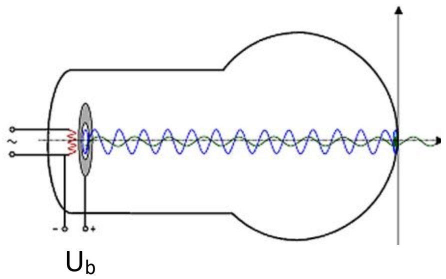
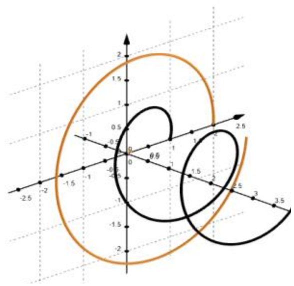
Klaus Gebler

Teil 1

Warum bewegte Uhren langsamer gehen, ohne die Zeit zu dehnen





Abstract

1. Energiebilanz: Die Beschleunigungsenergie $E_b = eU_b$ für Elektronen wird in verschiedene Energien umgewandelt, nicht allein in Translation. Die vollständige Bilanz macht „Zeitdehnung“ überflüssig.

Mathematiker konnten bisher die Lücke in der tatsächlich ermittelten Energiebilanz durch einen mathematischen Faktor schließen, der auf der *Annahme* einer „Zeitdehnung“ bzw. „Längenkontraktion“ bei sehr schnell bewegten Objekten beruhte. Die dabei vorausgesetzte Interaktion zwischen physischen Körpern und rein mathematischen Ordnungs-Konstrukten wie Raum und Zeit konnte bis heute nicht schlüssig auf der Basis naturwissenschaftlicher Standards aufgezeigt werden.

Es wird untersucht, inwieweit es neben der Umsetzung von elektrischer Energie eU_b in Translationsenergie noch bislang unbeachtete physikalische Komponenten gibt, die in Summe zu einer ausgeglichenen Energiebilanz führen und damit eine physikalische Lösung des Problems geben. Lassen sich Energien für Rotation, Verschiebungsarbeit und Wärmeabstrahlung schlüssig nachweisen, dann gilt:

Bewegte Elektronen müssen langsamer sein als erwartet, weil Energieanteile nicht für die Translation zur Verfügung stehen.

2. Taktgeber: Frequenz als Basis von Zeitmessung ist definiert als Anzahl von Schwingungen pro Dauer T: **Frequenz f = 1/T**. Energiezufuhr bedeutet Öffnung des geschlossenen Uhrensystems und als Folge Frequenzzunahme bei Verringerung der Schwingungsdauer T. Die energiereichere Uhr (z.B. Elektronenschwingung) zeigt jetzt gegenüber der energieärmeren Uhr eine größere Anzahl von Schwingungen, allerdings mit kürzeren „Dauern“. Verdopplung der Frequenz heißt Halbierung der Dauer: **Die energiereichere Uhr mit doppelter Taktfrequenz ist zu einer anderen Uhr mit halber Dauer T geworden:** Wir lebten danach doppelt so lange. Aber: Die „Zeitdauer“ im geschlossenen System kann nicht gleichgesetzt werden mit der „Zeitdauer“ im offenen (mit Energieaustausch).

Zeitmessung setzt einen einzigen konstanten Taktgeber voraus.

0. Einleitung

Dass die Sonne im Osten aufgeht und bewegte Uhren langsamer gehen, sind *Wahr*nehmungen, die aber beide der physikalischen Prüfung nicht standhalten. **Die Sonne bewegt sich bei Sonnenaufgang nicht mehr oder weniger als sich die Zeit einer Uhr bei Bewegung „dehnt".**

Galilei hat gegen erhebliche Geistes-Widerstände den Lauf der Erde um die Sonne inklusive aller Beobachtungsphänomene rein physikalisch erklären können. Das spektakuläre Verhalten bewegter Uhren hingegen bleibt umstritten. Für eine angebliche „Klärung" durch die Relativitätstheorie (auf der Basis mathematischer Axiome) mussten physikalische Standards wie Energieerhaltung und Kausalität aufgegeben werden. Damit wurde jeglicher Anspruch auf „Natur-Wissenschaft" beschädigt.

