



Zeit ist nicht die Zeit ...

Robert Noll, Tiefenthal

Einleitung

Steine erzählen Geschichten aus der Vergangenheit unserer Erde. Diese Geschichten spielen aber nicht nur in einer bestimmten Epoche unserer Erdgeschichte; sie erzählen auch kleine abgeschlossene Episoden. Mein geologisches Hobby war es, dass die Anregung dafür gab, mich mit dem Thema Zeit auseinanderzusetzen. Vielleicht hat diese Herangehensweise dazu geführt, eine etwas andere Sichtweise auf die Zeit zu erlangen.

Wenn man sich heute zu einem bestimmten Thema informieren möchte, steht man vor einem großen Angebot an Wissen in den verschiedensten Medien. Es gibt wahre und falsche Aussagen, und umso schwerer fällt es, die richtige Auswahl an Inhalten zu treffen. Ich habe schnell gemerkt, dass die aussagekräftigsten Beiträge von renommierten Wissenschaftlern stammen, wenngleich eine kontroverse Diskussion von Fakten Teil der wissenschaftlichen Auseinandersetzung ist. Das Thema Zeit hatte mich über mehrere Jahre in seinen Bann gezogen, bis ich mich entschloss, diesen Diskussionsbeitrag zu schreiben.

In der Physik gibt es zum Wesen der Zeit noch viele offene Fragestellungen, was mich besonders an diesem Thema fasziniert hat. Da ich kein Physiker bin, steht es mir weder zu, neue Theorien über die Zeit zu formulieren noch bestehende Theorien in Frage stellen. Meine naturphilosophischen Gedanken zum Thema Zeit sollen erreichen, auch mal von einer anderen Seite über das Phänomen Zeit nachzudenken.

Zeitfossilien – Zeit in der Geologie

In der Geologie geht es meist um sehr lange Zeiträume, denn unsere Erde gibt es seit etwa 4.5 Mrd. Jahren. Es geht ferner um lang andauernde und sehr langsame Abläufe. Die Kontinentalverschiebung beispielsweise vollzieht sich mit der Geschwindigkeit, mit der ein Fingernagel wächst, und mit jedem Jahr wird der Flug nach Amerika ein Stück länger. Mitunter wurden in den Gesteinen aber auch kürzere Ereignisse oder Vorgänge überliefert, welche dann meist eine klare kausale Abgrenzung zeigen und eine unterschiedliche Dauer zwischen Sekundenbruchteilen bis hin zu Jahren haben. Bei derartigen Sachzeugen, die Phänomene der Erde und des Lebens konserviert haben, spreche ich dann gern von „Zeitfossilien“.

In der Geologie stellt die Zeit eigentlich kein flüchtiges Element wie in der Physik dar; Zeitfossilien sind Hardware, die man in den Händen halten kann. Deswegen habe ich mir auch die Frage gestellt: „Wie kann es sein, dass Zeit vergeht und ich sie trotzdem im Gestein wiederfinden kann?“ Dieser vermeintliche Widerspruch hat mich dazu bewegt, mir Gedanken zu machen, ob wir am Wesen der Zeit vielleicht etwas falsch interpretieren.

Zeitfossilien sind nicht nur in der Geologie häufig zu finden; man findet sie genauso in anderen historischen Wissenschaften wie z. B. in der Archäologie, aber auch in der Kosmologie. Selbst mit der Aufnahme einer Fotografie erzeugen wir ein sog. Zeitfossil. In der Geologie gibt es daher Zeitfossilien in den unterschiedlichsten Ausführungen, vom laminierten Tuffit (Bandjaspis) über Stromatolithen bis zu den Zuwachszonen versteinerner Bäume (Abb. 1). Ich möchte zur Illustration nur ein Beispiel nennen, das aber prägnant die Verbindung von Wetter und Zeit veranschaulicht und unterstreicht, dass Wettervorgänge Zeitabläufe sind.

Regentropfen haben vor etwa 290 Millionen Jahren Abdrücke im feuchten Schlamm hinterlassen, der im Laufe der Zeit zu Stein geworden ist. Regen ist eigentlich ein alltägliches Wetterereignis, wobei jeder fallende Tropfen als einzelnes, kausales Ereignis gesehen werden kann, das eine gewisse Zeit beansprucht.

