

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

Seit 1901 kümmerte sich
. . . der Experimentalphysiker *Walter Kaufmann* in Göttingen um die schnellen Elektronen. Er untersuchte Teilchen bei über *200.000 Kilometer pro Sekunde*.

Um ihre gefährliche Strahlungsenergie hatten sich kürzlich Forscher im Nachbarland bemüht. Die in Frankreich verheiratete Polin *Marie Curie* sollte für die Untersuchung radioaktiver Substanzen ihren ersten Nobelpreis erhalten.

Das von Curie gerade eben entdeckte Element *Radium* lieferte Kaufmann die starken Betastrahlen, die er für seine eigenen Forschungen brauchte.

Die Waage des Kaufmanns.

Das Radium schleudert unterschiedlich schnelle Elektronen aus. Bei seinen Experimenten ließ sie Kaufmann allesamt dieselbe Lochblende passieren. Dann traf die Teilchensalve auf eine dahinter angeordnete Photoplatte, die dabei elektrochemisch geschwärzt wurde. Aber ohne weitere Beeinflussung können die ausgeschleuderten Elektronen unterschiedslos nur einen unscharfen, nichtssagenden Fleck erzeugen.

Mit einem experimentellen Geniestreich vermochte Kaufmann die Teilchen zu sortieren. Hinter der Lochblende erzeugte er querliegend zum Elektronenstrahl sowohl ein Elektro- als auch ein Magnetfeld. Das bewirkt ein Auseinanderziehen der durchschießenden Elektronen je nach Geschwindigkeit und massenspezifischer Ladung. Fachleute

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

sprechen von der *e/m-Bestimmung*. Die Schwärzung der Photoplatte erfolgt nicht mehr auf einem Fleck, sondern längs einer gekrümmten Linie.

Aus der Kurve ergab sich der Befund, daß schnellere Elektronen eine größere Masse haben müßten. Die Meinung eines Professor *Weinstein* vom *Amt für Maße und Gewichte* in Berlin, der stattdessen eine abnehmende Elektronenladung vermutete, wurde ohne nähere Prüfung ausgeschlossen. Nur der Grad, in dem die Masse mit der Elektromengeschwindigkeit zunimmt, wurde noch einige Jahre als fraglich angesehen.

Ende 1905, kurz nach Veröffentlichung der relativistischen Masseformel, sah sich Kaufmann veranlaßt, die geschwärzte Kurve, die sein Elektronenstrahlexperiment auf die Photoplatte gezeichnet hatte, abermals zu untersuchen. Der Forscher kam zum Schluß, daß der Kurvenverlauf mit den Formeln der Lorentz-Einsteinschen Theorie keineswegs korrekt beschrieben sei.

Andere Physiker hatten alternative Formeln vorgeschlagen. Es standen auch mathematische Ausdrücke von Abraham, Bucherer, Thomson zur Diskussion.

Kaufmann fand, daß die Masse sich am ehesten nach der gut begründeten Theorie von *Max Abraham* verhalte. Die komplizierten Rechnungen Abrahams berücksichtigen die elektrische Ladung der bewegten Teilchen und sind mit den Ergebnissen der Relativitätstheorie unvereinbar.

Gerade ein Vierteljahr nach der ersten Veröffentlichung war die Relativitätstheorie von Kaufmann anscheinend schon erledigt worden. Sie taugt nichts.

Die kurze Frist ist nichts Ungewöhnliches, wenn es um

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

neue Ansätze der theoretischen Physik geht. Ungewöhnlich ist, was dann folgte.

Eine überraschende Wendung.

Kaufmann hatte bei seinen Schlußfolgerungen eigentlich die theoretische Physik aus dem Stalle Max Plancks bevorzugt.

Vor Jahren hatte der bibelgläubige Planck im kaiserlichen Berlin, trotz ungünstiger Kollegenurteile, die Nachfolge des großen Physikers *Helmholtz* angetreten. Planck trug mit der Nachfolge des "*intellectual Giant*" eine Bürde. Freilich war die Position wissenschaftspolitisch äußerst einflußreich. Abraham zählte zu den Talenten, die Planck gefördert hat.

Nun konnte Kaufmann darüber staunen, daß sein Resultat *pro Abraham* offenbar ungelegen kam. Paradoxerweise rief Planck die Kollegen von der Experimentalphysik sogar dazu auf, Kaufmanns Präzisionsmessungen gründlichst auf ihre Zuverlässigkeit zu überprüfen. Ihm kam es Anfang 1906 plötzlich ganz dringend auf die Unterstützung nicht Abrahams, sondern der Relativitätstheorie an.

