie typischerweise Entdeckungen machen. Entsprechend wären bei einer Suche nach extraterrestrischem Leben für diese beiden Akteure unterschiedliche Entdeckungsstrategien erfolgversprechend. Die jeweiligen Entdeckungsstrategien beinhalten dabei die jeweils angepasste Vorgehensweise bei einer Fahndung nach Leben und die eigentliche Erkennung von Leben als solches. Bevor wir uns möglichen Charakterisierungen für Leben, dem Ziel dieser Suche, zuwenden, wollen wir uns daher zuerst verschiedene Wege zu Entdeckungen ansehen. Das Gebiet der extrasolaren Planeten bietet hierzu einige Beispiele.

2.1 Heiße Jupiter

An unerwarteten Orten lassen sich manchmal überraschende Entdeckungen machen. So geschehen bei der ersten sicheren Identifikation eines Planeten um einen sonnenähnlichen Stern außerhalb unseres Sonnensystems. Im Jahre 1995 wurde ein Planet mit etwa halber Jupitermasse, oder etwa 150-facher Erdmasse, im System eines entsprechenden Sterns entdeckt [1]. Die besondere Überraschung bei dieser Entdeckung lag in der Umlaufbahn des Planeten um seinen Heimatstern. Der Abstand zwischen den beiden Himmelskörpern beträgt dort gerade mal etwa ein Zwanzigstel des Abstandes der Erde von der Sonne. Damit läuft dieser Planet weit innerhalb der Merkurbahn um sein Zentralgestirn. Entsprechend beträgt seine Oberflächentemperatur etwa 1000 °C. Im Vergleich mit unserem Sonnensystem fällt dabei sofort auf, dass in unserem Heimatsystem lediglich kleine, felsige Planeten innerhalb der Erdbahn die Sonne umkreisen und sich die großen, gasreichen Planeten weit außerhalb der Erdbahn befinden. Daher wurde dieser Himmelskörper nach seiner Entdeckung als Anomalie unter den Planeten betrachtet. Mittlerweile konnten jedoch weitere verwandte Objekte beobachtet werden. Entsprechende Planeten werden aufgrund der jupiterähnlichen Masse und der hohen Temperaturen als Heiße Jupiter bezeichnet (siehe Abb. 2.1). Heiße Jupiter können höllische Welten sein. In manchen Fällen sind sie so heiß, dass Metaldämpfe einen Teil ihrer Atmosphäre bilden und dass es dort flüssiges Eisen regnen kann [2].

Besonders rätselhaft sind die Entstehungswege der Heißen Jupiter [3]. Generell wird angenommen, dass sich Planeten in einer Gas- und Staubscheibe um Sterne bilden, die sich ebenfalls gerade formen. Die lokale Zusammensetzung dieser Scheibe hängt unter anderem von dem lokalen Energieeintrag des jungen Sterns ab. In Bereichen