Anschrift des Autors

Robert Noll, In den Birkengärten 30, 67311 Tiefenthal, E-Mail: r.h.noll@t-online.de.

Abb. 1a | Stromatolith, biosedimentäre Strukturen, verursacht durch frühe Lebewesen auf der Erde. Warrawoona-Gruppe, Westaustralien, ca. 3,5 Milliarden Jahre alt.



3 cm

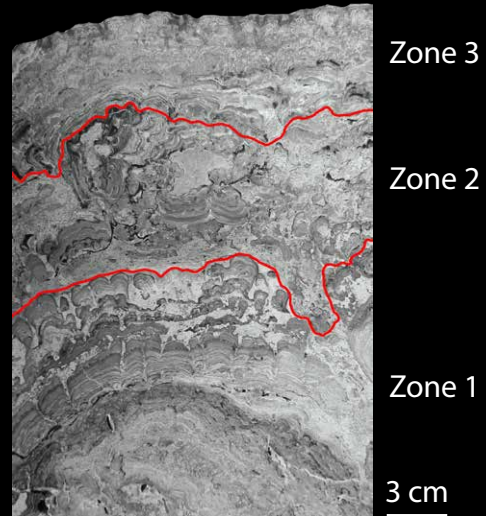


Abb. 1b | Stromatolith mit biosedimentären Wachstumsstrukturen und einem Ereignishorizont (Zone 2) der vermutlich durch einen tektonisch ausgelösten Tsunami verursacht wurde. Zone 2 enthält ungeordnet abgelagerte Stromatolithen-Fragmente. In Zone 1 und Zone 3 zeigen die Stromatolithen orientiertes Wachstum. Miozän des Mainzer Beckens, ca. 20 Millionen Jahre alt.

Abb. 1c | Regelmäßige konzentrische Zuwachszonen in einem Nadelholz, verursacht durch zyklische Aktivität des Kambiums. Donnersberg-Formation des Saar-Nahe-Beckens, Winnweiler, Rheinland-Pfalz, ca. 290 Millionen Jahre alt.



