Albert Einstein wurde am 14. März 1879 in Ulm geboren. Sein Vater war ein Kaufmann jüdischer Religion, welcher sein Glück mit Fabrikation und Vertrieb von Dynamos, Bogenlampen und Messinstrumenten zuerst in Ulm, dann in München, schließlich in Padua und Mailand versuchte, ohne dass das Unternehmen floriert hätte; als Kind muss Einstein mehrmals Not miterlebt haben.

Schule und Studium

Mitgebracht auf die Welt hatte Einstein die Anlage zum frühreifen, eigenwilligen Genie. In allen Stadien seiner Ausbildung sog er begierig Kenntnisse ein, die ihm zusagten, d. h. physikalische und anfangs auch mathematische; das andere suchte er als einen den Geist unnütz belastenden „Wust“ beiseite zu schieben. So darf es nicht wundern, wenn er sich im Münchener Luitpoldgymnasium durch die Schuldisziplin bedrückt fühlte. Hinzu kam, dass ihn die Überschätzung alles Militärischen abstieß, welche damals in Deutschland üblich war. Kurz entschlossen verließ er 1894 eigenmächtig Gymnasium und Deutschland. Nach einem kurzen Besuch der Internationalen Schule in Mailand meldete er sich im Frühherbst 1895 bei der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich zum Studium. Die für solche Fälle zuständige Aufnahmekommission prüfte ihn und erkannte die mathematischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse, die er sich zum Teil durch Selbststudium erworben hatte, durchaus an, vermisste aber hinreichende Kenntnisse der klassischen Sprachen und musste ihm deshalb die Zulassung verwehren. Auf Rat eines Dozenten holte er das Fehlende auf der obersten Klasse der Kantonsschule in Aarau nach.

Im Oktober 1896 konnte sich Einstein dann bei der Abteilung VI der Technischen Hochschule Zürich für das mathematisch-physikalische Fachlehrerstudium einschreiben.

Über sein Studium berichtet Einstein in seiner 1946 verfassten Selbstbiographie. Er erwähnt von seinen Lehrern keinen Physiker, sondern nur die Mathematiker Hurwitz und Minkowski, um alsbald hinzuzufügen, er habe ihre Vorlesungen keineswegs regelmäßig besucht. Denn während er sich in seiner Kindheit an Euklids Geometrie begeistert hatte, war inzwischen der Zug zur Naturwissenschaft durchgebrochen.

Einstein: *„Ich arbeitete die meiste Zeit im physikalischen Laboratorium (Praktikum), fasziniert durch die direkte Berührung mit der Erfahrung. Die übrige Zeit benutzte ich hauptsächlich, um die Werke von Kirchhoff, Helmholtz, Hertz etc. zu Hause zu studieren“.*

Er entschuldigt die Vernachlässigung der Mathematik mit deren Aufspaltung in so viele unabhängige Spezialgebiete, zwischen denen zu wählen ihm

schwer geworden sei, und mit mangelnder Einsicht in die Bedeutung der Mathematik für ein tieferes Eindringen in die theoretische Physik.

„Diese dämmerte mir erst allmählich, nach Jahren selbständiger wissenschaftlicher Arbeit“, d. h. beim Ausbau der Relativitätstheorie. Einstein weiter: *„Freilich war auch die Physik in Spezialgebiete geteilt, deren jedes ein kurzes Arbeitsleben verschlingen konnte, ohne dass der Hunger nach tieferer Erkenntnis befriedigt würde. Die Masse des erfahrungsmäßig Gegebenen und ungenügend Verbundenem war auch hier überwältigend. Aber bald lernte ich es hier, dasjenige herauszuspähen, was in die Tiefe führen konnte, von allem Anderen aber abzusehen, von dem Vielen, was den Geist ausfüllt und von dem Wesentlichen ablenkt“.*

Einstein musste zwei Examina über sich ergehen lassen. Die Vorbereitung zum zweiten hatte den Erfolg, dass er nach dessen Bestehen im Vorsommer 1900 die Wissenschaft für ein Jahr satt hatte. Das ist in dem echt Einsteinschen Satz ausgedrückt:

„Ich denke, dass man selbst einem gesunden Raubtier seine Fressgier wegnehmen könnte, wenn es gelänge, es mit Hilfe der Peitsche fortgesetzt zum Fressen zu zwingen, wenn es keinen Hunger hat, besonders, wenn man die unter solchem Zwang verabreichten Speisen entsprechend auswählte“.

