

Zeitbegriff

Manfred Hörz

Heute wird ja bekanntermaßen darüber diskutiert, ob Zeit überhaupt existiert und ob sie nicht nur eine Illusion oder pure Konvention ist.

Als Einstein 1905 in seinem berühmten Artikel „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ seinem Unbehagen über die Asymmetrie der Interpretation der Maxwellschen Theorie in Bezug auf bewegte Körper Ausdruck verlieh (gemeint ist das Phänomen der Faraday-Induktion eines elektrischen Stroms in einem elektrischen Leiter durch Relativbewegung von Leiter und Magneten), sah er die Lösung des Problems in einer präzisen und operationalen Definition des Zeitbegriffs, basierend auf den beiden Axiomen des Prinzips der Relativität, das sich nicht nur auf die Newtonsche Mechanik, sondern auch auf die Elektrodynamik, also auf die ganze Physik beziehen sollte und des Prinzips der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum, unabhängig von dem Bewegungszustand der Lichtquelle.

„Die zu entwickelnde Theorie stützt sich – wie jede andere Elektrodynamik - auf die Kinematik des starren Körpers, da die Aussagen einer jeden Theorie Beziehungen zwischen starren Körpern (Koordinatensystemen), Uhren und elektromagnetischen Prozessen betreffen. Die nicht genügende Berücksichtigung dieses Umstandes ist die Wurzel der Schwierigkeiten, mit denen die Elektrodynamik bewegter Körper gegenwärtig zu kämpfen hat. „ (Seite 892 in Annalen der Physik, 1905)

Bewegung aber werde beschrieben als Veränderung der Ortskoordinaten in Bezug auf die Zeit.

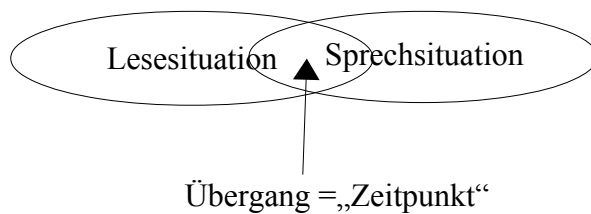
„Es ist nun wohl im Auge zu behalten, dass eine derartige mathematische Beschreibung erst dann einen physikalischen Sinn hat, wenn man sich vorher darüber klar geworden ist, was hier unter „Zeit“ verstanden wird.“ (ebd.)

Die Frage ist hier natürlich, ob der Gedanke, Bewegung über das Verhältnis von Raum und Zeit zu beschreiben, nicht ein Zirkelschluss ist. Denn Zeit wird selbst wiederum über die Bewegung einer Uhr (eines Uhrzeigers) beschrieben. In der üblichen Physik waren (und sind zum Teil immer noch, siehe Quantenphysik) Raum und Zeit Parameter.

Liest man nun in einem Bezugssystem (Inertialsystem) die Zeit ab, so bedeutet das nach Einstein die *Gleichzeitigkeit* zweier Ereignisse. Trifft ein Zug im Bahnhof ein, so schaue ich auf den Zeiger einer Uhr und sage dann, er ist um etwa 12.00 Uhr eingetroffen. Das Eintreffen des Zuges und die Position des Zeigers auf 12.00 Uhr sind „gleichzeitig“. Man muss hier freilich präzisierend hinzufügen, dass es exakte Gleichzeitigkeit gar nicht gibt. Die gäbe es nur, wenn es Zeitpunkte gäbe. Gleichzeitigkeit ist immer die Überschneidung zweier *Prozesse* (oder wie sich Einstein ausdrückt „Ereignisfolgen“), also zweier Zeitintervalle.