Diese Theorie, die kürzlich in seiner Fachzeitschrift öffentlich geworden war und nun praktisch schon wieder *ad acta* hätte gelegt werden müssen, wollte Planck unbedingt auf dem Tisch behalten.

Wo ein Einflußreicher ruft, findet er schnell Gefolgschaft. So fand auch Max Plancks Ruf raschen Widerhall.

Alfred Heinrich Bucherer in Bonn zählte zu den ersten Physikern, die sich anboten. Umgehend plante er Kontrollversuche. Sie wurden, nach Kaufmanns Vorgabe, ebenfalls an Betastrahlen durchgeführt. Bucherer hatte den Vorteil,

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

daß gerade die Ergebnisse neuester Messungen bei den Kathodenstrahlen bekannt geworden waren, und er sich daran orientieren konnte. Sie deckten den unteren Geschwindigkeitsbereich bis hinauf zu etwa *150.000 Kilometer in der Sekunde* ab. Etwaige Massenveränderungen hatten sich hier nicht herausgestellt. Sie melden sich erst bei noch höherem Tempo.

Bucherers Messungen an den Betastrahlen reichten von knapp *240.000 bis rund 280.000 Kilometer in der Sekunde*. Das ist ein sehr schmaler Ausschnitt. Er umfaßt nur etwa 15 Prozent des Bereichs von der Ruhe bis zur Lichtgeschwindigkeit. Daraus entnahm Bucherer die Daten für den gesamten Verlauf der Massenveränderlichkeit.

Dazwischen klafft die fast einhunderttausend Kilometer pro Sekunde riesige Lücke. Hier mußte von den "langsamsten" Betastrahlen hinunter zu den schnellsten Elektronen aus der Kathodenstrahlröhre extrapoliert werden. Das erinnert an den Versuch, mit einem meterlangen Schwert eine Kartoffel zu schälen. Durch das unvermeidbare Zittern am Griff wird die Klinge gleich zentimeterweise fehlgehen. Bestenfalls erhält man *Pommes Frites*, bestimmt aber keine sauber geschälte Kartoffel.

Dennoch vermochte Bucherer mit der Meldung zu beeindrucken, daß Kaufmann sich in seinem Experiment gewiß geirrt haben müsse. Gegen Kaufmanns Versuche sprächen allein schon die Überlichtgeschwindigkeiten.

"Für die Geschwindigkeit der steifsten Strahlen berechnet sich ein Wert größer als die Lichtgeschwindigkeit, was aus theoretischen Gründen unannehmbar ist."

Nach diesem Zirkelschluß wurden bestimmte Ergebnisse

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

Kaufmanns kurzerhand um ein Zehntel nach unten "korrigiert".

Wie Einstein nobelpreisverdächtig wurde.

Unmittelbar darauf kam ein weiterer Schlag. Einem anderen Gefolgsmann Plancks war der Nachweis von etwas gelungen, das nach späterer Verlautbarung gar nicht existieren sollte.

Plancks Schüler *Erich Hupka* beschleunigte einen Schwarm photoelektrisch freigesetzter Elektronen auf eine diesmal einheitliche Geschwindigkeit. Hupka verglich die Effekte des beschleunigenden und des ablenkenden Feldes und kam zu dem Ergebnis, daß eine *longitudinal-träge* und eine *transversal-träge Masse* zu unterscheiden sei. Wie Hupka behauptete, stützten seine Daten nicht Abraham, sondern die Lorentz-Einsteinschen Formeln; sie wiesen damals tatsächlich noch eine zusätzliche longitudinal-träge Masse aus.

Vereinzelt wurde Kritik an den Experimenten von Bucherer und Hupka laut. Die Experimentalphysiker *Bestelmeyer* und *Heil* blieben auch nach Jahren skeptisch gegenüber den Lorentz-Einstein-Formeln.

"Wir können das Problem, die Abhängigkeit der Trägheit von der Geschwindigkeit zu ermitteln, noch nicht als ganz gelöst ansehen",

steht noch 1910 in einem renommierten Lehrbuch.

Eine Bestätigung speziell der Relativitätstheorie gab sowieso keiner der Versuche her - im Gegenteil: die Effekte sah man mit Experimenten bewiesen, welche die Vorgaben der Theorie erst gar nicht einhalten konnten. Ein beliebiger Wechsel des Standpunkts nach dem Relativitätsprinzip war

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

nirgendwo erfolgt.

Der Aufstieg Einsteins war aber gegen alle Kritik bereits unaufhaltbar.