Einstein erhielt übrigens in diesem Diplomexamen, in welchem man im besten Fall sechs Punkte pro Prüfungsfach bekommen konnte, in der praktischen und theoretischen Physik je fünf Punkte, ebenso in der Astronomie, in der Funktionentheorie 5,5 und für die Diplomarbeit 4,5.

Das Studium hatte Einstein jetzt abgeschlossen. Was nun? Die Physik war damals kein Brotstudium. Die Unterstützung, welche ihm eine entfernte Verwandte für die Ausbildungszeit gegeben hatte, fiel weg. Während die Studiengenossen, die gleichzeitig das Examen bestanden hatten, meist Assistentenstellen erhielten, ging Einstein leer aus – vielleicht wegen der so oft versäumten Vorlesungen.

Bis zum Herbst 1901 hielt er sich bei bescheidenster Lebensführung durch Rechenaufgaben über Wasser, welche er für den Züricher Astronomen Wolfer erledigte. Zeitweise kam hinzu eine Vertretung am Technikum Winterthur für den mathematischen Unterricht. Dann war er vorübergehend Lehrer an einem Knabenpensionat in Schaffhausen.

Als Hilfsgutachter in Bern veröffentlichte Einstein 1905 seine drei epochemachenden Arbeiten

Es war für ihn aber Lebensrettung – dies Wort hat er selbst gebraucht - als der Ingenieur Friedrich Haller, Chef des Eidgenössischen Amtes für geistiges

Invarianz und Myonen-Experiment

Wir hatten auf Seite 38 ausgeführt, dass man aufgrund der **Invarianz der Physik gegenüber gleichförmiger Bewegung** zwei gleichberechtigte Möglichkeiten hat, den experimentellen Tatbestand „Myon erreicht Meeresspiegel" zu beschreiben: Im Ruhsystem der Erde durch die **Zeitdehnung**, im Ruhsystem des Myons durch die **Lorentzkontraktion.** Diese wichtige Erkenntnis wollen wir jetzt quantifizieren.

33 Wir beobachten in einer Höhe von 9000 m in einem Detektor $10^6 = 1$ Million Myonen in einem bestimmten Zeitintervall. Sie haben die Geschwindigkeit $v = 0{,}9978\ c$ in Richtung Erde. Die Myonen zerfallen nach dem Gesetz $N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$. N_0 ist die ursprüngliche Anzahl der Myonen zum Zeitpunkt $t = 0$, $N(t)$ die Anzahl zum Zeitpunkt t und τ = mittlere Lebensdauer = 2 μsec. Wieviele Myonen erreichen die Erdoberfläche (= Meereshöhe)? Rechne relativistisch.

Aufgrund der Invarianz der Physik gegenüber gleichförmiger Bewegung ergeben sich zwei Möglichkeiten der Beschreibung.

Der Beobachter im Ruhsystem des Myons sagt:
Die Erde rast mit $v = 0{,}9978\ c$ auf mich zu. Aufgrund der Lorentzkontraktion messe ich im Ruhsystem des Myons nur die Entfernung 9000 m/15 = 600 m, die die Erde überwinden muss. Diese **lorentzverkürzte** Strecke wird von der Erde in $\tau = 2\ \mu$sec zurückgelegt (Eigenzeit im Ruhsystem des Myons). Der Meeresspiegel wird also nach τ erreicht. Die Anzahl der Myonen ist dann
$N(t = \tau) = N_0\ e^{-1} = 10^6 \cdot e^{-1} =$ **370 000 Myonen.**

Der Beobachter im Ruhsystem der Erde sagt:
Das Myon bewegt sich mit $v = 0{,}9978\ c$ auf mich zu, d. h. $\alpha = (1 - \beta^2)^{-1/2} = 15$. Aufgrund der **Zeitdehnung** erfolgen die Zerfallsakte um den Faktor 15 langsamer, ich stelle die Zerfallskurve $N(t) = N_0\ e^{-t/15\tau}$ im Ruhsystem der Erde fest (Abb.29). Um die 9000 m zurückzulegen, braucht das Myon die Zeit $t = 15\ \tau$. Die Anzahl der Myonen am Meeresspiegel ist:
$N(t = 15\tau) = N_0\ e^{-t/15\tau} = N_0\ e^{-15\tau/15\tau} = N_0 e^{-1} = 10^6 e^{-1} =$ **370 000 Myonen.**

Beide Beobachter kommen zu dem **gleichen** Resultat: Von 1 Million Myonen in 9 000 m Höhe erreichen nach der speziellen Relativitätstheorie 370 000 Myonen den Meeresspiegel.
Nach der **Newtonschen Physik** hingegen kämen am Meeresspiegel nur
$N(t = 15\tau) = N_0 e^{-15} = 10^6 e^{-15} =$ **0,31 Myonen** an, da es hier weder eine Zeitdehnung noch eine Lorentzkontraktion gibt. Das Experiment hat zugunsten Einsteins entschieden.

