

Aus für alle Dynamik-Vorlesungen!

In der letzten Ausgabe haben wir Euch versprochen, die Frage zu untersuchen, ob die Vorlesungen aus Gas-, Hydro- und Thermodynamik bis hin zur Strömungslehre, aus dem Studienplan gestrichen werden müssen. Für Schnelleser vorweg, die Antwort lautet laut Zenon eindeutig ja!

Es ist erstaunlich, daß diese Vorlesungen überhaupt in einen Lehrplan aufgenommen wurden, wo doch mindestens seit 445 vor Chr. bekannt ist, daß es keine Bewegung (Dynamik kommt vom griechischen Wort für Kraft, δύναμις) gibt, daß „Bewegung“ nicht mehr ist, als eine Illusion. Zenon hieß der griechische Philosoph, der diese Meinung mit aller Vehemenz vertrat.

Die Meinung Zenons war aber nicht ganz unbestritten. Schon Heraklit, ein anderer „alter“ Grieche, war davon ausgegangen, daß sich alles bewegt, daß alles fließt. Es scheint überflüssig zu betonen, daß wir aufgrund unseres gesunden Menschenverstandes davon ausgehen, daß es Bewegung in Wirklichkeit gibt und daß die Behauptung, es gäbe keine Bewegung, ja Bewegung sei denkunmöglich, uns vorerst gänzlich abstrus erscheinen muß.

Daß die Dinge aber nicht ganz so einfach sind, werden wir im folgenden zu beweisen suchen. So viel sei bereits verraten: Die Beweise, die Zenon vorgelegt hat, sind auch heute noch nicht entkräftet, obwohl sich Philosophen und Mathematiker damit seit 2500 Jahren herumplagen. In letzter Zeit gibt es aber eine interessante Neuentwicklung, die wir Euch kurz vorstellen wollen. Vorerst aber zu den Beweisen oder Denkeperimenten von Zenon:

1. Beweis

Dieser ist wahrscheinlich sein berühmtester. Er dürfte Euch schon in der Schulzeit „über den Weg gelaufen“ sein. Es handelt sich dabei um die Geschichte von Achilles und der Schildkröte. Sie sollen gegeneinander in einem Wettlauf antreten. Die Schildkröte bekommt aber einen Vorsprung, da Achilles viel schneller laufen kann. Die Größe des Vorsprungs ist aber irrelevant, denn sobald die Schildkröte irgendeinen Vorsprung hat, so die Behauptung, kann Achilles sie nicht mehr einholen.

Denn jedesmal wenn Achilles an den Ort kommt, wo die Schildkröte war, ist sie schon wieder ein Stück weiter gekrochen. Diese Aussage stimmt immer, egal wie nahe Achilles an die Schildkröte herankommt. Da immer eine gewisse Distanz zwischen ihm und der Schildkröte bleibt, kann er sie nicht einholen. Achilles kann nie den Punkt erreichen, den die Schildkröte noch nicht erreicht hat, da er zuvor den Punkt erreichen müßte, den sie gerade verlassen hat. Wenn er den aber erreicht hat, ist die Schildkröte schon wieder ein Stück weiter! Diese Behauptung ist immer gültig, egal wie schnell Achilles läuft. Um sie einzuholen müß-

te er einen oder mehrere Punkte am Weg „überspringen“, sich hinüberbeamen, das aber kann selbst der Halbgott Achilles nicht. (Wenn Euch jetzt der Kopf ein wenig raucht, lehnt Euch zurück, nehmt Euch die Zeit und lest den Absatz noch einmal! Zum Trost: Es hat auch einige Zeit gedauert, bis er geschrieben war!)

Das Rennen:

Wegpunkt	Achilles	Schildkröte
1	0000	1000
2	1000	1100
3	1100	1110
4	1110	1111

Nach dem Wegpunkt 4 scheint der Vorsprung der Schildkröte nicht mehr sehr groß zu sein. Nehmen wir an, die Dimension der Zahlen sei Meter. Ändern wir die Dimension ab Wegpunkt vier in cm, sehen wir sofort, daß wieder sehr viele, unendlich viele Wegpunkte zwischen Achilles und der Schildkröte liegen. Den Trick, eine kleinere Dimension zu wählen, wenn es knapp wird, können wir aber immer machen. Auch wenn er und die Schildkröte sehr viel Zeit hätten, könnte Achilles nie die unendlich vielen Wegpunkte, die immer zwischen ihm und der Schildkröte liegen zurücklegen.

Zenon würde aber noch weitergehen. Er würde behaupten, Achilles könne überhaupt nicht loslaufen! Diese Behauptung läßt sich vielleicht am besten am Beispiel eines Pfeiles veranschaulichen.