3 cm

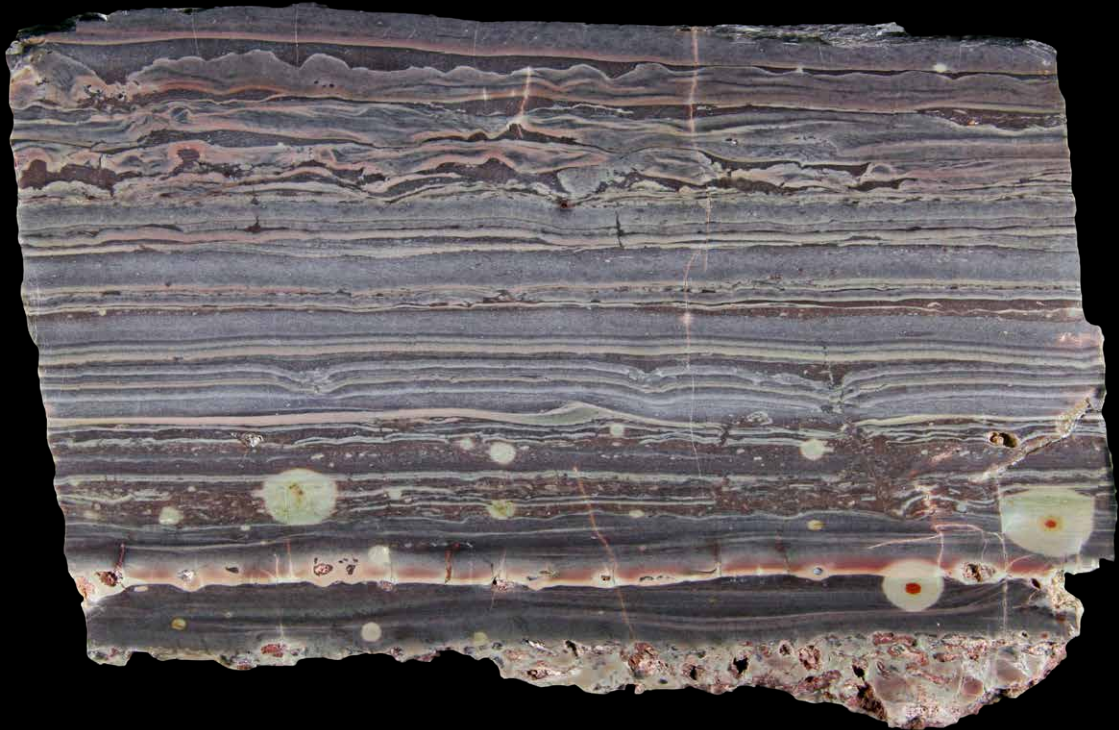


Abb. 1d | Laminiertes Tuffit, jede Schichtlage steht für ein Regenereignis, keine Schicht gleicht der nächsten, jedes Ereignis unterscheidet sich in seinen Randbedingungen von den vorhergegangenen und nachfolgenden Ereignissen. Die kreisrunden Bleichzonen entstehen durch eingelagerte, radioaktive Mineralpartikel. Tuff IV der Donnersberg-Formation, ca. 290 Millionen Jahre alt.



Abb. 1e | In einem See durch jahreszeitlichen Wechsel entstandener Karbonat-Laminit. Reinsdorf-Horizont der Leukersdorf-Formation im Chemnitz-Becken, Sachsen, ca. 294 Millionen Jahre alt.



Abb. 2 | Regentropfen-Abdrücke auf Tuffit, Rotliegend der Donnersberg-Formation, Fundort: Hottenmühle bei Lauschied, Pfalz.

Dieses alltägliche Geschehen wird allerdings zum kausalen Ritt auf der Rasierklinge, wenn man die Aufeinanderfolge der taphonomischen Bedingungen berücksichtigt, die zur Erhaltung dieser Regentropfenabdrücke geführt haben:

Bevor die Regentropfen auf den feuchten Schlamm gefallen sind, muss dort für eine gewisse Zeit eine Wasserüberdeckung vorgelegen haben, damit Mikrobenmatten entstehen konnten. Diese Mikrobenmatten bilden eine Trennschicht, an der sich die Gesteinsplatten nach 290 Millionen Jahren exakt in jeder Ebene spalten lässt, welche die Regentropfenmarken enthält.

Das stehende Wasser musste allerdings bis zu der Zeit weitgehend verdunstet gewesen sein, als die Regentropfen gefallen sind. Also eine zeitliche Punktlandung, da nur auf feuchtem Schlamm ohne bzw. mit geringer Wasserüberdeckung derartige Abdrücke von Regentropfen entstehen.

Da einzelne Tropfen zu sehen sind, darf es auch nicht zu lange oder zu stark geregnet haben, vielleicht nur ein kurzer Schauer am Rande eines Gewitters.

Andererseits muss der Gewitterregen im nicht allzu weit entfernten Hinterland des Geschehens in Wolkenbruchstärke niedergegangen sein – stark genug, um jene Schlammflut auszulösen, die die Oberfläche mit den frischen Regentropfenabdrücken zugedeckt hat, bevor sie abgetrocknet war.

In einem Monsunklima wie es vor etwa 290 Millionen Jahren einige Areale Mitteleuropas beherrschte, können sich die Bedingungen schnell ändern, was die Zeitspanne zwischen den einzelnen Bildungsphasen begrenzt. Die Chance der Überlieferung der Regentropfeneindrücke ist daher relativ gering.

So sollte man meinen, derartige Überlieferungen seien nur selten zu finden? Doch sie kommen überraschenderweise relativ oft vor. An der Fundstelle, von der das Stück zu Abb. 2 stammt, kommen Regentropfeneindrücke sogar wiederholt, in mehreren Gesteinsschichten übereinander vor.

Die Verbindung von Zeit und Wetter war in eindrucksvoller Weise auch an den Exponaten der Sonderausstellung „Versteinertes Wetter“ zu sehen, die von Dr. Sebastian Voigt, Urmuseum Geoskop Kusel, konzipiert wurde und zwischen dem 09.04 und 07.11.2021 im Museum für Naturkunde Chemnitz zu sehen war.