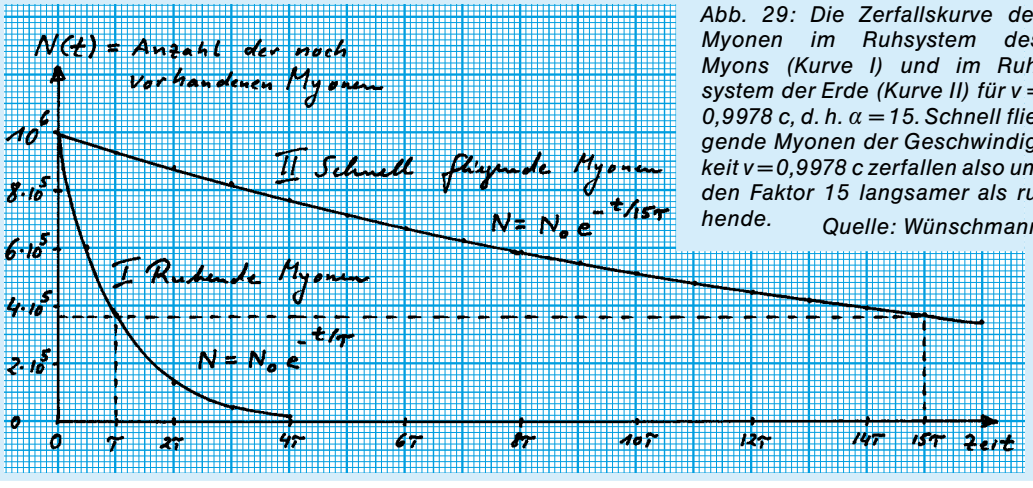
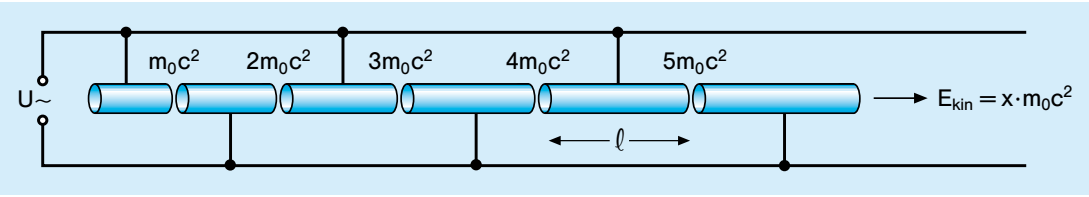


Abb. 29: Die Zerfallskurve der Myonen im Ruhsystem des Myons (Kurve I) und im Ruhsystem der Erde (Kurve II) für $v = 0{,}9978\ c$, d. h. $\alpha = 15$. Schnell fliegende Myonen der Geschwindigkeit $v = 0{,}9978\ c$ zerfallen also um den Faktor 15 langsamer als ruhende. *Quelle: Wünschmann*

Kein Körper kann nach Einstein Lichtgeschwindigkeit erreichen

Kein Körper kann Lichtgeschwindigkeit erreichen - diese zentrale Aussage Einsteins wollen wir quantifizieren und anschaulich darstellen (siehe auch Seite 34 - 35).



In einem **Linearbeschleuniger** durchlaufen Elektronen hintereinander aufgereihte, röhrenförmige Metallelektroden. Die Rohrstücke liegen abwechselnd an den Polen einer Wechselspannungsquelle. In einem solchen Rohr herrscht kein elektrisches Feld; die Beschleunigung erfolgt jedesmal zwischen zwei Rohrstücken. Die Frequenz der Wechselspannung muss so sein, dass die Teilchen an jeder Trennstelle eine beschleunigende Phase des Feldes vorfinden. Ihre Laufzeit durch jedes Rohrstück muss also die halbe Feldperiode sein: $t = \frac{T}{2} = \frac{\ell}{v}$ oder $v = \frac{2\ell}{T}$. Daher müssen die Rohre mit wachsender Geschwindigkeit immer länger werden. Auf diese Weise werden in dem 3 km langen Linearbeschleuniger in Stanford Elektronen auf eine Endenergie von 50 GeV gebracht.