Einstein setzt seine Untersuchung des Zeitbegriff an mit der Zeitmessung, die sich die Zeit vorstellt wie ein Kontinuum aus Zeitpunkten. Vorgängig einer Zeitmessung ist aber ein Zeitbegriff, der zunächst komperativ ist. Messung beruht auf einer Mathematik des Kontinuums der reellen Zahlen. Verzichtet man darauf, und dafür gibt es gute Gründe, kann man nur von diskreten Zeitintervallen ausgehen. Ein Zeitintervall, eine Zeitspanne besteht in der Veränderung zweier *Situationen*. Beispielsweise befinde ich mich in einer Lesesituation und werde durch das Eintreten einer Person, die an mich eine Frage stellt, unterbrochen. Meine Aufmerksamkeit wendet sich dieser neuen Situation zu. Dieser Aufmerksamkeitsübergang ist aber nicht momentan, sondern selbst von einer

gewissen Dauer. Sie ist das, was man idealisierend einen Zeitpunkt nennt.



Eine andere Möglichkeit ist, dass eine Situation Teilsituationen enthält. Jede Situation ist aber eine Situation eines Bewußtseins, eines Beobachters oder eines Kommunizierenden. Auf die Möglichkeit der Teilsituationen möchte ich in diesem Zusammenhang weiter unten eingehen.

Situationen sind gerichtete Situationen. Gerichtet durch mehr oder weniger starke Interessenlagen und Erwartungen. Diese können erfüllt, gestört oder nicht erfüllt werden. Alle drei Möglichkeiten bedeuten einen gewissen Abschluss oder Unterbrechung der Situation, die durch die Erwartung offen war. Diese Abschlüsse oder Unterbrechungen sind das, was man unter Ereignisse versteht.

Was bedeutet in diesem Licht die Aussage Einsteins über die Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse?

„Wir haben zu berücksichtigen, dass alle unsere Urteile, in welchen die Zeit eine Rolle spielt, immer Urteile über *gleichzeitige Ereignisse* sind. Wenn ich z.B. sage: 'Jener Zug kommt hier um 7 Uhr an', so heißt dies etwa 'Das Zeigen des kleinen Zeigers meiner Uhr auf 7 und das Ankommen des Zuges sind gleichzeitige Ereignisse.'“ (aaO, Seite 893)

Die Initialsituation ist eine (offene) Erwartungssituation eines eintreffenden Zuges. Die andere Situation ist die Prozesssituation der Bewegung des kleinen Zeigers meiner Uhr, der ich nur ab und zu meine Aufmerksamkeit schenke und die damit erst zu einer Situation wird. Diese Uhrsituationen sind jeweils eingebettet in die Erwartungssituation, also Teilsituationen. Fährt nun der Zug ein und wird meine Erwartungssituation dadurch erfüllt, so richte ich meine Aufmerksamkeit auf die Uhr und lese die *räumliche* Stellung $7 \pm$ des kleinen Zeiges ab. Die Kürze der Ablesesituation täuscht vielleicht darüber hinweg, dass es sich auch hier um eine Prozesssituation handelt. Nur das *Überlappen* der beiden Situationen erlaubt es mir aber von „Gleichzeitigkeit“ zu sprechen.

Der Uhrprozess ist schon sehr spezifisch und technisch, zunächst werden Gleichzeitigkeiten anders wahrgenommen. Voraussetzung dafür, dass man von Gleichzeitigkeiten überhaupt reden kann, sind begriffene Situationen, d.h. Situationen, die ich einordnen kann. Nehmen wir an, wir haben eine A-Situation und eine B-Situation. Nur wenn diese *verschieden* sind, kann ich von Gleichzeitigkeit von A und B reden. Verschieden können sie aber erst dann sein, wenn beide relativ „fixierte“ Situationen sind, die ich, das Subjekt, nicht miteinander verwechselt kann. Zum Begreifen einer Situation, d.h. sie als A-Situation bezeichnen zu können, bedarf es eines Situationwechsels. Man scheint sich hier in einen Zirkel zu verwickeln: Kann ich denn einen Situationswechsel nicht erst dadurch konstatieren, dass ich eine Situation A von einer Situation B unterscheiden kann? Ja schon, nur muss man hier unterscheiden zwischen zwei Arten von Situationen! Von den gerade diskutierten begrifflichen (A- und B-) Situationen und von dem Situationswechsel, der allererst zum Begreifen führt und auf einer anderen Ebene angesiedelt ist: den Empfindungen. Um das zu verdeutlichen, gehe man soweit wie möglich zurück in der Entwicklung des Verstandes, zum „Bewußtsein“ eines Kleinstkindes. Unmittelbar nach der Geburt empfindet das Kind ein Unbehagen, das in dem Erlebnis der Trennung von der Mutter gründet. Erst wenn die Mutter (oder eine andere ähnliche Person) das Kind zu sich nimmt, beruhigt es sich. Bis es aufgrund der Distinktheit der Lebewesen