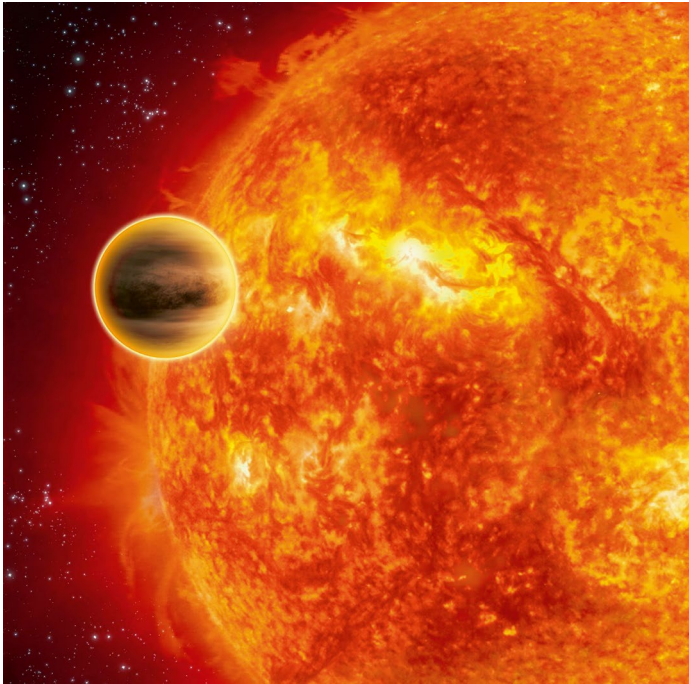


Abb. 2.1 Künstlerische Darstellung eines Heißen Jupiters.
(Quelle: ESA/C. Carreau)

der Scheibe, die sehr nahe an dem Zentralstern liegen, verhindert die Strahlungswirkung des Sterns, dass flüchtige Substanzen wie bestimmte Gase oder Wasser kondensieren können. Man erwartet, dass sich dort Planeten bilden, die hauptsächlich aus Metallen und Silikatmineralien bestehen. Da diese Stoffe im Universum recht selten sind, sollten Gesteinsplaneten in der Regel wenig massiv sein. Große, massive Gasplaneten würden sich in dieser Vorstellung lediglich fern des störenden Einflusses des Zentralsterns in weiten Umlaufbahnen bilden können. Die Verteilung der Planeten in unserem Sonnensystem scheint diese Vorstellung zu unterstützen. Für die Entstehung von

Heißen Jupitern wären allerdings vermutlich alternative Entwicklungsprozesse notwendig. Hier kämen im Prinzip zwei mögliche Erklärungen infrage. Einerseits könnten sie an der Stelle in der Gas- und Staubscheibe entstanden sein, an der sich auch derzeit ihre Umlaufbahn befindet. Dieses Szenario würde jedoch effektive, bisher noch nicht vollständig verstandene Wachstumsmechanismen erfordern, die auch sehr nahe an einem Stern ablaufen können. Andererseits könnten sich Gasplaneten in großen Entfernungen zu ihren Heimatsternen gebildet haben und erst nach ihrer Entstehung in das innere Sternsystem gewandert sein. Eine mögliche Ursache für die Wanderbewegungen wären dabei Wechselwirkungen mit anderen Planeten oder eine Interaktion mit der Gas- und Staubscheibe um den Stern. Bisher gibt es keinen Konsens über die genauen Entwicklungswege der Heißen Jupiter. Die Eigenschaften der beobachteten Vertreter dieser Objektklasse legen derzeit nahe, dass eine Kombination von mehreren Mechanismen für die sehr engen Umlaufbahnen dieser Planeten verantwortlich sein müsste.

Der erste Heiße Jupiter wurde aufgrund seiner Gravitationswirkung auf seinen Heimatstern entdeckt. Ein umlaufender Planet zieht und zerrt an seinem Zentralgestirn, wodurch dieses ebenfalls um den gemeinsamen Schwerpunkt wackelt. Wird ein Planetensystem in Richtung seiner Bahnebene beobachtet, bewegt sich der Stern mal auf die Beobachtenden zu und mal von ihnen weg. Dabei wird das Licht des Sterns zu kürzeren Wellenlängen verschoben, wenn sich der Stern nähert, ähnlich der Tonhöhe eines Martinshorns eines sich nähernden Einsatzfahrzeugs. Analog wird das Licht des Sterns zu längeren Wellenlängen verschoben, wenn sich der Stern entfernt. Wird das Licht des Sterns in die Farben des Regenbogens aufgespalten, sieht man an bestimmten Farbpositionen dunkle Linien, die auf das Vorhandensein bestimmter chemischer

Elemente zurückzuführen sind. Aus einer periodischen Verschiebung dieser Linien mal zu kürzeren Wellenlängen und mal zu längeren Wellenlängen kann man auf das Vorhandensein eines Planeten schließen. Die periodischen Verschiebungen korrelieren dabei mit der Bahnperiode des Planeten. Die Entdeckung des ersten Planeten um einen sonnenähnlichen Stern war der Auftakt zu vielen weiteren Planetenentdeckungen um andere Sterne und wurde mit dem Nobelpreis für Physik für das Jahr 2019 gewürdigt [4]. Heiße Jupiter sind ein Glücksfall für die Suche nach Exoplaneten. Durch ihre vergleichsweise große Masse und ihre Nähe zu ihrem Mutterstern sind sie für Exoplaneten relativ leicht zu entdecken.