Warum bewegte Uhren tatsächlich langsamer gehen, ohne die Zeit zu dehnen, ist im obigen „Abstract" angedeutet, bedarf aber ausführlicher Darstellung. Der Untersuchungsgegenstand ist vielschichtig und reduziert sich nicht auf *eine* Frage, die durch *eine* gültige Antwort abschließend zu klären wäre, wie es seit mehr als hundert Jahren versucht wurde.

Relativistische Problemlösung (1905)
Das „schwache Konzept Geschwindigkeit"

Weil das seltsame Zeit-Phänomen bei Teilchen*geschwindigkeiten* bemerkt wurde, ist es von **Einstein (1905)** als rein theoretisches *Geschwindigkeits*-Phänomen behandelt worden. Von den beteiligten Größen konnten dann nur „Zeit" und „Raum" für die unerwarteten Abweichungen in Frage kommen. Man entschied sich für **„Zeitdehnung"** bzw. **„Längenkontraktion"** (entgegen aller Erfahrung).

Problemlösung mit klassischer Physik (2024)
Das starke Konzept Energie

Weil Geschwindigkeiten mit **Energien bzw. Frequenzen** gemäß $\mathbf{E \sim f}$ korrelieren und damit weitere Kandidaten als Verursacher des Phänomens ins Spiel kommen, wurde hier vom Autor (im Zeitraum 1988 – 2024) untersucht, ob Energieanteile in andere Komponenten geflossen sein könnten, die nicht zur Translationsgeschwindigkeit beitragen. Dann müsste die korrekte **Energiebilanz** diese abgezweigten Energiebeträge offenlegen, die der Translation fehlen und zur „Verlangsamung" führen.

Weil Uhren konstante **Taktgeber** voraussetzen, sind diese vollständig gegen äußere Einflüsse zu isolieren. Allerdings bedarf der Übergang eines ruhenden Taktgebers in den Zustand der Bewegung einer (nicht abzuschirmenden) Beschleunigung und realisiert damit eine Energiezufuhr, welche wiederum die Frequenz erhöht und die Schwingungsdauer senkt. **Die bewegte Uhr ist jetzt eine andere Uhr mit anderem Taktgeber und nicht identisch mit der energiearmen Uhr im Ruhezustand.**

Korrekte Zeitmessung bewegter Körper muss zwei Messungen unterscheiden:

1. Messung: Ruhende Uhr (energiearmer Ausgangs-Zustand im <u>geschlossenen System</u>),
2. Messung: Bewegte Uhr nach Beschleunigung (energiereicher Zustand im <u>offenen System</u>).

Die unterschiedlichen Zeit-Anzeigen beider Uhrenzustände entsprechen dabei einer Energiedifferenz, so dass Umrechnung in den energiearmen Ausgangszustand leicht möglich ist. Ein einheitlich definierter Zeitstandard ist damit möglich. Die Energiedifferenz in der Bilanz entspricht der Summe aus mindestens drei bisher unbeachteten Komponenten: a) Rotationsenergie, b) Verschiebungsarbeit an der rotierenden Masse zur Verringerung des Bahnradius wegen Drehimpulserhalt, c) thermische Energie. **Diese drei Energieanteile fehlen als Translationsenergie und bewirken das Phänomen.**

Warum bewegte Uhren langsamer gehen?
Die detaillierte Problemlösung mit klassischer Physik ist Gegenstand dieser Arbeit.

1. Mechanische Energien – Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Zusammenhänge

Die konsequente Beachtung von Prinzipien zur Erforschung der Naturphänomene führte im 19. Jahrhundert zu enormen Erfolgen. Der durch Hermann von Helmholtz formulierte Energie-Erhaltungssatz lieferte seither das stabile Fundament sowohl für die Grundlagenforschung als auch für ingenieurtechnische Anwendungen. Mit der Überzeugung, nun sei die klassische Physik ausgereizt und nur mit kühnen mathematischen Theorien sei die Welt als Ganzes zu erfassen, hat man mit größtem Aufwand ein Jahrhundert lang experimentiert – mit ernüchternden Ergebnissen. Moritz Schlick, ein Doktorand von Max Planck, schuf wesentliche philosophische Grundlagen für die Abkehr der Physik von Erfahrungen durch die Einführung „impliziter Definitionen" als „Axiome neuerer Art" (Einstein).