wieder alleine ist und das vorige Unbehagen fühlt. Dieser Prozess des Wechsels von Unbehagens- und Behagenssituationen oder Abwesen- und Anwesenheitssituationen dürfte das grundlegende Muster sein, aus dem sich die Situationen herauskristallisieren. Die Behagenssituationen sind freilich immer nur relativ und nie vollständig, da die unbewußte vorige uterale Einheit nicht mehr hergestellt werden kann. Dieses qualitative Manko ersetzt das Kind mithilfe der Überlagerung der gedächtnismäßigen Behagenssituationen und konstruiert so das gefühlte Gemeinsame heraus. Vorausgesetzt ist hier, dass die Mutter über eine relativ konstantes Verhalten verfügt, das es dem Kind ermöglicht Muster aufzubauen. Nehmen wir mal an, die Mutter gibt dem Kind regelmäßig die Flasche, sonst aber variiert so ziemlich alles, die Temperatur, die Geräusche, das Wetter etc. Irgendwann hat das Kind die Behagenssituationen in einem Muster „Mutter mit Flasche“ komprimiert, was sein erstes Bild, Präobjekt und sein erster Begriff ist. Damit einhergehend wird es in den nächsten Unbehagenssituationen oder Abwesenheitssituationen nicht nur mehr psychologisch eine Behagenssituation erwarten, sondern „logisch“ nun eine stabilisierte, begriffene „Mutter-Flasche-Situation“. Die psychologische Erwartung des Behagens als „basso continuo“ wird nun durch eine logische Erwartung präzisiert und ergänzt. Erst wenn diese durch einen Verhaltenswechsel der Mutter (etwa dadurch, dass die Mutter nicht mehr die Flasche gibt, sondern dem Kind Milchbrei gibt) unterbrochen und enttäuscht wird, das Kind aber psychologisch trotzdem befriedigt wird, entsteht eine neue Linie von Situationen, den Mutter-Milchbrei-Situationen. Diese Frustration ist sozusagen eine kleine weitere Geburt, eine Trennung von seiner konstruierten neuen Welt. Damit hat man die Möglichkeit, zwei Situationen zu unterscheiden. Mit der Differenzierung von Situationen ergibt sich induzierterweise auch eine Differenzierung von Bedürfnissen. Die Unbehagenssituationen, die eine bestimmte A-Behagenssituation (logisch) erwartet, ist ein A-Bedürfnis. D.h. Präobjekt, Bild, Begriff, Bedürfnis entstehen simultan.

Nicht nur der fundamentale Wechsel der antagonistischen Unbehagens und Behagenssituationen also findet statt, sondern auf seiner Grundlage auch die vielfältigen begrifflich bestimmten Situationen. Durch die Bedürfnisdifferenzierung und Stabilisierung können nun bezüglich verschiedener Bedürfnisse, die gemeinsam auftreten können, auch gleichzeitige oder besser gesagt Teilsituationen innerhalb gegebener Situationen auftreten.

Zeit hat mindestens zwei Grundbedeutungen. Die erste ist der Beginn oder das Ende der Situation, die durch einen Situationswechsel zustande kommt. Zeit heißt etymologisch Zerschneiden. Die Zeit beginnt also mit der Geburt, dem Prototyp der Zeit. Daraus abgeleitet ist die Zeit, die durch den Wechsel einer begrifflichen Situation zustande kommt. Die zweite Bedeutung ist sozusagen das Gegenteil der ersten. Nicht die Trennung, sondern die Teilhabe ist diesmal der Gesichtspunkt. Die Gesamtsituation ist die Zeit der in ihr enthaltenen Teilsituation. So spricht man davon, dass ein Ereignis oder Prozess während der Frühlingszeit stattfindet, z.B. das Blühen der Osterglocken.