Die Ruhenergie des Elektrons beträgt 0,511 MeV. Zwischen den Rohrstücken liege die Scheitelspannung $U_{max} = 0{,}511$ MV = 511 kV, d. h. die Elektronen nehmen zwischen jedem Rohr die kinetische Energie $E_{kin.} = m_0 c^2 = 0{,}511$ MeV auf. Wie wächst die Geschwindigkeit des Elektrons nach **Einstein** und nach **Newton** als Funktion seiner kin. Energie an?

Nach **Einstein** gilt:

$$E_{kin.} + E_0 = E, \text{ d. h. } x \cdot m_0 c^2 + m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$x + 1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \longrightarrow \mathbf{v = \sqrt{1 - \frac{1}{(1+x)^2}} \cdot c}$$

für $x = \frac{1}{20} \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{400}{441}}\, c = 0{,}305\, c$ $\qquad$ $x = 2 \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{9}}\, c = 0{,}943\, c$

für $x = \frac{1}{10} \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{100}{121}}\, c = 0{,}417\, c$ $\qquad$ $x = 3 \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{16}}\, c = 0{,}968\, c$

für $x = \frac{1}{4} \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{16}{25}}\, c = 0{,}6\, c$ $\qquad$ $x = 4 \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{25}}\, c = 0{,}980\, c$

für $x = \frac{1}{2} \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{4}{9}}\, c = 0{,}745\, c$ $\qquad$ $x = 5 \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{36}}\, c = 0{,}986\, c$

für $x = 1 \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{4}}\, c = 0{,}866\, c$ $\qquad$ $x = 6 \longrightarrow v = \sqrt{1 - \frac{1}{49}}\, c = 0{,}990\, c$

Für $x \longrightarrow \infty$ folgt nach Einstein $v \longrightarrow c$. Die Lichtgeschwindigkeit stellt also eine **oberste Grenzgeschwindigkeit** dar.

Nach **Newton** stellt sich der Sachverhalt für hohe Geschwindigkeiten **ganz anders** dar. Es gilt:

$$eU_{max.} = x\, m_0 c^2 = \frac{1}{2} m_0 v^2 \longrightarrow \mathbf{v = \sqrt{2x} \cdot c}$$

Bereits bei $x = \frac{1}{2}$, also bei der kin. Energie von 0,2555 MeV, würden die Elektronen Lichtgeschwindigkeit erreichen. Für $x \longrightarrow \infty$ geht nach Newton auch $v \longrightarrow \infty$.

Abb. 31 zeigt die Geschwindigkeit der Elektronen als Funktion ihrer kinetischen Energie nach Einstein und Newton. Man erkennt: Nur bei **kleinen** kinetischen Energien ($x < \frac{1}{20}$) fallen die Geschwindigkeiten der Elektronen nach Einstein und Newton zusammen = nichtrelativistischer Bereich. Für $x << 1$ geht also $v_{Einstein} \longrightarrow v_{Newton.}$ Denn bei Vernachlässigung der quadratischen Glieder ist:

$$v_{Einstein} = c\sqrt{1-\frac{1}{(1+x)^2}} = c\sqrt{1-\frac{1}{1+2x+x^2}} \approx c\sqrt{1-\frac{1}{1+2x}} \approx c\sqrt{1-(1-2x)} = c\sqrt{2x} = v_{Newton}$$

Es ist das schöne Los der alten Newtonschen Theorie für kleine v bestehen zu bleiben und für große v in der umfassenderen Theorie Einsteins aufzugehen.

