



# Der Auftakt

**E**igentlich wollte ich gar nicht hingehen zu dieser Abiturfeier. Als ich die Einladung bekam, wurden eher unangenehme Erinnerungen wach, als dass man Freudensprünge machen würde. Nicht dass man denken müsste, ich hätte vielleicht eine schwere Zeit während des Abiturs gehabt. Gerade das Naturwissenschaftliche sah ich eher locker, wenn ich auch nicht so das Genie war. Doch den gebotenen Stoff zu erfassen und mir einen Reim darauf zu machen, fiel mir nicht schwer. Wo ich eher den faden Beigeschmack empfand, war bei dem Gedanken, mich wieder auf die unterschiedlichen Ausprägungen von Charakteren einstellen zu müssen. Die Angst, auf diese Floskel: „mein Auto, mein Haus, mein Boot!“ eben keine Trumpfkarte zücken zu können, ließ eine merkbare Abneigung in mir aufsteigen. Und schließlich würde man doch, wenn man einen Freund aus der Schulzeit hätte behalten wollen, mit diesem auch zwischenzeitlich den Kontakt gepflegt haben. Warum also nun dieser gekünstelte Anlass des 10-jährigen Bestehens des Abiturs?

Ich meine, ich brauchte mich nicht zu verstecken. Ich hatte mein Ingenieurstudium absolviert und war Betriebsingenieur in einer weltweit agierenden Apparatebau-Firma. Was wollte man mehr? Nun interessierte mich schon, was aus den Anderen geworden war. Sind sie das geworden, was sie sich auch vorgenommen hatten oder hat das Schicksal sie auf andere Wege geleitet? Ich sagte mir also, dass ich mir nichts vergäbe, wenn ich einen Abend investierte und vielleicht mit gebotener Zurückhaltung das Dargebotene aufnähme.

Nichts von dem, was ich mir so ausgemalt hatte, trat auch nur annähernd ein. Es schien, als wären sie alle mit denselben Befürchtungen und Beklemmungen hergekommen. Die vornehme Zurückhaltung, mit der sich auf der Feier alle begegneten, vermittelte mir das Gefühl, dass jeder ein wenig mit der Unsicherheit zu kämpfen hatte, die man allgemein dem Unbekannten entgegen bringt. Vielleicht war es aber nur die Unsicherheit, dass man sich beim Identifizieren eines ehemaligen Mitschülers irren könnte. Man musste so manches Mal raten, wer denn der Gegenüberstehende sein könnte. Einige hatten sich so stark verändert, dass man abgestritten hätte, sie zu kennen, wenn sie einen auf der Straße angesprochen hätten. Andere wiederum waren nur deshalb zu den im Gedächtnis haftenden Namen zuzuordnen, weil man wusste, dass sie zu einem Namen passen mussten. Nur bei wenigen hatte man den Eindruck, als wenn man sie gerade gestern noch getroffen hätte.

Alle waren von dieser Neugier beseelt, erfahren zu wollen, was man denn so gemacht hat in den letzten 10 Jahren. Unfähig, mir selbst alle Lebensgeschichten der anderen zu merken, suchte ich eigentlich nur nach zwei Lichtgestalten meiner Abiturzeit. Das waren Prof und Doc. Die beiden waren die unangefochtenen Experten. Prof absolvierte sein Abi mit einem Durchschnitt von glatt eins und Doc war wohl kaum schlechter. Zudem hingen die beiden damals immer zusammen und diskutierten über die großen Rätsel dieser Welt. Es war mir immer unklar, woher die beiden ihre Erkenntnisse hatten und ich hätte mich gerne an ihren Gesprächen beteiligt. Ja, auch ich hatte damals schon Interesse für wissenschaftliche Betrachtungen. Aber meine Diskussionsbeiträge wurden von den beiden nur mit dem Unterton der Geringschätzung aufgenommen. Dieses Gefühl, um Klassen schlechter zu sein und das noch unverblümt vorgehalten zu bekommen, ließ mich irgendwann dann Abstand von ihnen halten. Doch nun ich war echt neugierig, was aus ihnen geworden ist.

In der hintersten Ecke, so, als ob sie mit der ganzen Party gar nichts zu tun haben, saßen sie an einem Tisch und diskutierten. Es sah aus, als ob sie 10 Jahre lang in einer Zeitschleife hängen geblieben waren und nichts anderes getan hätten. Also ging ich zu ihrem Tisch und fragte, ob ich mich setzen dürfte. Entgegen meiner Erwartung waren sie zuvorkommend und wir kamen gleich ins Gespräch. Wir tauschten in aller Kürze unsere Daten aus: Prof hatte Physik studiert, ein Mädchen geheiratet und arbeitet jetzt am Max-Planck-Institut in Dresden.



Doc wurde Philosoph. Er hatte an der Humboldt-Universität in Berlin studiert. Eine eigene Familie hatte er nicht gegründet. Er genoss das Leben noch in vollen Zügen, wie er meinte. Sie berichteten von ihrem Werdegang voller Stolz. Der von mir erwartete Unterton anklingender Überheblichkeit war aber nicht herauszuhören. Es freute mich, dass die beiden offensichtlich gereift waren. Auch meine Geschichte hörten sie sich gespannt an, ohne lästernde Einwürfe zu äußern. Das gab mir Zuversicht und ich fragte nach dem Thema ihrer Diskussion von vorhin.