In der Urzeit gab es keine Uhrzeit

In der Frühgeschichte des Menschen war die Zeit mit Hilfe der Wetterveränderungen, der Tageszeiten und Jahreszeiten zu unterscheiden. Der Frühmensch wusste somit fast instinktiv, was Zeit ist. Es gibt zahlreiche Belege dafür, dass der Mensch auch schon früh den Zusammenhang zwischen Jahreszeiten und dem Lauf der Gestirne kannte.

Blick in die Entwicklungsgeschichte der Zeitmessung

Der Mensch hatte sich schon früh darüber Gedanken gemacht, wie sich die Zeit genauer bestimmen lässt. Die technischen Innovationen des Menschen schließen auch Entwicklungen der Zeitmessung ein. In der Jungsteinzeit (Megalith-Kultur) wurden bereits Steinsetzungen vorgenommen, die als Observatorien zur genaueren Bestimmung des Laufs der Gestirne dienten. Stonehenge ist davon in Europa wohl die eindrucksvollste Anlage. Für den Beginn der Bronzezeit ist die Himmelsscheibe von Nebra glänzendes Beispiel einer tragbaren Zeitmessung für Jahreszeiten. Die Sonnenuhr, mit der sich schon der einzelne Tag in Abschnitte einteilen ließ, wurde wohl auch schon in der Bronzezeit (3.300 v. Chr. bis 1.200 v. Chr.) entdeckt und in der Antike (ca. 800 v. Chr. bis 500 n. Chr.) weiterentwickelt. Erste archäologische Funde stammen aus Ägypten. Uhren, die mit Hilfe von fließendem Wasser die Zeit messen konnten, wurden im frühen Mittelalter bekannt. Karl der Große bekam im Jahr 797 ein eindrucksvolles Exemplar vom Kalifen von Bagdad, Harun al Raschid, geschenkt. Im 14. Jahrhundert kamen die ersten mechanischen Turmuhren auf, die für eine breitere Bevölkerung in den Städten die Tageszeit und somit einen genaueren Tagesrhythmus sichtbar machten. Der Uhrmacher Peter Henlein aus Nürnberg erfand 1511 das erste tragbare Uhrwerk, das ab 1550 als „Nürnberger Ei“ in Kleinserie ging. Diese kostspielige Errungenschaft konnten sich zunächst nur wenige Wohlhabende wie Adlige und Bürger leisten. Tragbare Uhren wurden erst im Laufe des 19. Jahrhunderts für Jedermann zugänglich und prägten fortan nachhaltig den Tages- und Arbeitsrhythmus einer breiten Gesellschaft. Sicher verursachten sie seither auch unsere stetig zunehmende Zeitverknappung.

Heute misst man die Zeit mit den genauesten Uhren; die Quantenmechanik hat uns den Weg zur Atomuhr geebnet. Viele Menschen tragen heute Quarzuhren am Handgelenk, bei denen der Takt von den elektrisch induzierten, sehr konstanten Schwingungen eines Quarzkristalls vorgegeben wird. Somit stammt auch diese Errungenschaft wieder von einer Eigenschaft der Steine – der Piezoelektrizität.

Wenn wir heute einem Passanten die Frage stellen „Was ist Zeit?“, bekommen wir nach einem kurzen Blick auf die Armbanduhr meist die korrekte Uhrzeit genannt. In der modernen Physik hat sich jedoch bei der Suche nach den kleinsten Bauteilen der Materie die Zeit von einem reinen Maßsystem zu einem physikalischen Problem entwickelt. So geht es Physikern wieder eher so wie Augustinus von Hippo, der vor 1.600 Jahren folgenden Satz prägte: „Was ist also die Zeit? Wenn niemand darüber fragt, so weiß ich es; wenn ich jemandem auf seine Frage antworten möchte, so weiß ich es nicht“.