2.2 Künstliche Intelligenz in der Astronomie

Für die Auffindung des ersten extrasolaren Planeten waren menschliche Entdecker verantwortlich. Dies gelang unter anderem durch die menschliche Fähigkeit, auch in unerwarteten Bereichen zu suchen. Vor ihrer Entdeckung hätte vermutlich kaum jemand die Existenz von Heißen Jupitern erwartet. Künstliche Intelligenzen könnten ebenfalls erfolgreich nach in den Daten versteckten Signalen fahnden. Sie könnten dabei Signaturen erkennen, die Menschen übersehen.

Künstliche Intelligenz beruht in der Regel auf dem Konzept des maschinellen Lernens. Unter maschinellem Lernen ist wiederum ein System zu verstehen, dessen Fähigkeiten durch die Verarbeitung von vielen zusätzlichen Daten erheblich steigen [5]. Ein eindrucksvolles Beispiel für ein entsprechendes System ist AlphaZero [6]. Dieses Computerprogramm wurde dafür entwickelt, komplexe Brettspiele wie Schach oder Go zu spielen. Beim Start des

Lernverfahrens kennt AlphaZero lediglich die Spielregeln und die Siegbedingungen des jeweiligen Spiels. In einer Vielzahl von Spielpartien gegen sich selbst lernt der Algorithmus eigenständig in weiterer Folge erfolgversprechende Siegstrategien aus den Siegen, Remis und Niederlagen in diesen Partien. Mit wachsender Anzahl dieser Trainingspartien werden die Spielzugskombinationen des Systems immer ausgeklügelter. Maschinelles Lernen kann ebenfalls für die Analyse wissenschaftlicher Daten eingesetzt werden. Wir wollen uns nun die Stärken einer Künstlichen Intelligenz als Entdeckerin in entsprechenden Daten etwas genauer ansehen. Dieses Themengebiet ist eine gute Gelegenheit, mit einem Dialogsystem ins Gespräch zu kommen. Daher fragte ich den Chatbot, bei welchen Aufgaben eine Künstliche Intelligenz als Entdeckerin den Menschen überlegen sein könnte. Dieser antwortete, dass künstliche Datenanalysten besonders in Bereichen Vorteile gegenüber den Menschen hätten, die die Untersuchung von außergewöhnlich großen Datensätzen beinhalten würden, und dass sie speziell Aufgaben erfolgreich durchführen könnten, wo eine große Geschwindigkeit und Genauigkeit bei der Datenanalyse notwendig wäre. Dieses Fähigkeitsprofil könnte in der Astronomie sehr gefragt sein.

Der Himmel ist von einer sehr großen Anzahl von Objekten bevölkert. Beispielsweise geht man davon aus, dass unsere Heimatgalaxie, die Milchstraße, aus etwa hundert Milliarden Sternen besteht. Weiterhin wird angenommen, dass es im beobachtbaren Universum wiederum etwa hundert Milliarden Galaxien gibt. Die Anzahl der von der Menschheit schon beobachteten Objekte bewegt sich mittlerweile im Zahlenraum der Milliarden [7]. Viele Himmelsobjekte geben in einem weiten Wellenlängenbereich Strahlung ab. Zusätzlich können Himmelsobjekte im Laufe der Zeit ihre Abstrahlungscharakteristik verändern. Aus diesen Randbedingungen ergibt sich, dass es für ein

besseres Verständnis des Universums notwendig ist, viele Himmelsobjekte in einem weiten Wellenlängenbereich zu beobachten und diese Beobachtungen in bestimmten zeitlichen Abständen zu wiederholen. Insgesamt müssen deswegen in der Astronomie oft gigantische Datenmengen analysiert werden. Daher ist die Astronomie eine ideale Spielwiese für eine Künstliche Intelligenz.