Prof druckste ein wenig rum, als ob es ihm peinlich wäre, das wohl eher nicht zum Anlass passende Thema zu benennen. Doch Doc kam unverhohlen raus mit der Sprache: „Es geht hier um Sein oder Nichtsein“. Na ja, von einem Philosophen musste ja so etwas kommen. „Also“, sagte Doc erklärend: „es ist die SRT!“ Nun konnte ich erst einmal nichts mit diesem Einwurf anfangen. Meinem fragenden Blick musste Doc entnommen haben, dass er seine Antwort noch etwas umschreiben muss: „Die spezielle Relativitätstheorie – auch SRT genannt – wird immer wieder von ihren Gegnern angegriffen. Für meine Begriffe tun diese Gegner das mit Argumenten, die manchmal ihr Unverständnis der SRT zeigen, aber manchmal auch berechnete Fragen aufwerfen. Die SRT, als die von der Wissenschaft für richtig erklärte Theorie, muss aber alle aufgeworfenen Probleme erläutern können, um Bestand zu haben. Wenn auch nur ein Problem unbeantwortet bleibt, dann steht damit die gesamte SRT in Frage!“ „Und das willst du gerade mal am Zwillingsparadoxon fest machen?“ fragte Prof eher gereizt denn vorwurfsvoll. Und nach einer ganz kurzen Pause setzte er dem noch einen drauf: „Das Zwillingsparadoxon ist gelöst! Somit existiert dein vermeintliches Problem gar nicht und die SRT ist die am besten bestätigte Theorie überhaupt!“ Doch Doc konterte sofort mit fundiertem Hintergrundwissen: „Aber wie kann es denn gelöst sein, wenn das Grundproblem der relativen Betrachtung einfach ignoriert wird. Es kann doch das Paradoxon nicht dadurch aufgelöst werden, dass man einfach eine andere Theorie heranzieht!“ Er meinte damit die allgemeine Relativitätstheorie.

Ich weiß nicht, wie lange dieser Disput noch andauerte, doch eine Lösung des Zwistes zeichnete sich nicht ab. Dass die beiden sich auch so beharken können, war mir bis dato vollkommen fremd. Sie waren in meiner Erinnerung eigentlich das, was man als unzertrennliche Freunde bezeichnet. Doch offensichtlich war diese Freundschaft mehr dem Spaß an wissenschaftlicher Diskussion geschuldet, als dass etwas wie innige Sympathie dahinter stand.

Wenn ich ehrlich bin, verstand ich an diesem Abend nicht wirklich, worum der Disput der beiden sich drehte. Doch irgendwie begriff ich, dass sie nicht in der Lage waren, sich selbst aus dieser misslichen Situation zu befreien. Wahrscheinlich würde der Abend einfach damit enden, dass sie als ehemalige Freunde auseinander gingen und wegen der zwischen ihnen stehenden Diskrepanz ein weiteres Treffen eher vermeiden würden. Das wäre aber traurig. Nicht, dass ich unbedingt am Erhalt der alten Freundschaft interessiert wäre, aber mir kam da eine Idee, von deren Umsetzung ich erheblich profitieren könnte. Ich müsste sie zu einem Wettstreit aufrufen, in welchem ich den Schiedsrichter spielen würde. So also forderte ich die beiden zum Duell heraus. „Also Prof, wenn du die Sache für so simpel und sicher hältst, dann muss es dir möglich sein, sie lückenlos darzustellen. Mit ‚lückenlos‘ meine ich, dass auch ich sie begreifen kann. Und du, Doc, darfst nur dann ein Gegenargument vorbringen, wenn dieses auch begründet ist. Also pauschale Ablehnung gilt nicht.“ Nach einer Pause des Schweigens fügte ich dann noch hinzu: „Ich gehe davon aus, dass die Frage nach der Richtigkeit der SRT keine Frage ist, die sich mit einem Satz beantworten ließe. Es muss unter Abwägung des Für und Wider irgendwo einen Weg geben, der zu der richtigen Antwort führt.“ Prof lächelte etwas hintergründig. Ich vermutete, dass er sich in der Rolle des erklärenden Physikers gefallen würde. Doc hingegen runzelte die Stirn und brummte nur: „Da fällt mir schon einiges ein, was da noch zu klären wäre.“ Ich erkannte in Doc die Lust, sich mit Prof messen zu wollen.

Also machte ich aus der anfänglichen Vorstellung einen konkreten Vorschlag: „Prof, du bist doch, wenn ich dich vorhin richtig verstanden habe, einmal in der Woche beruflich in



Berlin. Und du, Doc, wohnst in Berlin. Dann könnte man sich doch zum Diskutieren treffen, so wie es Einstein mit seinen Freunden in der Akademie Olympia tat. Warum sollte es nicht möglich sein, dass wir uns in bestimmten Abständen treffen, um das Thema in aller Ruhe zu besprechen?“ Wenn ich auch eine Vermutung hatte, so wusste ich nicht wirklich, aus welcher Motivation heraus die andern beiden zusagten. Für mich war klar, dass egal, was dabei herauskam, ich endlich begreifen würde, was an der SRT so mystisch ist.

Als wir uns dann voneinander verabschiedeten, tönte Prof nur noch in einem etwas herrschsüchtigen Ton: „... und dass ihr mir dann den Einstein gelesen habt!“. Ohne Zweifel meinte er damit *das* Werk Einsteins ([↗ \[1\]](#)), welches dieser 1905 in den Annalen der Physik veröffentlichte und mit dem er die SRT aus der Taufe hob.



## Was man wissen muss

Der Tag des ersten Treffens war gekommen. Und wenn ich zwar die folgenden Treffen immer in einer eher protokollierenden Weise beschreiben möchte, so sind der Ort und die Zeit unserer Treffen derart unbedeutend, dass ich sie schlicht unter den Tisch fallen lassen werde. Selbst dass unser erstes Treffen in einer Gaststätte stattfand, ist eher nebensächlich. Ob sich diese Lokalität als hilfreich für unser Anliegen erweist, würde sich dann noch herausstellen. Jedenfalls gab es hinsichtlich der Bierversorgung keinerlei Probleme.

