

[BEGELMAN MC, VOLONTERI M, & REES MJ (2006) Formation of Supermassive Black Holes by Direct Collapse in Pregalactic Halos. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 370, 289–298. doi:10.1111/j.1365-2966.2006.10467.x • TEMMING M (2021) The most ancient supermassive black hole is bafflingly big. <https://www.sciencenews.org/article/most-ancient-supermassive-black-hole-quasar-bafflingly-big> • WANG F, YANG J et al. (2021) A Luminous Quasar at Redshift 7.642. *The Astrophysical Journal Letters* 907, L1. doi:10.3847/2041-8213/abd8c6] P. Trüb

■ Planeten ohne Stern

Gegenwärtig werden immer mehr Exoplaneten entdeckt. Das sind Planeten, die sich außerhalb unseres eigenen Sonnensystems befinden. In der letzten Ausgabe des *Studium Integrale Journal* wurde darüber ausführlich berichtet (EHRMANN 2021). Das Kepler-Weltraumteleskop, das eigens zum Zweck des Aufspürens von Exoplaneten in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht wurde, hat schon mehrere Tausende Exoplaneten entdeckt. Die allermeisten Exoplaneten drehen sich, wie die Planeten in unserem Sonnensystem, um einen Stern. Einige jedoch sind sternlos und damit im wahrsten Sinne des Wortes Planeten, d. h. rastlose Wanderer. Offiziell werden sie als FFP bezeichnet (englisch für Free-Floating Planet, d. h. freitreibender Planet). FFPs sind kleiner als braune Zwerge, die kleinsten und lichtschwächsten Sterne, aber in der Regel größer als Jupiter. Weil sie selbst kein Licht ausstrahlen, sind die „obdachlosen“ FFPs nur schwer zu entdecken. Als erfolgversprechendste Methode gilt gravitatives Microlensing. Bei dieser Methode (HAN 2004) werden geringfügige Verzerrungen im Licht von Hintergrundsternen gemessen und analysiert. Die Schwerkraft der herrenlosen Planeten ändert vorübergehend die Richtung und Intensität dieses Lichts. Die Dauer sowie die Stärke der Lichtverzerrungen geben dabei Aufschluss über die Größe und Masse der sonst unsichtbaren FFPs.

In einem kürzlich erschienenen Beitrag (McDONALD 2021) berichtet eine internationale Astronomen-Gruppe über neueste Microlensing-

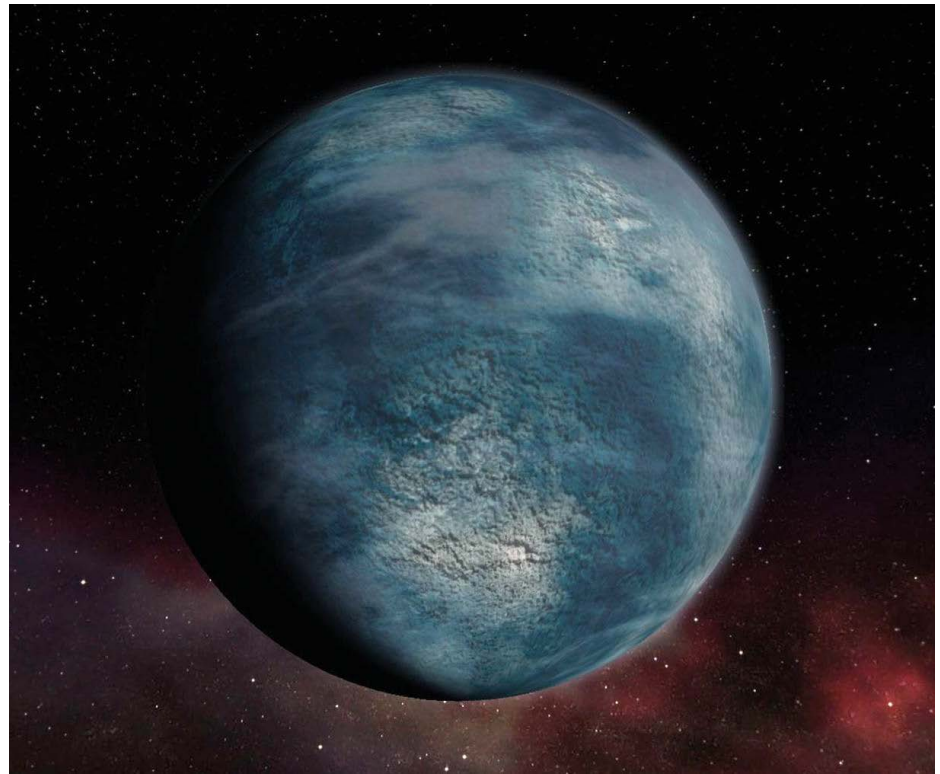


Abb. 1 Künstlerische Darstellung eines freitreibenden Planeten. (© Christian HART www.extrasolar.de)

Messungen von FFP-Kandidaten mit Hilfe des Kepler-Teleskops. Es werden dabei nur solche Ereignisse ausgewertet, die gleichzeitig auch in irdischen Microlensing-Surveys als potenzielle FFPs identifiziert wurden, um so andere Ursachen für die Messergebnisse auszuschließen. Die Kepler-Daten sind aber wesentlich genauer und ermöglichen somit präzisere Aussagen über die Beschaffenheit der entdeckten FFP-Kandidaten.