Heraklit – Flussegmente und das Fließen der Zeit

Schon in der Antike entstand die Vorstellung vom „Fluss der Zeit“; Begriffe wie „Panta Rhei“ (alles fließt) werden auf Heraklit von Ephesus 500 v. Chr. zurückgeführt. Eines seiner überlieferten Flussegmente hat hauptsächlich die Vorstellung des Fließens der Zeit wie das des Wassers in einem Fluss geprägt: „Wer in dieselben Flüsse hinabsteigt dem strömt stets anderes Wasser zu!“

Die Zeit scheint wie das Wasser im Fluss immerfort in Richtung einer fernen Zukunft zu fließen (Zeitpfeil). Allerdings stehen die Menschen mit dieser Vorstellung am Flussufer und schauen dem Fluss nach. Folgt man jedoch Heraklit in den Fluss und stellt sich wie er entgegengesetzt der Fließrichtung auf, sodass einem „stets anderes Wasser zufließt“, dann ändert sich die Fließrichtung der Zeit von der Zukunft, aus der die immer andere (neue) Zeit auf uns zufließt, in Richtung der Vergangenheit unserer Wahrnehmung (umgekehrter Zeitpfeil).

Aristoteles – Was ist das „Jetzt“?

Aristoteles hat diese umgekehrte Zeitrichtung ca. 230 Jahre später wieder aufgegriffen, als er sich um das „Jetzt“ Gedanken machte und die Gegenwart in folgende Segmente einteilte: Das „zukünftige Jetzt“, das gerade aus der Zukunft auf uns zukommt und gleich zum „gegenwärtigen Jetzt“ wird, um im nächsten Moment zum gerade „vergangenen Jetzt“ geworden zu sein.

Zeit scheint in der Antike auch schon unterschiedliche Richtungen gehabt zu haben? Hat das nur mit unseren allgegenwärtigen Uhren zu tun, dass wir nur noch den Zeitpfeil in die Zukunft sehen? Nein, die Kausalität ist die bittere Realität, die uns altern lässt und Ereignisse mit Endgültigkeit versieht. Das ist es, was wir alltäglich erfahren, wenn z. B. eine Tasse vom Tisch fällt und zerspringt. Aber wenn wir noch einmal darüber nachdenken – könnte das System nicht genauso funktionieren, wenn der Fluss der Zeit in der Zukunft entspringt* und uns ständig neue Ereignisse entgegenfließen, die unsere Vergangenheit auffüllen?

Gegenwart – Die Zeiterfahrung des Menschen ist subjektiv

All unsere Sinneserfahrungen sind subjektiv, da wir sie selbst machen. Das ist eine Wahrheit, die wir uns eingestehen müssen, falls wir „objektiv“ über ein Problem nachdenken wollen. Das betrifft auch unsere Zeitvorstellung, denn vom Blickwinkel einer Libelle aus gesehen, liegt unsere gefühlte Gegenwart längst in der Vergangenheit. Das liegt daran, dass Libellen eine 5 mal schnellere, optische Auffassungsgabe haben als der Mensch und das bei einem Blickwinkel von 360°. Das bedeutet, Libellen sehen uns noch mit unserer gefühlten Gegenwart, wenn sie schon an uns vorbeigeflogen sind, für Libellen bewegen wir uns in Zeitlupe.

Was ist die Konsequenz? Der Mensch ist durch seine langsamen Sinne mit seinen Erfahrungen in der Vergangenheit gefangen. Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass unser Gehör etwas schneller ist als unser Sehsinn. Die entscheidende Geschwindigkeit für Informationsübertragung in der Physik ist nicht die Schallgeschwindigkeit, sondern die Lichtgeschwindigkeit. Wir können uns nur damit trösten, dass physikalisch gesehen auch die Libellen in der Vergangenheit leben, ausgehend von der durch Max Planck errechneten, kleinstmöglichen Zeiteinheit von 5×10^{-44} Sekunden, die man auch als physikalische Gegenwart sehen könnte.

Max Planck – Die Grenze zur Realität

Der deutsche Physiker Max Planck fand 1899 bei seiner Arbeit über die thermodynamische Beschreibung der Schwarzkörperstrahlung heraus, dass die Wirkung von Energie nicht konstant, sondern in einzelnen Paketen, den Quanten, in einer bestimmten Frequenz abgegeben wird. Die kleinstmögliche übertragbare Wirkung wird als Wirkungsquantum bezeichnet und beinhaltet somit auch die kleinste, reale Größenordnung für Raum (10^{-23} Meter) und Zeit (5×10^{-44} Sekunden). Dieses Verhältnis wurde später auch auf die Größe des Universums beim Urknall übertragen. Das Wirkungsquantum bildet aber auch überall und gleichzeitig eine innere Grenze unseres Universums zur Realität. Dass wir durch unsere langsamen Sinne zu einem Leben in der Vergangenheit genötigt werden, wird für manchen eine ernüchternde Tatsache sein. Vielleicht kann man das Gefühl etwas entschärfen, wenn man den Begriff Vergangenheit gegen den einer „andauernden Realität“ tauscht. Dann wäre unser Dasein eine Episode in einer andauernden Realität. Letztere würde beim Wirkungsquantum des Urknalls beginnen und beim Wirkungsquantum der Realitätsgrenze enden.

