

# 176 Bewegung in der Raumzeit

## ZUSAMMENFASSUNG

Wenn man die Welt mit der Raumzeit beschreibt, bei der Raum und Zeit zu einem einzigen Gebilde verschmolzen sind, ergeben sich Konsequenzen für die Sprache, die nicht immer berücksichtigt werden.

### Gegenstand

„Geodätenhypothese: Ein punktförmiges Objekt bewegt sich auf einer Geodäte durch die Raumzeit. Massive Objekte bewegen sich dabei auf *zeitartigen*, masselose auf *lichtartigen* Geodäten.“

„...as Krikalev hurtled along at 17 000 miles an hour onboard the Mir space station, time did not flow at the same rate for him as it did on Earth.“

„When mass –be it a star, a planet or a human being– is present, spacetime bends around it so that an object traveling nearby must follow a rounded trajectory that takes it closer to the mass. Just as it is impossible to move in a straight line on the surface of a sphere, it is likewise impossible to move in a straight line through curved spacetime...“

### Mängel

Die Tatsache, dass man die Welt nicht mehr im dreidimensionalen Raum beschreibt, wo die Zeit nur ein Parameter ist, der die Anordnung der verschiedenen Zustände ermöglicht, sondern in der Raumzeit, bei der Raum und Zeit zu einem einzigen Gebilde verschmolzen sind, hat Konsequenzen für die Sprache, die nicht immer berücksichtigt werden. In der Umgangssprache, die ja immer die Grundlage auch für die Beschreibung physikalischer Erscheinungen ist, ist die Trennung von Raum und Zeit, so wie sie durch die klassische Physik beschrieben wird, fest verankert. Man spricht über Dinge die *passieren*, die *sich bewegen*, von Ereignissen, die die *Ursache von späteren Ereignissen* sind.

All das klappt nicht mehr so recht, wenn wir die Raumzeit ernst nehmen. Wenn wir bei der Beschreibung von Vorgängen in der Raumzeit die alte Sprache verwenden, müssen wir damit rechnen, dass wir Verwirrung stiften.

Die drei Zitate zeigen das auf drei unterschiedliche Arten. Wir wollen sie nacheinander diskutieren.

1. In der klassischen Physik und in der von uns wahrgenommenen Alltagswelt bewegt sich ein Körper auf einer Bahn. Die Bahn ist eine Kurve im Ortsraum, die 4. Dimension, die Zeit, bringen wir dadurch zum Ausdruck, dass wir sagen, der Körper *bewege* sich auf der Bahn. Auf der Weltlinie kann er sich nicht bewegen. Wenn man sagt, er *bewege* sich auf einer Weltlinie, so ist man in Gedanken schon wieder bei der Bahnkurve im dreidimensionalen Ortsraum. In der Raumzeit hat das Konzept Bewegung keinen Sinn mehr. Dasselbe trifft auch zu für das Konzept Strom, den wir uns bekanntlich als eine kollektive Bewegung eines Stoffes vorstellen, oder wie im Fall der physikalischen Größen, eines gedachten Stoffes.

2. Eine Rate ist in der Physik eine Änderung, die auf ein Zeitintervall bezogen ist. Die Änderungsrate der elektrischen Ladung ist  $\Delta Q/\Delta t$ . In unserem Zitat wird von einer Rate des Flusses der Zeit gesprochen. Aber wie groß ist denn die Rate im Raumschiff und wie groß auf der Erde? Alles, was man in diesem Zusammenhang tun kann, ist, ein Eigenzeitintervall durch ein Koordinatenzeitintervall zu teilen. Rechtfertigt das die Aussage, für Krikalev vergehe die Zeit mit einer größeren Rate als auf der Erde?

In der Alltagssprache ist es durchaus üblich zu sagen, man *bewege* sich in der Zeit, oder die Zeit *fliege* dahin, oder die Zeit *vergehe* manchmal schneller und manchmal langsamer. Aber das ist keine Physik, sondern Psychologie.

3. Hier haben wir noch einmal die Bewegung durch die Raumzeit, siehe Punkt 1. Hinzu kommt, dass der Autor wohl einfach meint, dass die Lichtstrahlen im Ortsraum gekrümmt sind. Wenn das gemeint ist, wäre es aber übertrieben zu sagen, dass eine gerade Bewegung unmöglich ist: Licht von einem einzigen Stern bewegt sich durchaus geradlinig vom Stern weg. Und schließlich: Wenn sich zwei Linien, die dicht nebeneinander parallel starten, einander annähern oder voneinander entfernen, so kann das zwei Ursachen haben: Entweder die Linien sind krumm, oder der Raum ist krumm. Im Fall der Kugeloberfläche wäre es wohl geschickter zu sagen, dass die „Großkreise“ gerade Linien in einem gekrümmten Raum sind. (Es können natürlich auch sowohl die Linien als auch der Raum gekrümmt sein, und die Wirkung der beiden Krümmungen auf das Linienpaar kann sich sogar aufheben; siehe zwei benachbarte Breitenkreise auf der Erde: Ihr Abstand ändert sich nicht wenn man auf den Linien fortschreitet, obwohl sie als Linien gekrümmt sind, was jeder Flugzeugpilot oder Schiffskapitän sicher weiß.)

### Herkunft

Wir haben es mit einer Theorie zu tun, die die Grundkategorien unserer Beschreibung der Welt unbrauchbar macht. Den Wissenschaftlern, die die Theorie entwickelt haben, kann man keinen Vorwurf machen, denn das Aufbereiten ihrer Theorie für die Lehre ist nicht unbedingt ihr Job.

Es scheint eher so zu sein, dass sich Lehrer und Publizisten, die die Theorie unters Volk bringen, des Problems nicht hinreichend bewusst sind.

### Entsorgung

Unsere normale Sprache versagt. Die Sprache der Mathematik dagegen funktioniert.

Das Einzige, was man hier empfehlen kann, ist wahrscheinlich, sich vorsichtig auszudrücken.

1. Also nicht: „Der Körper K bewegt sich auf der Weltlinie AB“, sondern „AB ist die Weltlinie des Körpers K“.

2. Zwischen zwei Uhrenvergleichen ist für Krikalev (und seine Armbanduhr) mehr Zeit vergangen als für seinen Kollegen (und dessen Armbanduhr) auf der Erde. Eventuell auch: Eine Uhr, die die Koordinatenzeit anzeigt, zeigt mehr an, als die Uhr, die die Eigenzeit anzeigt. Oder: Die Zeiger der Eigenzeituhr, bewegen sich schneller als die Zeiger einer Koordinatenzeituhr am selben Ort.

3. Eine Geodäte (in einem zwei- oder dreidimensionalen Ortsraum) würde man als gerade bezeichnen, denn sie ist in dem Raum nicht krumm.