Obwohl bislang nur wenige FFP-Kandidaten gefunden wurden, wird dennoch vermutet, dass sehr viele verwaiste Planeten existieren. Diese Vermutung wird dadurch begründet, dass die Wahrscheinlichkeit, einen FFP zu entdecken, extrem gering ist: Das Kepler-Teleskop kann, nachdem es im Jahr 2016 einen Defekt in der Ausrichtung des Teleskops gab, nur noch in der galaktischen Ebene beobachten, außerdem muss der FFP während der Beobachtung genau vor einem Hintergrundstern vorbei treiben. Anhand bisheriger Beobachtungsreihen wird geschätzt, dass FFPs maximal viermal weniger (MRÓZ 2017) bis doppelt so häufig sind (SUMI 2011) wie gewöhnliche sichtbare Sterne.

Im Rahmen der gängigen Entstehungstheorie von Sternen und Planeten durch das gravitative Zusammenziehen von rotierenden Gasscheiben gibt es drei Szenarien für die Entstehung sternloser Planeten:

1. Verhinderte Sterne, d. h. die zusammenziehende Gasscheibe ist so klein, dass am Ende kein Stern, sondern ein dunkles, gasförmiges Objekt entsteht.

2. Bei der Entstehung von Planeten in der Gasscheibe stören die neuen Planeten sich gegenseitig und einige Planeten werden dadurch aus dem System geschleudert. Dies ist das unwahrscheinlichste Szenario (VERAS 2012).

3. Wenn ein Stern, um den Planeten kreisen, als Nova explodiert und dabei einen großen Teil seiner Masse verliert, sind die Planeten nicht länger durch die Schwerkraft an ihn gebunden und gehen ihren eigenen Weg.

Obwohl es noch zu früh ist, finale Schlüsse zu ziehen, passen die identifizierten FFPs bezüglich Anzahl und Größe grob zu den bisherigen Messungen (McDONALD 2021). In einem anderen Beitrag (SAMSON 2020) stellt eine Gruppe von Astronomen die Messergebnisse

den theoretischen Erwartungen für Entstehungsszenario 2 gegenüber. Daraus ergibt sich, dass für dieses Szenario die theoretischen Erwartungen deutlich niedriger liegen als die Schätzung von SUMI (2011) und nur mit der Schätzung von Mróz (2017) kompatibel sind. Wie hoch die erwarteten Anzahl FFPs aufgrund der Entstehungsszenarien 1 und 3 sind, wird in diesen Beiträgen leider nicht erwähnt.

Wenn weitere FFP-Beobachtungen die Schätzungen von SUMI bestätigen sollten, könnte dies die gängigen Entstehungstheorien in Frage stellen, wenn theoretische Erwartungen für die Entstehungsszenarien 1 und 3 sich ebenfalls als gering erweisen. Aber auch im Rahmen eines Schöpfungsmodells, bei dem solche Objekte nicht auf natürlichem Weg entstanden, sondern Ergebnis eines direkten Schöpfungsaktes wären, fiel es schwer zu erklären, warum es so viele solche Objekte gibt, die doch anders als die Sterne nie mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden können. Wenn sich hingegen herausstellen sollte, dass die hier präsentierten Schätzungen an FFPs erheblich nach unten korrigiert werden müssten, könnte dies die Entstehungstheorien bestätigen. Sollten sich im Extremfall alle FFP-Kandidaten als Fehlinterpretation erweisen, würde dies erneut die Entstehungstheorien in Frage stellen, jedoch kompatibel mit einem Schöpfungsmodell sein.

[EHRMANN A (2021) Planeten um ferne Sterne. Stud. Integr. J. 28, 22–29 • HAN C et al. (2004) Gravitational microlensing: A tool for detecting and characterizing free-floating planets. *Astrophys. J.* 604, 372–278 • McDONALD I et al. (2021) Kepler K2 Campaign 9 – I. Candidate short-duration events from the first space-based survey for planetary microlensing. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 505, 5584–5602; arXiv: 2107.02746 • MRÓZ P et al. (2017) No large population of unbound or wide-orbit Jupitermass planets. *Nature* 548, 183; arXiv: 1707.07634 • SAMSON A J et al. (2020) Predictions of the Nancy Grace Roman Space Telescope galactic exoplanet survey II: Free-floating planet detection rates. *Astron. J.* 160, 123; arXiv: 2006.10760 • SUMI T et al. (2011) Unbound or Distant Planetary Mass Population Detected by Gravitational Microlensing. *Nature* 473, 349; arXiv: 1105.3544 • VERAS D et al. (2012) Planet–planet scattering alone cannot explain the free-floating planet population. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 421, L117–L121]. P. Korevaar