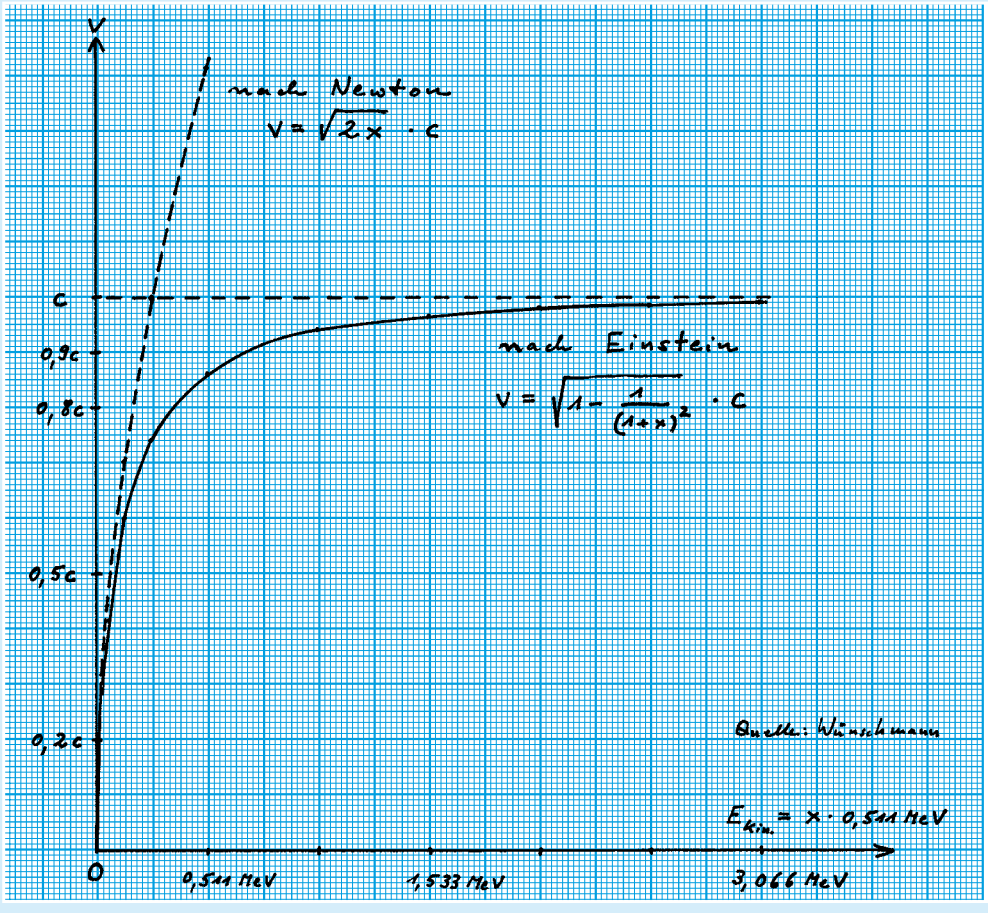


*Abb. 31: Geschwindigkeit der Elektronen als Funktion der kin. Energie nach Newton und Einstein. Dieser Geschwindigkeitsaufbau sieht z.B. für Protonen genauso aus, nur muss dann der Maßstab auf der Energie-Achse geändert werden, d. h. die Energiewerte müssen in Vielfache der Ruhenergie des Protons $E_{kin} = x \cdot 938{,}3$ MeV angegeben werden. So haben Elektronen der kin. Energie $E_{kin} = 6\, m_0 c^2 = 3{,}066$ MeV und Protonen der Energie $E_{kin} = 6\, m_0 c^2 = 5{,}63$ GeV nach Einstein die **gleiche Geschwindigkeit** $v = 0{,}99\ c$.*



Abb. 45: Bild Albert Einsteins aus den letzten Lebensjahren (um 1952). Seine ungespielte Bescheidenheit und das völlige Desinteresse an der äußeren Erscheinung prägten unverwechselbar sein Bild in der Öffentlichkeit. Er wurde die Personifizierung des weltfremden Genies, dessen Gedankenflügen kein gewöhnlicher Sterblicher zu folgen vermag.

