

## 230 Die absolute Raumzeit

### ZUSAMMENFASSUNG

Newtons absoluter Raum hatte ein Manko. Man konnte relativ zu ihm keine Position und keine geradlinig-gleichförmige Bewegung angeben; es gab keine „Kilometersteine“. Die ART hat uns gezeigt, dass der Raum lokale Eigenschaften hat, dass es also Kilometersteine gibt.

### Gegenstand

Den absoluten Raum gibt es nicht, so wird uns immer mal wieder versichert. Von der Position und der Bewegung eines Körpers zu sprechen, habe nur einen Sinn in Bezug auf andere Körper.

### Mängel

Der absolute Raum wurde bekanntlich von Newton eingeführt. Er äußert sich etwa darin, dass man entscheiden kann, ob sich ein Körper dreht, ohne dass man auf einen anderen Körper Bezug nehmen muss. Der Körper dreht sich im Raum, oder gegen den Raum. Ein Problem dabei war, dass es keine Möglichkeit gab, festzustellen, ob ein Körper eine translative Bewegung gegenüber dem Raum ausführt. Dazu wäre es nötig gewesen, dass es im Raum irgendwelche „Kilometersteine“ gibt. Die einzigen Kilometersteine, die man kannte, waren die anderen Körper, und darum hat man später darauf bestanden, dass Positionen und Geschwindigkeiten relativ seien, dass es nur Sinn hat, von Ort und Geschwindigkeit relativ zu anderen Körpern zu sprechen. Ernst Mach spricht es besonders deutlich aus: die „absolute“ Position und die absolute Bewegung, d.h. die Bewegung gegen den absoluten Raum seien nur „Gedankendinge“ [1].

Der einzige Ausweg, aus dem Dilemma schien aus damaliger Sicht eine gigantische Fernwirkung zu sein: Ein Körper bewegt sich relativ zur Himmelskugel (zu Newtons Zeit) oder relativ zu den Fixsternen (zu Machs Zeit). Für Newton war eine solche Idee nicht akzeptabel.

Aber es kam noch schlimmer, und das konnte auch Mach noch nicht wissen: Das Universum bestand zu seiner Zeit nur aus unserer eigenen Milchstraße; von den anderen Galaxien und Galaxienhaufen, und von der Expansion des Universums wusste er noch nichts. Seit man diese Kenntnisse hat, ist die Idee der Bewegung gegenüber den Fixsternen noch absurder geworden. Gegen wen soll sich denn ein Körper hier bei uns jetzt bewegen: Gegen die Position der Sterne jetzt, oder gegen ihre Position damals, als sie das Licht emittierten, das wir jetzt empfangen. Und was ist mit dem Zeitpunkt „jetzt“ für einen weit entfernten Stern gemeint?

Schließlich brachte das Jahr 1915 die Erlösung: Der Raum, der für Newton, und auch für Mach, noch völlig homogen und strukturlos erschien, ist gar nicht homogen und strukturlos. Er hat lokale Eigenschaften, und diese Eigenschaften sind von Ort zu Ort unterschiedlich. Sie kommen zum Ausdruck im metrischen Tensor (und im Riemann-Tensor), dessen Komponenten Funktionen von Ort und Zeit sind. Newtons absoluter Raum ist also wieder da, nur hat er nicht die von Newton angenommene Eigenschaft, völlig homogen und nicht veränderlich zu sein, und damit auch keinerlei Kilometersteine zu enthalten.

### Herkunft

Sie wurde bereits angesprochen. Man kann es auch so sagen: man hätte den Mangel des Newtonschen Raumes nicht so tragisch nehmen sollen. Es war ja kein Widerspruch, sondern eben nur ein Mangel. Die Kilometersteine waren auch damals schon vorhanden, nur konnte man sie noch nicht sehen. Newtons Gedanke aber war der richtige. Eine positivistische Haltung, wie sie von Mach vertreten wurde, ist zwar eine nützliche Grundhaltung für das naturwissenschaftliche Arbeiten, aber oft behindert sie auch die Fantasie. Es sei auch erinnert an Machs Ablehnung der Atomtheorie, die derselben Einstellung entsprang.

Nach Goethe hatte sich wieder einmal jemand beim Versuch, Newton zu kritisieren, die Zähne ausgebissen.

### Entsorgung

Schon wenn man die Newtonsche Mechanik behandelt, führt man den Raum ein als etwas real existierendes, gegen das die Bewegungen stattfinden. Man spricht Eigenschaften an, zunächst ohne die Idee der Raumkrümmung zu vertiefen. Wichtig ist nur, dass die Vorstellung vom Raum als einem konkreten, real existierenden Gebilde entsteht. Die Frage ob der Raum absolut sei oder nicht, stellt sich dann gar nicht erst.

Später wird dann natürlich noch ausgeführt, dass Raum und Zeit zusammen das Gebilde ausmachen, das man Raumzeit nennt.

Man könnte geneigt sein, zu erklären: Es gibt also eine absolute Raumzeit. Aber auch das ist überflüssig wenn man geklärt hat, dass die Raumzeit lokale Eigenschaften hat, wobei mit lokal gemeint ist: lokal in der vierdimensionalen Welt.

Ein kleineres Hindernis ist damit allerdings noch nicht beseitigt: der Name. Die Bezeichnung Raum bedeutet umgangssprachlich etwa: Platz für etwas. Sie bezieht sich also nicht auf etwas Vorhandenes. Raum meint: dort könnte etwas sein. Als Alternative mag einem einfallen, die schöne alte Bezeichnung Äther zu reaktivieren. Nur: Abgesehen von der unrühmlichen Vergangenheit des Konzepts hat der Name Äther den Nachteil, dass er sich wiederum klar auf den Inhalt des Raumes bezieht. Der Äther ist wie etwa ein Gas. Das Gas braucht aber auch den Raum, in dem es sich befindet.

Der Raum, um den es uns hier geht, der Raum der Allgemeinen Relativitätstheorie, ist also Behälter und Inhalt zugleich. Es gibt den Behälter nicht ohne den Raum, und den Raum nicht ohne Behälter. Und dafür kennen wir aus unserer Erfahrungswelt kein Beispiel, kein Analogon, kein Modell.

Dieser Gedanke sollte im Unterricht vermittelt werden. Wie könnte man ihn aber nennen? Uns ist bisher nichts Passendes eingefallen. Bleiben wir also bei der Bezeichnung Raum, bzw. Raumzeit. Die Schülerinnen und Schüler müssen aber lernen: In der Physik ist Raum nicht ein leerer Behälter.

[1] Mach, E: Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Leipzig: Brockhaus, 1897, S. 223