2. Beweis

Schießt man einen Pfeil ab, so muß er, ehe er den halben Weg zurücklegt, ein Viertel des Weges zurücklegen, davor ein Achtel und so weiter. Das gilt aber immer: Er muß vor jedem x-beliebigen Punkt, den er erreichen könnte, wieder den halben-, viertel-, achtel-Weg zurücklegen, womit es für ihn unmöglich ist, überhaupt jemals einen Punkt ungleich seines Anfangspunktes zu erreichen. Damit wäre bewiesen, daß der Pfeil den Bogen überhaupt nicht verlassen kann.

Der erste Beweis hat uns gezeigt, daß Bewegung nicht vollendet werden kann. Mit dem zweiten will Zenon demonstrieren, daß Bewegung überhaupt nicht beginnen kann. Der abschließende dritte Beweis soll verdeutlichen, daß das ganze Konzept der Bewegung haltlos ist.

3. Beweis

Stellt Euch einfach einen Pfeil zu irgendeinem Zeitpunkt seines „Fluges“ vor. Auch ohne Hochgeschwindigkeitskameras wußte Zenon, daß ein Pfeil zu einem bestimmten

Zeitpunkt nur den Platz im Raum benötigt, der seiner Länge entspricht. Zu keinem Zeitpunkt gibt es also irgendein Anzeichen von Bewegung. Da der Pfeil sich offensichtlich zu jedem Zeitpunkt nicht bewegt, kann er sich überhaupt nicht bewegen, denn wann sollte er das tun?

Eine Lösung all dieser Probleme wurde im Scientific American im November 1994 vorgeschlagen. Dort wurde die Annahme vorgestellt, es gäbe infinitesimale Punkte, die die Eigenschaft hätten, daß man sie nicht beobachten könne. Infinitesimale Punkte haben unendlich viele, unregelmäßige Zahlen hinter dem Komma. Das führt dazu, daß man einfach nicht sagen kann was Achilles oder der Pfeil genau macht, wenn er sich „in“ einem der unendlich infinitesimalen Intervalle befindet. Sie könnten sich gleichmäßig oder ruckartig bewegen, beamen oder sonst was tun, es ist einfach nicht beobachtbar.

Diese Hypothese erklärt aber erst das Phänomen der Bewegung. Sie reicht noch nicht aus, um erklären zu können, warum Achilles die Schildkröte ein- oder überholen kann. Dafür ist eine weitere Hypothese nötig, die besagt, daß es nur eine endliche Anzahl von teilbaren Punkten in einem

Intervall gibt!

Das alles scheint uns ein wenig an den Haaren herbeigezogen zu sein, wenn es auch einige Probleme ausräumt. Wir haben versucht, Euch die Lösung mit der „internal set theory“, den infinitesimalen Punkten auch möglichst einfach und kurz darzustellen. Wenn ihr Euch dafür näher interessiert, besorgt Euch einfach den Artikel im Scientific American.

Das ganze soll aber mehr sein, als eine sinnlose Spielerei mit Worten und Hypothesen. Wir hoffen, Euch ein wenig vor Augen geführt zu haben, wie wenig wir Menschen tatsächlich wissen, und wie sehr wir auf Vermutungen, grobe Annahmen und Hypothesen angewiesen sind. Wir können nicht einmal das scheinbar so einfache Phänomen der Bewegung zweifelsfrei erklären!

Besonders Techniker, die die Welt oft bis in kleinste Einzelheiten als meßbar und kalkulierbar erleben, sollten sich immer wieder daran erinnern, daß wir angesichts unserer Unwissenheit mit großer Bescheidenheit an die Probleme, die wir lösen wollen, herantreten sollten.

Alexander und Nikolaus Krasser



Antwort auf einen Leserbrief

Zur Erinnerung: Im letzten Vertigo druckten wir einen Leserbrief von Günther Grund, einem Verfahrenstechnik Studenten ab. Es ging um die Modalitäten beim Ausleihen von Prüfungsbeispielen für die Prüfung in Wärmewirtschaft, Prof. Gilli. Aufgrund von für ihn unverständlichen Regelungen war es ihm nicht möglich einen Ordner zu bekommen. Uns hat nun eine Antwort erreicht, die wir, trotz des großen zeitlichen Abstandes, niemandem vorenthalten wollen.

Entgegnung zum Leserbrief „Die besseren Studenten“

Die Zeichensaalgemeinschaft Dampf & Wärmewirtschaft besitzt eine relativ umfangreiche in Eigeninitiative finanzierte und erstellte PRIVATSAMMLUNG an Studienbehelfen. Nutzen bringt nur eine aktuelle Sammlung. Zur Aufrechterhaltung dieser privaten Sammlung ist die aktive Mitarbeit der Benutzer und natürlich Einhaltung einer langjährig bewährten Entlehnordnung notwendig. Obwohl es sich wie eingangs erwähnt um eine Privatsammlung handelt, waren und sind wir gerne bereit sie jedem zur Verfügung zu stellen.

Dem betreffenden Leserbriefschreiber sei gesagt, daß auch wir uns ein gewisses Mindestmaß an Umgangsformen erwarten, die in seinem Schreiben erhobenen Anschuldigungen sind bössartig und falsch.

Die Zeichensaalgemeinschaft