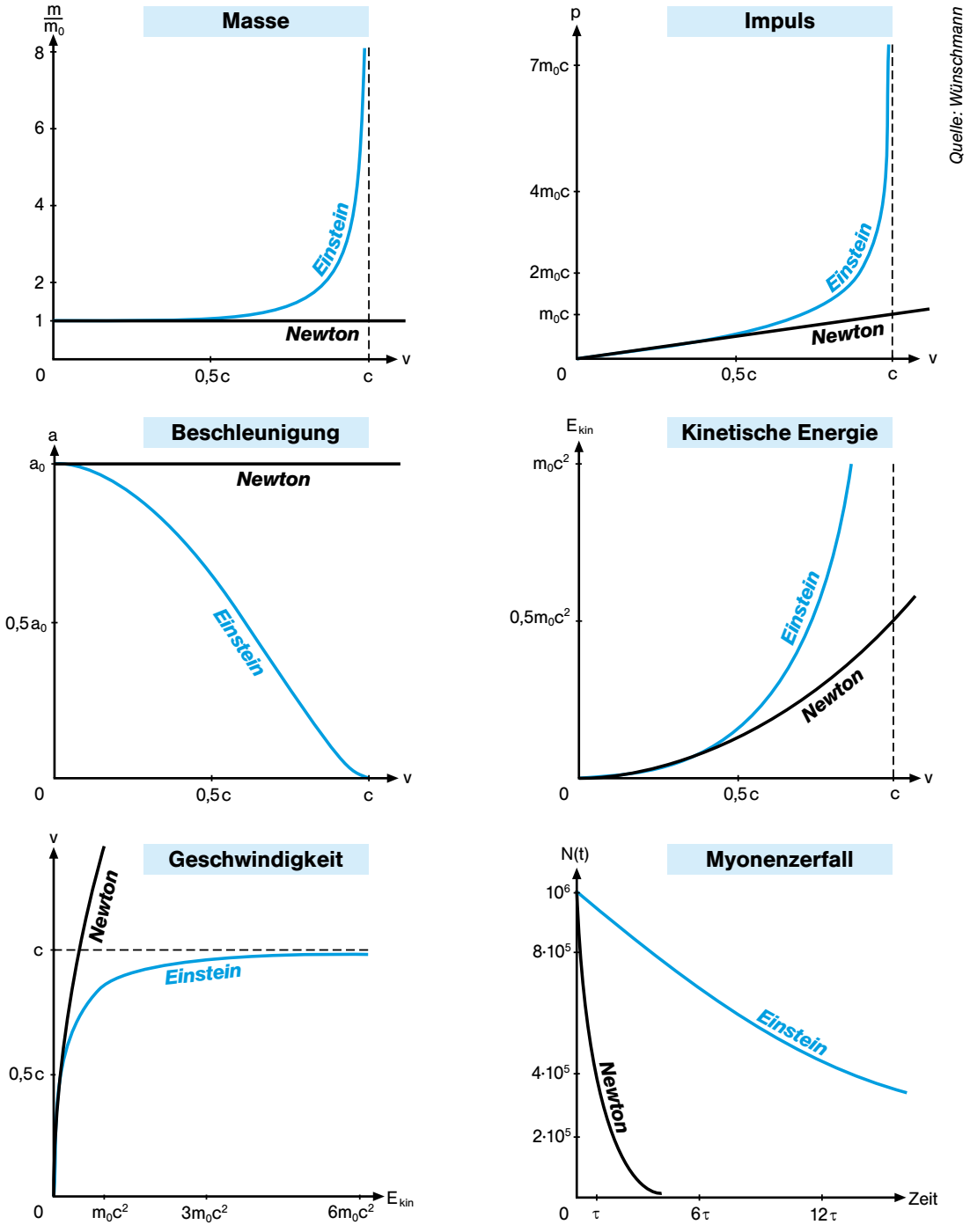
1952 wurde Einstein die Präsidentschaft des jungen Staates Israel angeboten. Er lehnte ab mit der Begründung, er sei zu alt und zu naiv für die Politik. Vielleicht hatte er in Wirklichkeit einen weiteren Grund. Um ihn noch einmal zu zitieren: ***„Gleichungen sind wichtiger für mich, weil die Politik für die Gegenwart, eine Gleichung dagegen für die Ewigkeit ist“.***

Am 18. April 1955 starb Einstein im 77. Lebensjahr in einem Krankenhaus in Princeton. Er hatte sich jede Trauerfeier verbeten. Er wollte weder Totenreden noch ein Grabmal. So nahmen nur engste Verwandte und Freunde im Krematorium Abschied. Seinem Wunsch gemäß wurde die Asche des Weltbürgers in alle Winde verstreut.

Quelle: Hawking

Die Perihelbewegung des Merkur, die Lichtablenkung an der Sonne und die gravitative Rotverschiebung haben die **allgemeine Relativitätstheorie** (ART) glänzend bestätigt. Einstein hatte aber in seiner ART ein weiteres Phänomen vorhergesagt: Die Existenz von **Gravitationswellen** (Schwingungen der Raumzeit). Diese entstehen im Kosmos bei enormen Beschleunigungen sehr großer Massen. Am 11. Februar 2016 wurde von der Fachwelt die Nachricht von der **ersten nachgewiesenen Gravitationswelle** verkündet. Das Signal, hervorgerufen durch den Zusammenstoß zweier **Schwarzer Löcher**, kam aus der Tiefe des Weltalls und war nach 1,3 Milliarden Lichtjahren auf der Erde angekommen. Dieser Nachweis ist ein krönender Höhepunkt der genialen Arbeiten Einsteins.