Prof hatte sich etwas verspätet. Das gab Doc und mir die Gelegenheit, unsere ‚Hausaufgaben‘ zu vergleichen. „Na, was hast du denn da recherchieren können?“ fragte Doc mit einem Lächeln auf den Lippen, welches mir suggerieren sollte, dass er sehr gut vorbereitet war. Sicher lag er auch nicht ganz falsch. Das Studium der von Prof aufgetragenen Literatur gab mir eher Fragen auf, als dass ich dort Antworten herauslesen konnte. Also ging ich in die Offensive und um die Diskussion in Gang zu bringen, steuerte ich ein für mich handfestes Problem an: „Den Einstein habe ich gelesen. Du doch sicherlich auch. Soweit ganz gut, aber wie kommt er eigentlich dazu, dieses Relativitätsprinzip so einfach zur Voraussetzung zu erklären? Muss denn nicht ein so grundlegendes Prinzip hergeleitet werden, damit sich dann darauf die zu entwickelnde Theorie aufbauen kann? Wenn Einstein dort von einem Postulat ausgeht, dann würde doch die gesamte Theorie zusammenbrechen, wenn sich das Postulat als zweifelhaft heraus stellen würde.“ Doc runzelte die Stirn: „Na dass das Relativitätsprinzip gilt, ist ja schließlich nicht Einsteins Erfindung“, konterte er. „Das Relativitätsprinzip geht wohl auf Galilei oder noch früher zurück und sagte damals aus: ‚dass es keine Möglichkeit gibt, innerhalb der Mechanik zu entscheiden, ob sich ein Objekt oder ein Koordinatensystem im absoluten Raum bewegt oder ob es darin ruht.‘ (↗ [2] S. A2)“ Nach einer kaum merklichen Gedankenpause fuhr er fort: „Wenn Einstein sein Relativitätsprinzip etwa so formuliert: ‚... daß dem Begriffe der absoluten Ruhe nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektrodynamik keine Eigenschaften der Erscheinungen entsprechen, sondern daß vielmehr für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten...‘ (↗ [1] S. 891), dann will er damit das Folgende sagen: ‚Das Relativitätsprinzip erlaubt es, den selben Vorgang aus verschiedenen Perspektiven zu berechnen, ohne dass sich dadurch die Form der Naturgesetze ändert‘ (↗ [3]). Er verallgemeinert hier ganz bewusst die Relativität der Bewegung auf andere physikalische Bereiche als die der Mechanik. Nur so wird es ihm gelingen, die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als ein Phänomen der Optik und seit Maxwell bekanntermaßen eben auch der Elektrodynamik, in seine Theorie mit zu integrieren!“

Ich wollte noch einmal nachhaken, musste das aber auf später verschieben, weil in dem Moment Prof ankam. Mit hastigen Bewegungen zog er seinen Stuhl unter dem Tisch hervor und murmelte etwas von „Verkehrschao“ und „Fahranfänger“ und setzte sich dann. Er war erfreut uns wiederzusehen und schaute uns erwartungsvoll ins Gesicht, so als ob er fragen wollte: „Na, wie weit seid ihr denn schon?“ Doc erfasste die Situation in derselben Weise und resümierte: „Also wir sind gerade beim Relativitätsprinzip.“ Ich nahm nun die Gelegenheit, um hier nachzuhaken, bevor sie mir entging: „Wenn denn die Formeln eines physikalischen Geschehens aus allen Sichten gleich sind, dann müsste doch jeder Beobachter auch das Gleiche wahrnehmen?“ Oh, was habe ich da bloß gesagt? Sofort fiel Prof ein und berichtete mich: „Es sind nicht die Formeln, die gleich sind, sondern nur deren Form! Stell Dir vor, dass in jede Formel die Relativgeschwindigkeit mit eingeht. Dann ist diese für den Beobachter im ruhenden System immer null und hat für den bewegten Beobachter einen Wert, der von null verschieden ist. Der ruhende Beobachter wird also wegen dieser anderen Relativgeschwindigkeit etwas anderes wahrnehmen, als der bewegte. Ungeachtet dessen ist die Relativgeschwindigkeit immer mit in der Formel enthalten.“ „Einen Einspruch muss ich aber gleich vorbrin-

gen“ drängelte sich Doc ins Gespräch: „dieses Relativitätsprinzip ist doch gerade dazu da, um nicht mehr zwischen den Beobachtern unterscheiden zu können, damit ‚ist die Bezeichnung ‚ruhendes System‘ unglücklich gewählt, provoziert sie doch die Frage, relativ wozu das System denn ruhe?“ (↗ [4] S. 8)“ Darauf entgegnete Prof etwas gequält: „O.k. das ist richtig, doch für die Erklärung des Problems nebensächlich. Es wird immer so sein, dass jeder Beobachter von seinem System aus Ereignisse beobachtet, in welchem er sich befindet oder mit welchem er sich mitbewegt. Insofern sollte er sagen dürfen, dass er sich gerade in Ruhe befindet.“ Doc aber fragte sicherheitshalber noch mal nach: „Wenn du von Ereignissen sprichst, was darf man sich denn dann darunter vorstellen?“ Ich war verblüfft und dachte so für mich: „Nun erkläre mal, was absolut klar ist“ und sagte dann aber: „Also man kann es so erklären: ‚Ein Ereignis ist irgendein Punkt im vierdimensionalen Raumzeit-Kontinuum, gegeben durch vier Zahlenwerte für die Variablen  $x$ ,  $y$ ,  $z$  und  $t$ .‘ (↗ [20] S. 29) Mit anderen Worten, es kann eben alles Mögliche sein, vom Lichtblitz bis zum Objekt, welches sich zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort befindet.“ Prof nickte unmerklich, was mir als Bestätigung der Richtigkeit meiner Aussage reichte.