Kein Platz mehr für die Zukunft?

Wenn die Gegenwart an der Grenze der Realität liegt und die Realität selbst eigentlich die Vergangenheit ist, wo sollte man dann unsere Zukunft einordnen?

Tatsächlich gibt es in der Quantenwelt keine Zukunft in unserem Verständnis; sie ist dort auf den kleinsten Zeitbereich reduziert und liegt zwischen dem „Überall-Gleichzeitig“ und dem „Hier und Jetzt“. Im „Überall-Gleichzeitig“ ist noch alles möglich, und im „Hier und Jetzt“ ist schon alles passiert. In der Quantenwelt ist die Zukunft keine relevante Größe. Das, was wir im Allgemeinen unter Zukunft verstehen, ist eigentlich nur eine in unserem Gehirn ständig ablaufende Wahrscheinlichkeitsrechnung, die auf den Erfahrungen in unserer Realität aufbaut. Basierend auf unseren gesammelten Erfahrungen können wir eine Zukunft planen, die sich aufgrund einer Wahrscheinlichkeit erfüllt oder auch nicht. Genauso funktioniert auch die mittlerweile sehr gut zutreffende Wettervorhersage. Aber ohne die in der Vergangenheit gesammelten Daten wäre kein Rechner der Welt groß genug, um eine einigermaßen verlässliche Vorhersage zu machen. Das Wetter gehört zu den komplexesten Systemen unserer Welt;

* Die Zukunft als Quelle der zukünftigen Ereignisse?

eine Wettervorhersage ist sprichwörtlich „gezähmtes Chaos“. Der Zeitpfeil in Richtung Zukunft ist demzufolge ein Pfeil, der in eine unbestimmte Richtung fliegt und zum Ziel das „Überall-Gleichzeitig“ hat.

Albert Einstein – Raumzeit und Uhrzeit sind nicht dasselbe

Vorab: Albert Einstein schlug mit der Entwicklung der Relativitätstheorie zur vorletzten Jahrhundertwende ein neues Kapitel in der modernen Physik auf. Er zeigte uns, dass die Zeit keine feste Größe darstellt, die immer und überall gleich ist, sondern sich zusammen mit dem Raum relativ zur Schwerkraft oder Geschwindigkeit der Messung verändert. Sie bildet zusammen mit dem dreidimensionalen Raum eine untrennbare Verbindung, die vierdimensionale Raumzeit – ein Feld, das unser gesamtes Universum durchzieht und ohne das es dieses Universum nicht gäbe. Einsteins Relativitätstheorie ist wohl eine der am besten bestätigten Theorien überhaupt und ein Standbein der modernen Physik. Einstein soll jedoch auf die Frage „Was ist Zeit?“ geantwortet haben: „Zeit ist das, was man auf der Uhr ablesen kann!“ Er hätte als Erfinder der Raumzeit genauso antworten können: „Zeit ist die vierte Dimension der Raumzeit!“