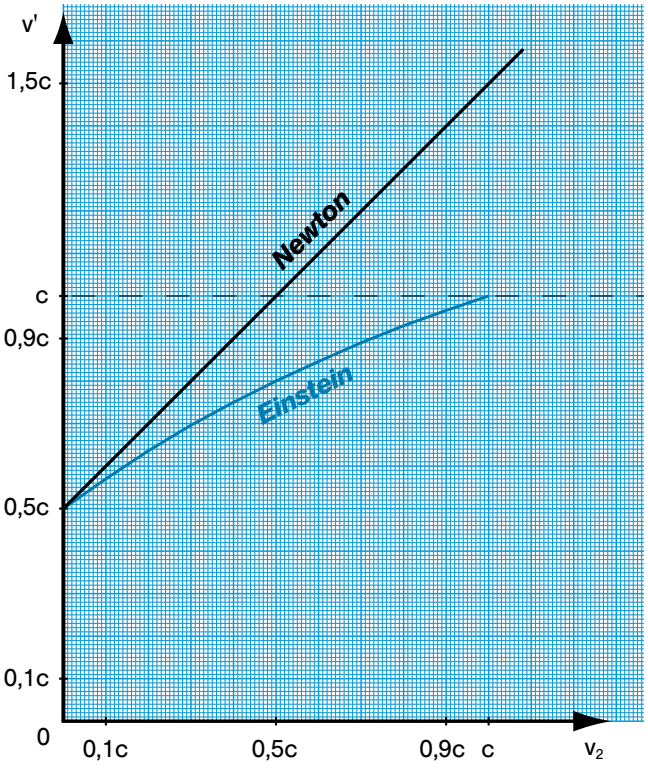
Zusammenstellung einiger wichtiger Ergebnisse nach Einstein (blaue Kurve) **und Newton** (schwarze Kurve): Für kleine Geschwindigkeiten $v \ll c$ stimmen die Werte nach Einstein und Newton überein. Während nach Newton die Lichtgeschwindigkeit c überschritten werden kann, stellt sie bei Einstein eine Grenzgeschwindigkeit dar, die prinzipiell **nicht** erreicht werden kann. Denn für $v \to c$ gilt nach Einstein: $m \to \infty$, $p \to \infty$, $a \to 0$, $E_{kin.} \to \infty$ und $\Delta t \to \infty$.



Quelle: Wünschmann

Das Additionsgesetz der Geschwindigkeiten nach Newton und Einstein: Für das folgende Beispiel halten wir $v_1 = 0{,}5\ c$ fest und verändern v_2 von 0 bis c in Schritten von 0,1 c. Dann ergibt sich:

Nach Einstein: $v' = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$	$v_1 = 0{,}5\ c$ fest	**Nach Newton:** $v' = v_1 + v_2$
$v_2 = 0$	$v' = \frac{0{,}5c + 0}{1 + 0} = \mathbf{0{,}5\ c}$	$v' = \mathbf{0{,}5\ c}$
$v_2 = 0{,}1\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}1c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}1} = \frac{0{,}6c}{1{,}05} = 0{,}57\ c$	$v' = 0{,}6\ c$
$v_2 = 0{,}2\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}2c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}2} = \frac{0{,}7c}{1{,}1} = 0{,}636\ c$	$v' = 0{,}7\ c$
$v_2 = 0{,}3\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}3c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}3} = \frac{0{,}8c}{1{,}15} = 0{,}696\ c$	$v' = 0{,}8\ c$
$v_2 = 0{,}4\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}4c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}4} = \frac{0{,}9c}{1{,}2} = 0{,}75\ c$	$v' = 0{,}9\ c$
$v_2 = 0{,}5\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}5c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}5} = \frac{c}{1{,}25} = 0{,}8\ c$	$v' = c$
$v_2 = 0{,}6\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}6c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}6} = \frac{1{,}1c}{1{,}3} = 0{,}846\ c$	$v' = 1{,}1c$
$v_2 = 0{,}7\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}7c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}7} = \frac{1{,}2c}{1{,}35} = 0{,}89\ c$	$v' = 1{,}2\ c$
$v_2 = 0{,}8\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}8c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}8} = \frac{1{,}3c}{1{,}4} = 0{,}93\ c$	$v' = 1{,}3c$
$v_2 = 0{,}9\ c$	$v' = \frac{0{,}5c + 0{,}9c}{1 + 0{,}5 \cdot 0{,}9} = \frac{1{,}4c}{1{,}45} = 0{,}966\ c$	$v' = 1{,}4c$
$v_2 = c$	$v' = \frac{0{,}5c + c}{1 + 0{,}5 \cdot 1} = \frac{1{,}5c}{1{,}5} = \mathbf{c}$	$v' = \mathbf{1{,}5c}$