Zwei Prozesse oder Situationen wären im *strengeren* Sinn gleichzeitig, wenn sie *gegenseitig* Teilsituationen von einander sind. Das Einfahren des Zuges wäre ein Teil der Situation der Bewegung des kleinen Zeigers im 7-Uhr-Intervall $]7-\epsilon, 7+\epsilon[$ mit geeignetem ϵ und umgekehrt.

Durch diese Präzisierung ist eine Äquivalenzrelation definiert und Gleichzeitigkeit zur A-Situation wäre so die diesbezügliche Äquivalenzklasse von A. Bei dieser Definition spielt die spezifische Dauer keine Rolle.

Wie sieht es nun mit dem anfänglichen Zirkel *Bewegung-Zeit-Bewegung* aus, bei dem die Bewegung (Ortsveränderung) als Funktion der Zeit dargestellt wird? Wir nehmen der Einfachheit halber zunächst an, ein starrer Körper bewege sich auf einer geraden Linie, die wir (orientierte) s-Achse nennen, von s_1 nach s_2 und nennen diesen Prozess S. Innerhalb dieses Prozesses können wir nun eine Teilsituation T (etwa eine Kreisbewegung:Uhr) feststellen, sodass S nicht

selbst wieder Teilsituation von T ist. Kommt diese Teilsituation T nun mehrmals innerhalb von S vor, sagen wir n mal, so können wir sagen, dass S n Ts dauert. Die T-Situation ist somit ein „Zeitmaß“ für S.

Die Bewegung des starren Körpers wird also mit einer anderen (zyklischen wiederkehrenden Bewegung) verglichen. Daraus ergibt sich natürlich schon, dass Zeit kein Parameter sein kann, sondern ein physikalisches Phänomen ist, nämlich eine physikalische Relation zweier verschiedener Bewegungen. Nicht vergessen darf man freilich, dass dies alles nur Sinn ergibt, wenn ein Beobachter anwesend ist, für den die Bewegungen Teil einer Gesamtsituation sind, d.h. mathematisiert ein Koordinatensystem. „Zeit“ ist also zumindest ein dreistelliger Prädikator:

$$Z(S, B_1, B_2)$$

wobei S der Beobachter, das Subjekt oder das Koordinatensystem ist, das den relativen Raum zu den Bewegungen definiert, B_i sind die beiden Bewegungen.

Der Raum ist aber auch nur ein Aspekt der Bewegung zunächst bezüglich S. Liegt mir gegenüber ein Objekt, dann tritt Raum in Erscheinung, wenn ich es nicht erreichen kann durch eine Armbewegung. Das Objekt liegt also weiter als eine Armlänge entfernt. Ich bewege mich demnach zu dem Objekt, um es zu erreichen. Raum wird durch Bewegung „gemessen“. Wie man sieht, ist Raum fundamentaler als Zeit, da außer S nur *eine* Bewegung B von Nöten ist. Alle Bewegungsmöglichkeiten, die S offenstehen, definieren das Koordinatensystem. So gesehen kann Bewegung nicht primär als Ortsveränderung angesehen werden, da Ort erst über Bewegung festgelegt wird. Dies tritt auch in der Vektorgeometrie in Erscheinung, da selbst Ortsvektoren als „Pfeile“ vom Subjekt (Ursprung) aus zum Objekt (Punkt) aufgefasst werden. Vektor ist geometrisch interpretiert eine (Translations-) Bewegung. Wir können den Raum R also als zweistellige Relation eines Subjekts S und einer Bewegung B definieren:

$$R(S, B)$$

Wie hängen nun Raum und Zeit zusammen? Die primäre Zeit scheint ebenso zuerst mit dem Subjekt kombiniert zu sein. Bewege ich mich zu einem entfernter liegenden Objekt, so kann es sein, dass ich dabei mehrere ähnliche Objekte (Bäume, Häuser oder Meilensteine etc) nacheinander erreiche. Die „große“ Bewegung B_1 vergleiche ich mit den kleinen Bewegungen B_2 . Je mehr es von letzteren sind, desto mehr Zeit bedarf die große Bewegung. Zeit tritt hier in Form von Räumen auf vermittelt durch B_2 - Bewegungen:

$$R(S, B_1); R(S, B_2), \dots, R(S, B_2) \Rightarrow Z(S, B_1, B_2)$$

Es gibt noch einen anderen Zeitaspekt. Bei den letzten Betrachtungen wurde die Bewußtseinsgrenze außer Acht gelassen.

Nehmen wir ein Schiff, ein kleines. Ich habe es ganz im Visier, überblicke es, sehe den Bug und das Heck gleichzeitig. Ich nehme es als räumlichen Gegenstand wahr. Selbst wenn es zu groß ist für mein Blickfeld, so kann ich es abschreiten. Ich schreite nur den *Raum* ab.

Doch ein Überseedampfer, der fährt, während ich stehe, der sich schrittweise mir zeigt, Stück für Stück mein Blickfeld ausfüllt, hier erlebe ich eher *Zeit*. Der Bug ist meinem Blick anders entschwunden als beim eigenen Abschreiten. Dort war das ganze Schiff noch da. Jetzt aber ist nur ein Teil gegenwärtig, er bewegt sich zu mir, ich bin passiv. *Zeit* erlebe ich als das auf mich Zukommende, als Abfolge zusammenhängender Situationen und nicht wie oben als Vergleich. Der Raum bleibt gleich, er ist hier immer der meines Blickfeldes.

Den ersten Fall von *Zeit* (*Zeitdauer*) kann man sich durchaus als symmetrisch denken, der Weg hin und zurück ist unter diesem Aspekt gleich, er ist entropiefrei, nicht jedoch den zweiten. Er hat Entropie, *Zeit* tritt hier auf mit *Zeitpfeil*, orientiert, da ein Ziel gegeben ist. Dort wo in der Physik *Zeit* symmetrisch ist, wird *Zeit* gemessen als *Zeitdauern*. In der Thermodynamik ist jede Konfiguration gleichwahrscheinlich, nur interessieren uns einige mehr als andere. Daher die zielorientierte Entropie.

Also stellt sich hier die Unterschiedlichkeit von Raum und der erlebten *Zeit* als Relativität der Bewegung dar.

Bewege ich mich, bin ich aktiv, so erlebe ich Raum. Bin ich passiv und bewegt sich das Objekt, so erlebe ich *Zeit*. Das würde bedeuten, dass Raum und *Zeit* nur verschiedene Aspekte ein und desselben sind. Sowie Magnetismus und Elektrizität Sache des Standpunktes ist, ob ich ruhend das sich bewegende Elektron betrachte oder ob ich mich mit dem bewegenden Elektron bewege. Dadurch dass mein Wahrnehmungsfenster begrenzt ist, gibt es für mich Raum bzw. *Zeit*. Wesen, deren „Horizont“ umfassend ist, dürften weder Raum noch *Zeit* kennen. Unsere Endlichkeit erzeugt Raum und *Zeit*, das Hier und Jetzt.

$$R(S, B_a) \quad \text{bzw.} \quad Z(S, B_p)$$

Wird die aktive bzw. passive Bewegung als Relation zwischen Subjekt und Objekt dargestellt, ergibt sich folgende Struktur:

$$B_a = B(S, O) \quad \text{bzw.} \quad B_p = B(O, S)$$

Dabei heiÙe $B(S, O)$, dass sich das Subjekt gegenüber dem Objekt, bzw. $B(O, S)$ dass das Objekt sich gegenüber dem Subjekt bewegt.

Dann gilt:
$$R(S, B(S, O)) \quad \text{bzw.} \quad Z(S, B(O, S))$$