Ist aber die Zeit, die wir auf der Uhr ablesen können, identisch mit der Raumzeit? Die Uhr zeigt uns in kleinen Abschnitten, wie die Zeit vergeht und beschreibt den unumkehrbar in die Zukunft gerichteten Zeitpfeil der Kausalität. Die Geschwindigkeit, mit der die Zeiger der Uhr weiterticken, ist jedoch abhängig von der Gravitation des Ortes, an dem sich die Uhr befindet und von der Geschwindigkeit, mit der die Uhr bewegt wird. Das zeigt den Zusammenhang zwischen Zeit und Raum, den Einstein in seiner Relativitätstheorie beschreibt. Die Raumzeit wechselwirkt mit der Geschwindigkeit; die Wechselwirkung betrifft also nicht nur die Zeit, sondern auch den Raum. Steigt die Geschwindigkeit eines Objektes, schrumpft der Raum zwischen dem Objekt und seinem Ziel, und die im Objekt befindliche Uhr tickt langsamer. Das Phänomen lässt sich jedoch bei den recht langsamen Geschwindigkeiten, mit denen wir uns üblicherweise bewegen, nicht bemerken. Bei höheren Geschwindigkeiten lässt sich der Unterschied zwischen einer präzisen bewegten Uhr und einer präzisen unbewegten Uhr jedoch genau messen. Wir sind mit unseren relativ langsamen Sinnen in der Lage, Geschwindigkeitsänderungen wahrzunehmen. Ähnlich verhält es sich mit der Schwerkraft. Wir bemerken kaum, dass sich unsere Uhr auf einem Berg schneller bewegt als auf Meeresebene. Die Erdschwerkraft ist überall gegenwärtig; deswegen bemerken wir sie oft nicht bewusst, aber das Gefühl des freien Falls kennen wir alle und können so nachvollziehen, dass wir auch die Schwerkraft mit unseren langsamen Sinnen wahrnehmen können.

Da wir jetzt wissen, dass unsere Sinne so langsam sind, können wir die Wirkung der Raumzeit mit etwas Logik zeitlich genau in dieser andauernden Realität verorten. Die Raumzeit verrichtet also ihre Arbeit in der Realität und verschwindet nicht in die Zukunft. Die Uhrzeit wird zu einer reinen Messgröße für die Wirkung der Raumzeit.

Wenn die Raumzeit in der Realität verbleibt – woraus besteht sie dann? Was ist ihr kleinster Bestandteil? Da bei der Raumzeit keine „Körnigkeit“, wie bei Materie festzustellen ist,* stellt man die Frage wohl geschickter nach der kleinsten Teilmenge der Raumzeit, also nach der kleinsten möglichen Verbindung von Raum und Zeit? Diese kleinste Verbindung eines Ortes und einer Zeit ist ein Ereignis, das minimal größer ist als das Plancksche Wirkungsquantum – also ein Planck-Ereignis. Die Raumzeit wird in der Physik als Feld dargestellt; aber genauso könnte man sie als Menge aus Ereignissen ansehen. Die Frage, welche Zeit die richtige Zeit ist, die Uhrzeit oder die Raumzeit, muss man sich eigentlich gar nicht stellen. Beide Zeiten haben ihre Berechtigung in unserer Welt. Wichtiger ist es, den Unterschied zu kennen. Die Expansion der Raumzeit ist die Ursache für die Wirkung der Kausalität, die wir mit unseren Uhren messen.

Der bewegte, unbewegte Ort der Gegenwart

Wenn eine Tasse vom Tisch fällt, zerspringt sie, und die Scherben bleiben am Boden liegen. Der Ort des Geschehens ändert sich also für unsere Wahrnehmung zunächst nicht. Wir können den Ort verlassen und später mit Besen und Schippe zurückkehren um die Scherben aufzunehmen. Tatsächlich verlassen wir den Ort des Gesche-

* Der interstellare Raum wird auch als leerer Raum bezeichnet, da das Licht von weit entfernten Sternen über Milliarden von Lichtjahren ungehindert zu uns vordringen kann. Im leeren Raum sind also keine Teilchen (Körnung), die das Licht abhalten könnten; aber das Raumzeit-Feld durchzieht auch den interstellaren Raum.

hens mit hoher Geschwindigkeit und können niemals wieder zurückkehren. Wie ist dieser Widerspruch zu verstehen? Beide Aussagen sind richtig. Da wir im Schwerkräftenfeld eines Planeten leben, gibt es immer zwei Orte des Geschehens, die sich für uns nicht wahrnehmbar trennen, sobald das Ereignis älter als 5×10^{-44} Sekunden alt ist. Dieses Phänomen ist auch dafür verantwortlich, dass wir überhaupt „Zeitfossilien“ finden können. Wir bewegen uns mit hoher Geschwindigkeit in der Raumzeit, selbst wenn wir uns vermeintlich – im Sessel sitzend – in Ruhe befinden. Unsere Erde dreht sich mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 1.670 km/h am Äquator, in Deutschland ist die Geschwindigkeit etwas niedriger ca. 1.300 km/h. Unsere Erde kreist aber auch mit ca. 10.8000 km/h um die Sonne, und unser Sonnensystem kreist mit ca. 2.268.000 km/h um unsere Galaxie, die Milchstraße. Ohne die Bewegung unserer Galaxie und die Expansion des leeren Raumes um uns herum ergeben sich zusammen mindestens 2.377.300 km/h. Das sind etwa 660 km/s, mit denen wir uns ständig vom Ort des Geschehens im Raum entfernen. Wenn wir mit unserem Auto mal schneller als 200 km/h unterwegs sind, bekommen wir meist schon ein mulmiges Gefühl.