Aber ohne auf den tiefgreifenden Gehalt meiner Antwort einzugehen, kam Doc dann noch mal auf die Frage mit der Form der Gleichungen zurück: „Sag mal, Prof, gilt diese Sache mit der Form der Gleichungen für alle Gleichungen?“ Prof stutzte über diese etwas subtil gestellte Frage. Doch nach kurzem Nachdenken gab er ein mich doch befriedigendes Statement ab: „Das Relativitätsprinzip wurde aufgestellt, um Prozesse aus unterschiedlich bewegten Koordinatensystemen beurteilen zu können. Nun sollte erst einmal klar sein, dass alles, was mit Kräften, also Beschleunigungen inklusive Drehungen, verbunden ist, von der Betrachtung auszuschließen ist. Worauf bezieht sich also das Relativitätsprinzip? Auf Bewegungen des Lichts. Damit brauchen wir auch keine Bedenken zu haben, dass alle unsere in der Praxis benutzten Formeln falsch seien. Solange wir uns nicht im Bereich des relativistischen Einflusses bewegen, ist diese Betrachtung sowieso irrelevant!“ Und mit dem Unterton einer Belehrung fuhr er fort: „Das Relativitätsprinzip sagt aus: ‚Es ist durch kein Experiment möglich, eine absolute Geschwindigkeit eines Systems festzustellen. Daher muß auch die mathematische Beschreibung aller physikalischen Vorgänge in allen Inertialsystemen gleichartig sein.‘ (↗ [5]) Mit dieser Definition –und nur mit dieser– schafft man mit dem Relativitätsprinzip die Möglichkeit, die Bewegungsgleichungen eines Objektes so von einem in ein anderes Inertialsystem zu transformieren, dass die Transformationsgleichungen linear sind.“ „Also dazu ist wohl noch ein Satz der Erklärung erforderlich“, sagte Doc etwas ungläubig. „Na ganz einfach“, erweiterte Prof sein Statement: „wenn ich aus einer sehr großen Anzahl möglicher Transformationsgleichungen gerade nur die benutzen will, die einem linearen Zusammenhang entsprechen, dann brauche ich dazu das Relativitätsprinzip!“

Ob ich nun den Grund für das Prinzip verstanden habe, konnte ich nicht mit Bestimmtheit sagen, aber mir ist klar geworden, dass das Relativitätsprinzip einfach notwendige Bedingung ist und man sich die Anwendung des Prinzips im konkreten Fall anschauen muss.

Doch es blieb da noch eine Frage im Raum und Doc war sich auch nicht zu fein, diese zu stellen: „Du sprichst immer von Inertialsystemen, Prof. Was ist eigentlich an diesen Systemen anders, als an ganz normalen Koordinatensystemen?“ In einem langgezogenen Ton sagte Prof: „Na Koordinatensysteme ...“. Aber Doc fiel ihm ins Wort und definierte einfach: „Eine oft verwendete praktische Definition eines Inertialsystems ist die folgende: Inertialsysteme sind solche Koordinatensysteme, die sich relativ zu den Fixsternen nicht bewegen.“ (↗ [2] S. 6) Aber Prof wollte das nicht gelten lassen: „Na ja, dabei wird aber unterstellt, dass der Fixsternhimmel eine feststehende Sphäre darstellt (↗ [6] S. 360). Sicherlich erscheint er uns auch als eine solche. Ob man das aber so annehmen kann, sollte allein unter dem Aspekt der bekannten Ausdehnung unseres Weltalls als fragwürdig angesehen werden.“

„Na gut“, Doc ließ nicht locker: „dann will ich es mal so formulieren: ‚Inertialsysteme sind Zeitsysteme, Zeit`inseln´, in denen gleiche Zeitdilatation bzw. gleicher Zeitgang herrscht.‘ (↗

[8] S. 7) Das entspräche dann einem Galilei'schen System, in welchem die 3-Dimensionalität erhalten ist. Schließlich ist doch ‚Ein Koordinatensystem (genauer: ein Bezugssystem), in dem die Newtonschen Gleichungen gelten, [...] ein Inertialsystem ‘ (↗ [4] S. 8)“ Prof schüttelte sich: „Ich glaube, diese Definition ist sehr zweckorientiert. Außerdem lässt diese Definition beispielsweise Drehungen zu und dann ist die Transformation zu anderen Systemen eben nicht mehr mit derselben Form der Gleichung möglich. Aber wir sollten uns doch bei einer Definition etwas an des Wortes Bedeutung halten. Schließlich steckt im Wort Inertialsystem der Stamm ‚Inertia‘, was als das Beharrungsvermögen zu verstehen ist. (↗ [8] S. 371) Andererseits beinhaltet das Wort auch den Stamm ‚System‘, der als ‚Ordnung nach einheitlichen Gesichtspunkten‘ dokumentiert ist. (↗ [8] S. 745)“