Ein ***mit Hilfe impliziter Definition geschaffenes Gefüge von Wahrheiten ruht nirgends auf dem Grunde der Wirklichkeit****, sondern schwebt gleichsam frei, wie das Sonnensystem die Gewähr seiner Stabilität in sich selber tragend."* Schlick, Moritz (1925). Allgemeine Erkenntnislehre. Springer, Berlin, 2. Aufl. [1]

Mit Schlicks Verkündung dieses Paradigmenwechsels 1922 in Leipzig bei der 100-Jahrfeier der Gesellschaft der Naturforscher und Ärzte war der Physik ohne Diskussion ein spektakulärer Neuanfang gesetzt. Höhepunkt einer solchen modernen Physik manifestiert sich heute in der Behauptung:

Mathematische Existenz ist dasselbe wie physikalische Existenz. (Max Tegmark) [2]

Seit die Physik zunehmend in Mathematische Physik mit frei wählbaren Axiomen verwandelt wurde, gab es wenig Motivation, die gute alte Klassische Physik zur Lösung von Grundsatzfragen heranzuziehen. Am Beispiel der bis heute nur teilweise verstandenen Rotation soll gezeigt werden, wie durch Anwendung der „alten physikalischen Prinzipien" sehr wohl ein verwickeltes Problem gelöst werden kann. Es liegen die Details ja längst vor und bedürfen nur noch einer aufmerksamen Sichtung, um die komplexeren Zusammenhänge hervortreten zu sehen. Ein solcher Versuch sei hier für die **Rotation** flexibler Massen vorgestellt, der zur Erklärung des Verhaltens „zu langsam gehender Uhren" führt.

Am Anfang steht ein Prioritätenwechsel: **An die Stelle von Geschwindigkeiten** (als „beschränktes Konzept") **treten Energien** (als „universelles Konzept"). Anlass dafür ist die Erkenntnis, dass **rotierende Massen mit Trägheitsmoment $J = mr^2$ bei gleichen Bahngeschwindigkeiten v, aber verschiedenen Radien** wegen $\omega = v/r$ **verschiedene Rotationsenergien** $E_{rot} = ½\, mr^2\omega^2$ haben können. Damit werden alle Erwartungen hinfällig, dass bei höheren Rotationsenergien auch höhere Geschwindigkeiten zu messen sein müssten (bzw. umgekehrt), was die Forderung nach „Dunkler Materie" zur Erklärung „flacher Geschwindigkeitsprofile" in Galaxien gegenstandslos macht. Der Übergang von Geschwindigkeits- zu Energiebetrachtungen bedarf zunächst einer Strukturuntersuchung aller beteiligten physikalischen Größen.