Additionsgesetz der Geschwindigkeiten

Nebenstehende Skizze zeigt v' in Abhängigkeit von v_2 nach Newton und Einstein, wobei $v_1 = 0{,}5\,c$ konstant gehalten wird. Während nach Newton c überschritten werden kann, stellt auch hier c bei Einstein eine **nicht** zu überschreitende Grenzgeschwindigkeit dar. Die **„Physik der hohen Geschwindigkeiten“** ($v \approx c$) kommt also zu ganz anderen Ergebnissen als die klassische, Newtonsche Physik ($v << c$).

Quelle: Wünschmann

Pascual Jordan (1902 – 1980), ein um die Fortschritte der modernen Physik verdienter Physiker, schreibt:

„*Man denke sich, dass ein Raumschiff von der Erde aus in den Weltraum hineinfährt mit einer ungeheuren Geschwindigkeit, fast gleich derjenigen des Lichtes. Dann kann es – die Fahrgeschwindigkeit muss nur groß genug (nämlich 0,05 ‰ weniger als die Lichtgeschwindigkeit) sein – passieren, dass die Besatzung nach **einjähriger Fahrt** zur Erde zurückkehrt: Ihre im Raumschiff mitgenommenen Uhren haben gerade die Zeit von einem Jahr abgemessen, ihre für ein Jahr mitgenommenen Lebensmittel sind gerade verbraucht, und ihre Haare sind gerade so viel grauer geworden, wie man das nach den Strapazen einer einjährigen Weltraumreise erwarten muss. Aber auf der Erde angekommen, findet die Besatzung, dass dort inzwischen die Menschheit um **100 Jahre** älter geworden ist.*“

39 Quantifizieren Sie das Beispiel von Jordan. Dieses Beispiel ist als **Zwillingsparadoxon** in die Geschichte der Physik eingegangen: Homer und Odysseus seien Zwillinge. Odysseus reise mit der enormen Geschwindigkeit, nämlich 0,05 ‰ weniger als die Lichtgeschwindigkeit, zu einem Fixstern ins Weltall und kehre wieder zur Erde zurück, während der Zwillingsbruder Homer auf der Erde bleibt. Die Reise des Odysseus dauere 1 Jahr. Wenn Odysseus nach 1 Jahr auf die Erde zurückkommt, sind für Homer **100 Jahre** vergangen, d.h. er lebt gar nicht mehr und Odysseus kann nur das Grab seines Zwillingsbruders besuchen. Hier die Rechnung:

Zunächst ist v = 0,05 ‰ weniger als c, also v = c – 0,00005 c = 0,99995 c.
Odysseus bewegt sich also mit der riesigen Geschwindigkeit von 0,99995 c. Damit wird

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}99995^2}} = \frac{1}{\sqrt{0{,}0001}} = 100$$

Wenn für Odysseus in der Rakete 1 Jahr vergangen ist, dann ist für den Zwillingsbruder Homer auf der Erde die Zeit $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ = 1 Jahr • 100 = **100 Jahre** vergangen.

Warum spricht man von **Paradoxon**? Die Zwillinge Homer und Odysseus spielen nur scheinbar eine symmetrische Rolle, während der Alterungsprozess jedoch unsymmetrisch verläuft. Das ist das scheinbare Paradoxon. Der Fehler liegt darin, dass die Rolle der Zwillinge eben **nicht** symmetrisch ist. Vielmehr ruht der Zwilling Homer auf der Erde und spürt daher keine zusätzlichen Beschleunigungskräfte, während Odysseus in der Rakete Beschleunigungskräften unterworfen ist. **Diese Symmetriebrechung löst das Paradoxon auf** und der Alterungsprozess der Zwillinge verläuft unsymmetrisch.

Dieses Ergebnis widerspricht unserem gewohnten Denken. Aber das ist ein Vorurteil: Alle diese Behauptungen bilden ein in sich geschlossenes und widerspruchsfreies, logisches System, das nicht der Phantasie entstammt, sondern sich auf die unumstößlichen Tatsachen experimenteller Erfahrung gründet wie z.B. das Myonen-Experiment in CERN zeigt (S. 81).