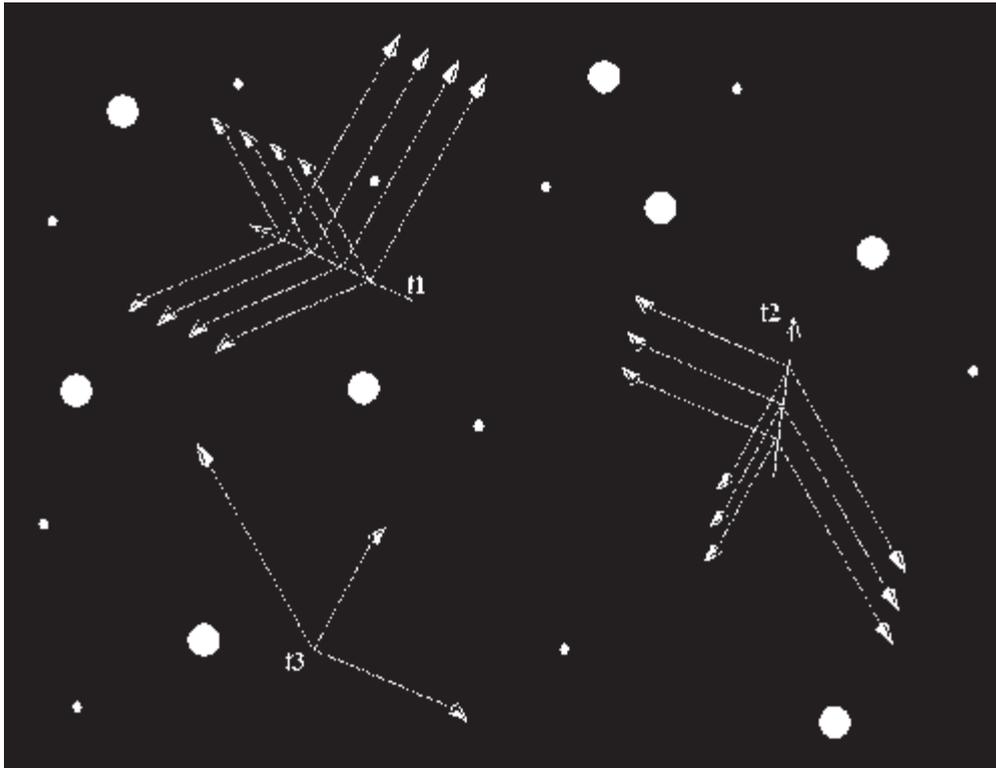


Bild 1: Stilisierte Inertialsysteme im Raum

„O.k.“,“ Doc klang schon etwas müde: „dann versuche ich es mal so: ‚Das Trägheitsgesetz gilt nur in solchen Koordinatensystemen, in denen ein Körper sich entweder in Ruhe befindet, oder sich gleichförmig entlang einer Geraden bewegt. [...] Man nennt die Galileische Koordinatensysteme, in denen das Trägheitsgesetz gilt, auch Inertialsysteme. Inertialsysteme sind also solche Räume oder Bezugssysteme, in denen das erste Newtonsche Axiom gilt.‘ (↗ [9] S. 4)“ und in einem Atemzug setzte er fort: „Dabei sagt das erste Newtonsche Axiom nichts anderes aus, als: ‚jeder Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen, geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch äußere Kräfte gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern‘ (↗ [1] S. 120)“. Diese Definition des Inertialsystems erschien aber auch etwas ungenau zu sein und ich wollte es auf einen einfachen Nenner bringen: „Also kann man doch einfach sagen: ‚Ein Bezugssystem, in dem ein kräftefreies Teilchen ruht oder sich geradlinig gleichförmig bewegt, heißt Inertialsystem‘ (↗ [11] S. 2)“. Doch Prof ließ es einfach nicht gelten. Er fasste einen neuen Gedanken und begann diesen mit einer Frage: „Also“. Dann schluckte er noch mal, als wollte er etwas Zeit gewinnen: „Sind es denn nun die Teilchen, Ereignisse und Dinge in einem Inertialsystem, die darin ruhen oder sich darin unbeschleunigt bewegen oder sind es die Inertialsysteme selbst, die sich zueinander in dieser Weise verhalten? Im letzten Fall würden wir sagen: in ‚der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) sind alle gleichförmig