■ Kaum einzigartige DNA-Sequenzen im Erbgut des Menschen

Jeder von uns teilt etwa 1–4 % seiner DNA mit den ausgestorbenen Neandertalern (SÁNCHEZ-QUINTO 2012). Diese Aussage ist allerdings missverständlich und dadurch irreführend. Denn es ist nicht gemeint, dass moderne Menschen 1–4 % Neandertaler-DNA haben oder dass 1–4 % unserer Gene von Neandertaler-Vorfahren stammen. In Wirklichkeit geht es um Allele derselben Gene. Damit ist gemeint, dass jedes Gen in verschiedenen Ausprägungen vorkommen kann. So trägt jeder einzelne Mensch in seinem Genom (= gesamtes Erbgut) viele einzigartige Allele, die bei anderen Menschen nicht vorkommen, die aber im Genom der Neandertaler und/oder der Denisovaner zu finden sind.

Das Phänomen, dass jeder von uns unterschiedliche Allele besitzt, die denjenigen der ausgestorbenen Neandertaler gleichen, ist als sogenannte „unvollständige Abstammungssortierung“ (engl: incomplete lineage sorting; ILS) bekannt (Abb. 1). Dieses Phänomen resultiert aus Allelen, die in der Ausgangspopulation (hier: des Menschen) vorhanden waren und sich auf Teilpopulationen verteilt haben wie z. B. die

Linie, die zum modernen Menschen führt, oder die Linie, die zu den Neandertalern führt. Aus diesem Grund muss jeder Versuch, die Abstammung von archaischen Menschen im menschlichen Genom zu kartieren, die Vermischung der Gene dieser frühen Menschen durch die Fortpflanzung von ILS trennen. Darüber hinaus könnte eine Technik, die es ermöglicht, sowohl Vermischung als auch ILS zu identifizieren, die Erstellung eines Katalogs spezifisch menschlicher Genomregionen ermöglichen, der frei von beiden Prozessen ist. Dadurch stünde ein weiteres Mittel zur Prüfung von Hypothesen zur Evolution des Menschen zur Verfügung.

Ein Team von Bioinformatikern hat kürzlich einen neuen Algorithmus namens SARGE (Speedy Ancestral Recombination Graph Estimator) entwickelt, mit dem sie die genomweiten Rekombinationsmuster von 279 modernen menschlichen Genomen, zwei Neandertaler-Genomen und einem Denisovaner-Genom bestimmten (SCHAEFER 2012). Mithilfe ihres neuartigen Algorithmus (Computersoftware) kartierten sie die Abstammung von Neandertalern und Denisovanern sowie die ILS bzw. das Fehlen von beidem in modernen menschlichen Genomen. Sie bestätigten frühere

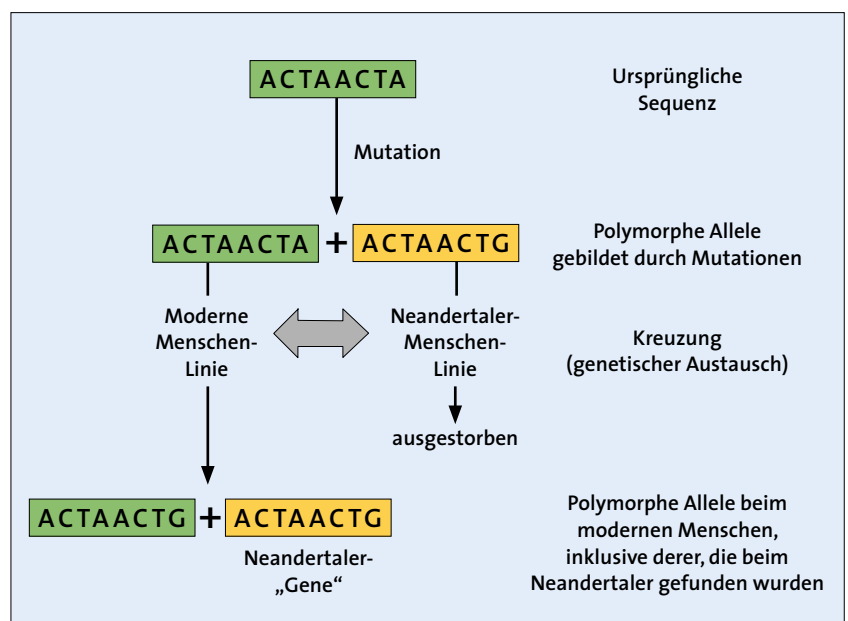


Abb. 1 Die gemeinsame genetische Variation in unserer gemeinsamen menschlichen Vorfahrenpopulation ist auch noch weitgehend unter den heutigen Menschen vorhanden, ebenso bei den Neandertalern bis zu ihrem Aussterben. Es können aber auch Konvergenzen oder wiederkehrende Mutationen vorliegen, die unabhängig erworben wurden.