Mit der Möglichkeit der Analyse von astronomischen Datensätzen im Hinterkopf fragte ich den Chatbot, welche interessanten Entdeckungen Künstliche Intelligenzen mittlerweile in der Astronomie schon gelungen sind. Hier verwies mein Gesprächspartner, neben anderen Ergebnissen, auf die Auffindung eines bestimmten Planeten im Kepler-90-System. Mithilfe von Daten des Kepler-Weltraumteleskops wurden im Kepler-90-System mehrere Planeten identifiziert. Planetensysteme, die mit dem Kepler-Weltraumteleskop entdeckt wurden, werden nach diesem Instrument und einer fortlaufenden Nummer benannt. Bevor wir uns die Vorgehensweise einer Künstlichen Intelligenz bei der Suche nach extrasolaren Planeten genauer ansehen werden, wollen wir uns zuerst dem Kepler-Weltraumteleskop und den damit gewonnenen Datensätzen zuwenden.

2.3 Transitmethode und das Kepler-Weltraumteleskop

Neben der Gravitationswirkung auf seinen Heimatstern kann ein Planet unter bestimmten Umständen noch andere messbare Signaturen hinterlassen. Beispielsweise verdunkelt ein Planet einen kleinen Teil seines Zentralgestirns, wenn er zwischen dem Beobachtenden und dem Stern vorbeizieht. Diese Bedeckung führt zu einem kleinen Abfall der beobachteten Sternhelligkeit. Für eine Detektion eines Exoplaneten muss bei dieser Methode

der Planet selbst nicht unbedingt als solcher beobachtet werden. Eine Sternfinsternis durch einen extrasolaren Planeten kann dementsprechend mittels sehr genauer Helligkeitsmessungen auch dann als kleine Helligkeitseinbuchtung gesehen werden, wenn der Stern nicht räumlich aufgelöst werden kann. Daher können diese Planetensuchen relativ kostengünstig mit Teleskopen mit moderater Größe durchgeführt werden. Bei Planeten mit stabilen Orbits um ihren Heimatstern sollten sich die Bedeckungen in periodischen, zeitlichen Abständen wiederholen. Die Voraussetzung für die mögliche Beobachtung einer Planetenfinsternis ist jedoch, dass sich die Sichtlinie Erde–Zentralstern ungefähr in der Ebene der Planetenbahn befindet. Da die Ebenen der Planetenbahnen zufällig im Raum ausgerichtet sind, kann eine Planetenfinsternis nur für einen kleinen Teil aller Planetensysteme von der Erde aus beobachtet werden. Entsprechend müssen bei diesen Beobachtungsprogrammen viele Sterne mittels großer Blickfelder gleichzeitig überwacht werden, damit sich statistisch gesehen zumindest ein Planetensystem mit passender Orientierung unter dieser Vielzahl von Sternen befindet und daher dessen Sternfinsternisse identifizierbar sind. Diese Methode zur Entdeckung von Exoplaneten nennt man auch die Transitmethode (siehe Abb. 2.2).

Das Kepler-Weltraumteleskop war eine Satellitenmission der National Aeronautics and Space Administration (NASA), die Exoplaneten mittels der beschriebenen Transitmethode suchte. Benannt wurde das Teleskop nach dem berühmten Astronomen gleichen Namens. Dieses Instrument wurde in den Jahren 2009–2018 betrieben [8]. Ein Kerngedanke der Kepler-Mission war, einen bestimmten, festen Bereich des Himmels über einen längeren Zeitraum kontinuierlich zu beobachten. Dieser Himmelsbereich wurde so gewählt, dass dabei eine große Anzahl an Sternen gleichzeitig zu sehen war. Im Falle des Kepler-Teles-