geradlinig bewegten Systeme oder Beobachter inertial' (↗ [11] S. 2)“. Und er ließ sich jetzt nicht mehr von seinem Gedanken abbringen: „Stellen wir uns mal einen Raum vor, in dem sich Inertialsysteme befinden (vgl. Bild 1). Ja also im Raum befinden sich erst mal gar keine Inertialsysteme, sondern wir legen in diesem Raum Koordinatensysteme fest, deren Koordinatenursprünge sich gegeneinander bewegen – geradlinig, gleichförmig! Wichtig ist natürlich auch, dass sich diese Koordinatensysteme nicht – also in keiner Weise – drehen. Wie wir eine solche Drehung verstehen können, wollen wir an dieser Stelle mal nicht weiter betrachten. Dabei stellen wir uns die Koordinatensysteme durch die 3 Komponenten oder Achsen vor und dass sie sich bewegen, denken wir uns durch die Verschiebung dieser Achsen entlang der Bewegungsrichtung. Soweit, so gut - und warum legen wir diese Koordinatensysteme fest? Um die Position eines Körpers, Teilchens oder Ereignisses im Raum in den Koordinaten des Systems dazustellen, in dem wir uns selbst gerade befinden, oder in den Koordinaten, in welchen sich ein anderer Beobachter gerade befindet.“ Doc nickte verständnisvoll, doch ich war mit dieser Beschreibung einfach noch nicht ganz zufrieden: „Das bedeutet also, wenn sich zwei Koordinatensysteme mit der gleichen Geschwindigkeit und in die gleiche Richtung bewegen, dann wäre es möglich, diese beiden Systeme zu einem Inertialsystem zusammenzufassen?“ „Na klar, das ist richtig erkannt.“ freute sich Prof: „Die Begründung dafür ist einfach, dass in diesem Fall eine Transformation von einem in das andere System lediglich auf eine Verschiebung der Koordinatenursprünge beider Systeme in einen gemeinsamen Punkt hinaus laufen würde.“ „Das ist mir klar! Aber was darf ich mir bitte unter einem *Ereignis* in einem Inertialsystem vorstellen?“ wollte ich genau wissen. Etwas ausladend begann Prof seine Erklärung: „Ein Ereignis kann eben alles sein“. „Na gib mir doch einfach ein Beispiel“ nervte ich weiter. Aber Prof blieb geduldig: „Ja ein Lichtblitz oder auch nur die Bewegung eines Körpers... Vielleicht müssen wir unterstellen, dass gerade beide Bedingungen erfüllt sind, also die Bewegung der Inertialsysteme zueinander muss beschleunigungsfrei sein und Bewegungen von Körpern im Inertialsystem ebenfalls“ trumpfte Prof auf. Aber da war er bei mir gerade richtig: „Wenn sich in einem Inertialsystem eine Bewegung abspielt, dann bin ich doch nur gut beraten, wenn ich diese Bewegung einem eigenen Inertialsystem zuordne. ‚Die Bewegung selbst findet nicht "in" einem Bezugssystem statt.‘ (↗ [13]) Ich spare mir dann dieses umständliche Auseinanderhalten der Bewegungen zwischen den Systemen und innerhalb der Systeme! Und nebenbei gesagt konnte ich bei Einstein [1] auch nicht wirklich erkennen, dass er die Bewegungsgleichungen transformiert hätte. Alles, was er transformierte waren x-Koordinaten und t-Koordinaten, wenn man die Zeit auch als Koordinate auffassen will“. Nun hatte ich Prof richtig gereizt. Prof rebellierte noch mal ganz energisch: „Dein Gedanke ist schon nachvollziehbar, doch müssen wir die Inertialsysteme so festlegen, dass die Forderung des Relativitätsprinzips mit der Forminvarianz aller physikalischer Gesetze ermöglicht wird. Das sind insbesondere auch die Gesetze der elektro-magnetischen Wellen. Und diese Transformation nahm Einstein sehr wohl vor!“ Aber da konterte nun Doc: „Ich habe das unbestimmte Gefühl, dass sowieso jeder Wissenschaftler seine eigene Definition für die Inertialsysteme entwickelt. Also warum legen wir denn jetzt nicht auch unsere eigene Definition des Inertialsystems fest? Aus dem Gesagten würde ich dann nämlich den folgenden Vorschlag für eine Definition ableiten:

**Inertialsysteme sind derart festgelegte Maßsysteme, sodass sich die dem System zugeordneten Objekte über die Zeit hin an derselben Stelle im System befinden. Inertialsysteme bewegen sich zueinander gleichförmig und geradlinig, sowie ohne Drehung!**

Oder habt ihr dazu noch Einwände?“ (↗ [14] § 5 - hinsichtlich der Drehung) Aber diese Definition war selbst für Prof nicht zu entkräften, auch wenn er wahrscheinlich innerlich noch nach einer besseren Möglichkeit suchte.

Es war zwar noch nicht wirklich spät, aber wir hatten uns ja schon ausgiebig unterhalten. Doch bevor jemand auf die Idee kommen könnte, das erste wirklich konstruktive Treffen vor-schnell zu beenden, warf ich noch eine Frage auf. Dabei hoffte ich, dass diese schlichte Frage dennoch ausreichend Stoff für etwas Diskussion hergab: „Prof, du sprachst vorhin vom Raum, in welchem sich die Inertialsysteme bewegen. Wie darf ich mir diesen Raum vorstellen?“ Prof sprang auch sofort darauf an, obwohl seine Antwort schon frappierte: „Leer, einfach leer!“ Auf mein fragendes Gesicht hin holte er dann aber doch etwas weiter aus:

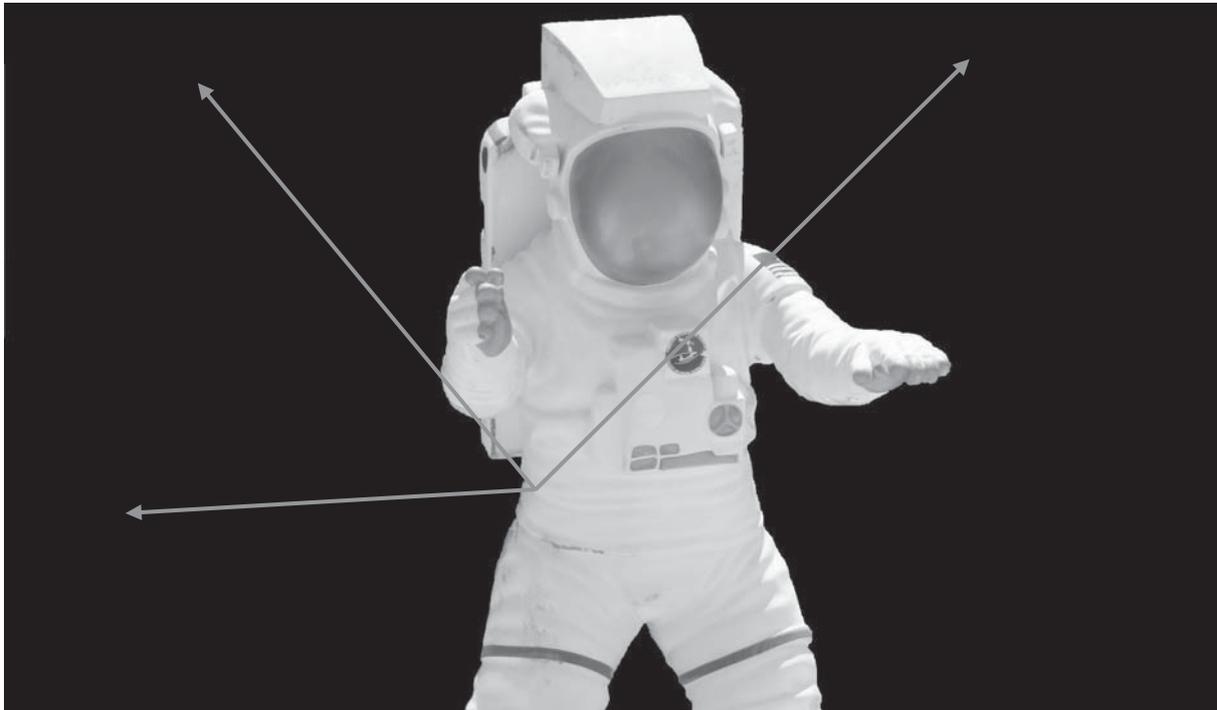


Bild 2: Ein Beobachter im leeren Raum

„Wenn dann die SRT verlangt, dass die Inertialsysteme kräftefrei sein sollen, dann darf es eben auch keine Kräfte in dem Raum geben, wo sich die Inertialsysteme befinden sollen. Also Gravitation ist verboten und wenn sich rausstellen sollte, dass elektrische Ladungen an die Gravitation gebunden sind – oder umgekehrt –, dann dürfen auch keine Ladungen existieren. Ladungen wären auch deshalb zu untersagen, weil sich diese von verschiedenen Inertialsystemen über die magnetische Wirkung (↗ [15] S. 77) bewegter Ladungen anziehen oder abstoßen würden. Also streng genommen dürfte nichts in diesem Raum sein.“ „Wenn man sich einen Raum (↗ Bild 2) mit einem Beobachter vorstellte, der einem Inertialsystem zugeordnet würde, dann würde dieser Beobachter selbst schon die Voraussetzung für die SRT zerstören“ folgerte Doc. Und Prof löste den Gedanken auf: „Also gehen wir doch einfach davon aus, dass der Beobachter sich auf seinen Geist reduziert und alles, was wir in den Raum stellen, sei von vernachlässigbarem Einfluss auf diesen Raum. Die SRT ist damit ein rein gedankliches Gebilde. Sie tut einfach so, als wäre diese Bedingung immer erfüllt und in realen Experimenten müsste dann gegebenenfalls nachgewiesen werden, dass das nicht so ist.“ Ich war noch nicht zufrieden mit dieser Aussage: „Was nun der Raum selbst ist, ist aber noch nicht beantwortet! Schließlich wäre ich doch mittels Geisteskraft befähigt, auch dem leeren Raum masse- und ladungsfreie Punkte zuzuordnen. Dann bedeuteten diese Punkte aber nicht den Raum.“ „Na dann sieh es doch mal so:“ setzte Prof seine Rede fort: „betrachten wir einen Beobachter, der da im Raum schwebt, er legt sich sein ihm eigenes Inertialsystem fest. Damit ist er aber nicht in der Lage auszusagen, ob er sich mit diesem System bewegt. Der Begriff ‚Bewegung‘ verliert für ihn jegliche Bedeutung. Es gibt da ja nichts, woran er erkennen könnte, dass er



sich bewegt. Er kann also nicht erkennen, was mit dem von dir festgelegten Punkten passiert, wenn sie nicht materiell und damit registrierbar sind. Selbst eine Drehung, die theoretisch Fliehkräfte erzeugen müsste, wäre für ihn nicht zu registrieren.“ Ohne wirklich Luft zu holen, fuhr er fort: „Es gibt das Mach'sche Prinzip (vgl. [16]). Das kann auch so interpretiert werden, dass dieser Beobachter einfach keine Drehung vollführen kann, weil nicht bestimmt werden kann, in Relation auf was er sich denn drehen würde. Und damit kann er dann auch keinen Fliehkräften unterliegen.“ Ein bisschen zu sich selbst sprechend brubbelte er dann noch: „Eine komische Vorstellung, wenn das nicht so wäre.“ Dann aber konstatierte er mit fester Stimme: „Aber dieses Problem dürfen und müssen wir hier einfach weglassen. Das ist eindeutig eine Problematik der allgemeinen Relativitätstheorie und hat hier nichts zu suchen.“ Doc ließ sich das Ganze noch mal auf der Zunge zergehen: „Also wenn da im Raum nichts existiert, keine Marken, Meilensteine, keine Punkte, die dem Raum eine Gestalt geben, dann kann ich zwar eine hypothetische Marke zu einem Zeitpunkt festlegen, weiß aber im nächsten Augenblick nicht mehr, wo diese Marke sich nun befindet, weil ich nicht entscheiden kann, ob bzw. wie ich mich im Raum bewege.“ „...oder der Raum sich um dich bewegt“ gab Prof dem Satz ein anderes Ende. Ich wollte den anderen auch dokumentieren, dass ich es verstanden hatte und resümierte: „Jeder Gedanke an die Struktur des leeren Raumes wird also ein falscher Gedanke!“ Diesen Satz hätte Doc sicherlich auch gerne formuliert, denn er hat so etwas Philosophisches. Doch Doc führt seinen Gedanken weiter: „Lasst uns doch einfach an den Punkt der hypothetischen Marke eine Sache – z.B. ein Taschenmesser – hinterlegen. Dann ist der Punkt im Raum durch diese Sache bestimmt.“ „Nein!“ antwortete Prof schroff: „Dann hast du nur neben dir noch ein weiteres Ding im Raum, dessen Bewegung im Raum du nicht erkennen kannst. Wozu du nun aber gut in der Lage bist, du kannst deine Lage relativ zu diesem Taschenmesser bestimmen und das sogar über die Zeit hinweg.“