Abraham gab lieber seine Wirkungsstätte auf, als dem Druck Plancks nach. Er ging ins Ausland.

Kaufmann wollte ebenfalls auf seinen Ergebnissen gegen die Relativitätstheorie beharren. Zwei Jahre später trieb es den Kaufmann aus dem Göttinger Tempel. Er verließ sein Labor jedoch ehrenhaft und wechselte an die *Albertus-Universität* in Königsberg.

Nicht nur Planck sorgte für die Veränderungen. Ein scharfer ideologischer, politischer und wissenschaftlicher Gegner Plancks hatte die Entwicklung gespannt abgewartet.

Nach der vorgeblichen Bestätigung der Lorentz-Einstein-Formeln und der Relativitätstheorie durch Bucherer und Hupka schlug der Atheist *Wilhelm Ostwald* in Leipzig Einstein unverzüglich für den Nobelpreis vor. Irgendein gemeinsames Interesse schien sie zu einigen: Daß beide Kontrahenten Planck und Ostwald den grundsätzlichen Irrtum der Überlegungen wirklich übersehen haben sollten ist kaum vorstellbar.

Schon ein ganz simples relativistisches Gedankenexperiment deckt den Fehler auf.

Gedankenexperimente schaffen Klarheit.

In der Physik haben Gedankenexperimente Tradition. Sie klären auf, ob eine bestimmte Auffassung gedanklich stimmig ist oder nicht. Gedanklich sind Experimente von größter Reinheit möglich.

Beispielsweise kann man sich zur Bereinigung der real

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

durchführbaren Bewegungsexperimente die Luft immer dünner vorstellen, sodaß auf beliebige physikalische Körper nur noch die Schwerkraft wirken möge.

Einst vermutete Galilei, daß dann schwere Körper stets schneller zu Boden fallen müßten als leichte. In Gedanken unterteilte er einen Körper in ein schweres und ein leichtes Stück. Wäre die Vermutung richtig, müßte das leichtere Stück auf das schwere bremsend wirken. Von dem leichten Stück befreit, müßte das schwerere Stück also schneller zu Boden fallen. Hier taucht die Malaise auf: es müßte dann auch schneller fallen, als der noch schwerere Gesamtkörper, der sich aus dem leichten und dem schweren Stück zusammensetzte.

Der gedankliche Widerspruch am Ende der Argumentationskette brachte Galilei zur Aufgabe der ursprünglichen Vermutung. Nach seinem Gedankenexperiment ging Galilei davon aus, daß alle Körper gleich schnell fallen. Das ist bis heute Stand der Dinge.

In einem berühmten Gedankenexperiment des zwanzigsten Jahrhunderts brachte der Nobelpreisträger *Erwin Schrödinger* die Auffassungen der Quantentheorie ins Wanken. Es wurde unter dem Stichwort *Schrödingers Katze* bekannt.

Die Quantentheorie erachtet Licht als Teilchenstrom, der mit mathematisch-statistischen Methoden beschrieben werden könne. Auf dieser Grundlage hatte der Theoretiker *Werner Heisenberg* die mathematische *Unschärferelation* herausgearbeitet. Danach gibt es gar keine bestimmte Wirklichkeit an sich, sondern immer nur Wirklichkeitsmöglichkeiten. Erst mit der Beobachtung entstehe die Wirklichkeit.

Dagegen opponierte Schrödinger. Er ersann ein einfaches Beispiel, um Heisenberg zu widerlegen. Sperrt man eine

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

Katze in eine Kiste, so ist sie nicht mehr zu beobachten. Aus der Unschärferelation wäre zu folgern, daß mit dem Verschließen des Deckels die Wirklichkeit außer Kraft, die Wirklichkeitsmöglichkeiten in Kraft treten müßten. Die Katze könnte möglicherweise irgendwie in der Kiste umkommen. Möglicherweise könnte sie aber auch am Leben bleiben. Spöttisch bemerkte nun Schrödinger, daß die Kiste also zugleich die lebendige und die tote Katze enthalten müsse.

Der gesunde Menschenverstand kann es nicht fassen: Quantentheoretiker verfertigten über diese tierquälerische Phantasie Schriftwerke, die zusammen ganze Büchereien füllen.

Mit dem Bekenntnis "*Der Mond ist auch da, wenn wir nicht hinsehen*", das er von Planck übernommen hatte, schlug sich Einstein anscheinend auf die Seite Schrödingers.

Oder war das doch eher als Anspielung auf den hintergründig wirkenden Großindustriellen und Wissenschaftsmäzen *Ludwig Mond* gemeint?