Resümee

Ich kann nicht sagen, ob ein umgekehrter Zeitpfeil ein besseres Verständnis der Zeit in der Physik brächte. Aber in einer durch Zeitdruck gestressten Gesellschaft finde ich zumindest die Vorstellung entspannend, dass sich die Zeit als Summe der Ereignisse in einer andauernden Realität sammeln und wir jederzeit auf diese Erfahrungen zurückgreifen können. Die Zukunft in unserer Vorstellung lässt sich nur durch Aktion, nicht aber durch Reaktion verändern.

Zusammengepuzzeltes Wissen

Die allgemeine Kenntnis über die Details dieses Beitrages habe ich aus Büchern, wissenschaftlichen Beiträgen und Dokumentationen im Internet zusammengestellt. Da es sich um allgemein zugängliche Quellen, wie z. B. Wikipedia und Youtube handelt, habe ich auf detaillierte Quellenangaben im Text verzichtet. Eine Auswahl der m. E. aussagekräftigsten Literatur zum Thema Zeit habe ich nachfolgend als Empfehlungen zusammengestellt.

Literatur

Die Werke der Quantenphysiker Carlo Rovelli und Lee Smolin haben mich am meisten beeindruckt. Trotz des hohen wissenschaftlichen Anspruchs sind sie in einer allgemeinverständlichen Sprache für ein interessiertes Publikum geschrieben. Die befreundeten Wissenschaftler haben eine unterschiedliche Auffassung vom Wesen der Zeit in der Quantenmechanik, was die Spannung beim Lesen der Bücher ungemein erhöht.

Rovelli; C.: Die Ordnung der Zeit (ISBN 978-3-498-05399-4).

Rovelli; C.: Und wenn es die Zeit nicht gäbe? (ISBN 978-3-499-63388-1).

Rovelli; C.: Die Wirklichkeit, die nicht so ist, wie sie scheint (ISBN 978-3-498-05806-7).

Smolin, L.: Im Universum der Zeit (ISBN 978-3-421-04575-1).

Smolin, L.: Quantenwelt (ISBN 978-3-421-04686-4).

Ein Buch, das auf unterhaltsame Weise die Untiefen zum Thema Zeit erörtert, ist:

Lesch, H. & Forster, U.: Zeit (ISBN 978-3-8436-1125-1).

Ein sozialkritisches Werk, das den Widerspruch der „Zeit ist Geld-Logik“ und der Umweltproblematik beleuchtet, ist: Lesch, H., Geißler, K.-H. A. & Geißler, J.: Alles eine Frage der Zeit (ISBN 978-3-96238-248-3).

Der Klassiker, der unsere Welt in klaren Sätzen beschreibt und wohl „öfter verkauft wurde als Madonnas Bücher über Sex“ ist: Hawking, S.: Eine kurze Geschichte der Zeit (ISBN 978-3-499-62600-5).

Das Original von 1988 gibt es in einer überarbeiteten und in einer illustrierten Version mit nahezu identischem Text: Hawking, S.: Die illustrierte, kurze Geschichte der Zeit (ISBN 978-3-499-61968-7).

Die neueste, überarbeitete Version des Klassikers von 2019, in die die neueren Forschungserkenntnisse eingearbeitet wurden, ist: Hawking, S. & Mlodinow, L.: Die kürzeste Geschichte der Zeit (ISBN 978-3-499-62197-0).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [45](#)

Autor(en)/Author(s): Noll Robert

Artikel/Article: [Zeit ist nicht die Zeit ... 133-140](#)