Mit diesem Fundament an Gedanken zur SRT waren wir erst einmal ausreichend beschäftigt. Es war nur gut, dass Doc ein wenig drängelte, weil er nach Hause musste. Und so vereinbarten wir den nächsten Termin mit der Maßgabe, uns dann mit der Lorentz-Transformation befassen zu wollen. Ich war schon echt gespannt darauf, weil ich wusste, dass die Lorentz-Transformation eine Schlüsselstellung beim Verstehen der SRT einnimmt. So hat uns Prof noch mal ermahnt, uns ausreichend mit diesem Stoff zu befassen.

# Ohne dem geht es nicht

Unser nächstes Treffen fand im selben Restaurant wie beim letzten Mal statt. Es waren gerade 2 Wochen vergangen. Dass uns die Kellnerin wiedererkannte, lag aber bestimmt nicht an dem übermäßigen Umsatz, den wir letztes gemacht hatten. Vielleicht war es ja gerade, weil wir ihn nicht machten. Aber das sollte an diesem Tage anders werden und wir bestellten erst einmal ein schönes Abendbrot.

Kaum hatten wir die Kellnerin beschäftigt, platzte ich auch schon heraus: „Also zum Thema Lorentz-Transformation findet man ja Unmengen an Quellen im Internet.“ „Aber warum suchst du danach im Internet?“ fragte mich Doc. „Ich habe einfach die Passage bei Einstein [7 1] nachgelesen.“ Prof dozierte: „Die Lorentz-Transformation sollte natürlich überall die gleiche sein!“. Doch damit war ich ja nun gar nicht einverstanden: „Aber wenn man sich die Ansätze der unterschiedlichsten Quellen ansieht, dann stellt man fest, dass sich diese voneinander wesentlich unterscheiden.“ „O.k.“ führte Prof das Gespräch: „dann müssen wir uns wohl oder übel diese Ansätze mal genauer ansehen. Also, Doc, was hast du für einen Ansatz?“ Aber Doc druckste: „Na so ein richtiger, expliziter Ansatz ist es in der Form nun auch wieder nicht. Einstein geht irgendwo von der Galilei-Transformation aus und kommt dann nach wilder Rechnerei zu dem Term, der als das Ergebnis der Lorentz-Transformation bekannt ist.“ „Ja, das war zu erwarten.“ Prof sagte das ohne Erstaunen: „Einstein ist sicher kein didaktisch vorgeschulter Lehrer gewesen. Also schauen wir mal, was das Internet so hergibt.“ Ich fühlte mich nun angesprochen: „Also der Ansatz, der nach Einstein üblich war, baut auf folgendem Bild auf:“ und ich skizzierte auf einem Schmierzettel (siehe Bild 3) zwei Koordinatensysteme:

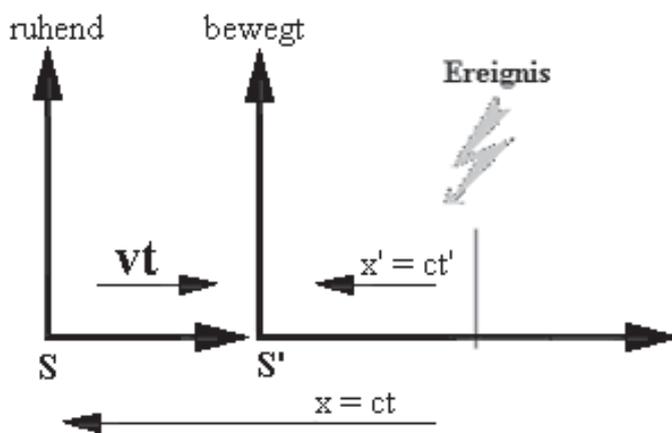


Bild 3: Ansatz zur Lorentz-Transformation

Dabei erläuterte ich, was ich da zeichnete: „Wir definieren zwei Koordinatensysteme K und K'. Ein System wird durch die Koordinaten  $x$  und  $y$  beschrieben, während im anderen diese Koordinaten gestrichen sind – also  $x'$  und  $y'$ . Die  $z$ -Achsen werden vernachlässigt und sind der  $y$ -Achse gleichgestellt. Die Koordinatensysteme sollen als Inertialsysteme aufzufassen sein, sich also geradlinig und gleichförmig zueinander bewegen. Dabei findet die Bewegung parallel zur  $x$ -Achse statt und die  $x$ -Achsen – hier also  $x$ - und  $x'$ -Achse - der beiden Systeme sollen übereinander liegen. Zu guter Letzt sitze im Ursprung eines jeden Systems ein Beobachter. Es gibt nun einen Zeitpunkt, an welchem die beiden Beobachter sich treffen. Wir sehen mal davon ab, dass nach der gezeigten Definition die Beobachter dann mit der Relativgeschwindigkeit der Systeme zusammenstoßen würden. Sie müssen eben in  $y$ -Richtung ausweichen, um diesen Zusammenstoß zu umgehen. Zu diesem Zeitpunkt also, wenn der Ursprung des einen Systems mit dem des anderen übereinander gerät, dann soll an einer beliebigen