Die Schrödingersche Katze in relativistischer Version.

Falls Einstein zu seiner späten Wirklichkeitsauffassung durch Schrödingers Katzenbeispiel gelangt sein sollte, hat er möglicherweise übersehen, daß die Masseformel der Relativitätstheorie nicht minder zu einem Widerspruch führt.

Wieder betrachten wir die Katze. Wir sind jedoch sicher, daß ihr nichts passieren wird. Im Gegenteil. In unserem Gedankenexperiment hält die Katze nach einem gemütlichen Schlafplätzchen Ausschau. Nach Katzenart entscheidet sie sich für einen weit ausladenden Baumast. Der Baum steht am Rande einer schnurgerade verlaufenden, aber wenig befahrenen Straße. Dort kann die Katze schlummern und ab und zu die vorbeifahrenden Vehikel beäugen.

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

Als ein besonders schnelles Auto vorbeizischt, fällt ihr auf, daß es nicht nur kürzer erscheint, sondern daß die Karosserie auch ungewöhnlich tief in den Fahrwerksfedern hängt. Das muß eine Folge der relativistischen Massezunahme sein! Für die Katze ist die Sache erledigt; genußvoll setzt sie auf ihrem gemütlichen Ast das sanfte Schläfchen fort.

Unterdessen erlebt der rasende Autoinsasse eine weniger friedvolle Szenerie: Aus seiner relativistischen Sicht ist die Umgebung bewegt. Die Maße der vorüberstreichenden Landschaft erscheinen eigenartig verändert. Für den Automobilisten drückt das Tier mit einer ungeheuren Masse auf den Baumast.

Als der Raser noch ein wenig Gas gibt und die Umgebung deshalb schneller wird, bricht der Ast und fällt mitsamt der Katze neben der Straße krachend zu Boden. Dabei schläft sie ungerührt weiter.

Sind relativistische Katzen also ein Fall für den Tierpsychologen?

Parallelwelten sind unauflösbar paradox.

Die Analyse zeigt, wie die relativistische Massenerscheinung zu einer gravierenden gedanklichen Widersprüchlichkeit führt.

Für die Katze auf dem Baumast spielte sich ein unvereinbar anderes Geschehen ab als für den vorbeifahrenden Automobilisten. Das spitzt sich auf die eigenartige Behauptung zu, es gebe unterschiedliche Realitäten oder sogenannte Parallelwelten. In Wahrheit handelt es sich um die gegenseitige Verdrängung physikalischer Prinzipien.

Schüler lernen im Physikunterricht das Archimedische Prin-

G. Die Gewichtsprobleme der Relativisten.

zip kennen. Ein Körper im fluiden Medium schwimmt, wenn die verdrängte Fluidmenge der einsinkenden Körpermasse noch ausreichenden Auftrieb entgegenstellen kann.

Nun erscheint ein relativistisch bewegtes Rennboot vom Ufer aus nicht allein verkürzt, sondern auch mit vervielfachter Masse behaftet. Bei einer Bewegung mit 85% der Lichtgeschwindigkeit würde nach der Masseformel jedes Kilogramm beinahe doppelt zählen.

Weil demzufolge der Wasserauftrieb im See nicht mehr ausreicht, muß das Boot schließlich versinken.

Wie erlebt der Rennbootpilot den Untergang? Man beachte: Für ihn erscheint die vom Bootkörper verdrängte Wassermasse und damit der Auftrieb vergrößert . . .

Die Masseformel nach Lorentz-Einstein wird durch solche Beispiele unabdingbar widerlegt. Bemerkenswert ist aber, daß der Widerspruch erst mit dem willkürlichen Wechsel des Standpunktes nach dem Relativitätsprinzip auftritt. Das kann bedeuten, daß der Fehler gar nicht in der Formel selbst steckt. Womöglich rührt die Schizophrenie allein von der relativistischen Interpretation her.

Das Nobelpreiskomitee von 1910 tat jedenfalls gut daran, sich vorsichtig zu verhalten. Es schloß sich der eigenartig parallelen Förderung Einsteins durch Ostwald und Planck nicht an. Der Entwurf der Lorentz-Einstein-Theorie wurde nicht ausgezeichnet, ebensowenig die späteren vielfältigen Umgestaltungen.

Was bleibt, ist der experimentelle Urbefund Kaufmanns. Danach kann unbestreitbar vertreten werden, daß die träge Masse bewegter Elektronen anscheinend von ihrer Geschwindigkeit beeinflußt wird. Das ist aber auch schon alles.