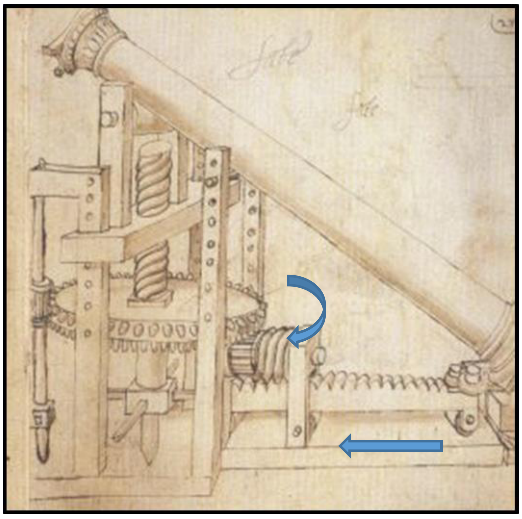


Bild 1. Von alters her wurden zur Lösung praktischer Bewegungs-Aufgaben technische Anlagen benutzt, die auf dem Zusammenspiel von Rotation, Translation und geeigneter Energieformen beruhten. Es blieb späteren Intelligenzen vorbehalten, die Translation aus diesem Gefüge herauszulösen und deren Bewegungsform zu favorisieren. Insbesondere die Rotation spielte in der Physik bewegter Körper nur noch eine untergeordnete Rolle – mit der Folge, nun ständig von der Natur neue physische Strukturen per passendem Axiom einfordern zu müssen. Passt die Natur nicht zur Theorie, ändert man gern die Natur: „Es gibt vom Menschen ungezählt viele Doppelgänger in Paralleluniversen". Belege? Später.

Struktur mechanischer Energien

<table>
<tr><th>Potenzielle Energie...</th><th>Kinetische Energie...</th></tr>
<tr><td>... nach Translation von m gegenüber M_{Erde}
$$E_{pot\,trans} = mgh$$</td><td>... bei Translation starrer Körper
$$E_{kin\,trans} = \frac{1}{2}mv_{trans}^2$$</td></tr>
<tr><td>... bei Rotation starrer Körper (r = konst.)
$$E_{pot\,rot\,starr} = m\alpha r = m\frac{\omega}{T}r$$
$$E_{pot\,rot\,starr} = 2m\pi rf$$
Die potenzielle Energie einer rotierenden Masse m im konstanten Abstand r zum Drehzentrum ist nur von der Umlauffrequenz f bzw. der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi f$ abhängig (z.B. Schwungrad als Hohlzylinder, wo die rotierende Masse Energie speichert, ohne Arbeit zu verrichten). Sie entspricht der „Ruhenergie“ E_0 von schwingenden Teilchen. Energiezufuhr bewirkt Frequenzerhöhung f (bzw. ω) bei Konstanz des Trägheitsmoment $J = mr^2$ wegen r = konst. (nur beim starren Körper).</td><td>... bei Rotation starrer Körper (r = konst.)
$$E_{kin\,rot\,starr} = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}m \cdot r^2\omega^2$$
$$E_{kin\,rot\,starr} = \frac{1}{2}mv_{rot}^2$$
Die kinetische Energie einer im Abstand r fixierten Masse m verhält sich wie ein starrer Körper bei Translation und ist nur von der Bahngeschwindigkeit v_{rot} auf der Kreisbahn abhängig. Deshalb ist für den Fall unveränderlicher („starrer“) Radien Rotation und Translation mit gleichen Formeln berechenbar, wenn die schwere Masse m_{schwer} durch das Trägheitsmoment $J = mr^2$ ersetzt wird. Der Drehimpuls L = mvr bleibt nicht konstant, weil bei wachsendem v der Radius r nicht kleiner werden kann.</td></tr>
<tr><td></td><td>... bei Rotation flexibler Körper,
die ihren Abstand r vom Zentrum wegen Drehimpulserhalt ändern können (z.B. Elektronen)
$$v_{rot} = \frac{u}{T} = 2\pi rf = \mathbf{konst.}$$
$$E_{kin\,rot\,flex} = \frac{1}{2}m(2\pi \cdot rf)^2$$
$$\boxed{E_{kin\,rot\,flex} = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2 = \frac{1}{2}J\omega^2, \quad J = mr^2}$$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fazit: Die Bahngeschwindigkeit v_{rot} einer rotierenden Masse im <u>variablen Abstand r</u> zur Drehachse korreliert mit der <u>variablen Frequenz f</u> gemäß $v = r\omega = 2\pi rf = 2\pi r/T$ = konst., wobei $\omega = 2\pi f$ ist. Die Drehimpulserhaltung entspricht keiner Energieerhaltung, da sie externe Energie benötigt, wobei das geschlossene System geöffnet wird. Dadurch kann sich eine <u>konstante Bahngeschwindigkeit v_{rot}</u> einstellen, obwohl dabei größere Frequenzen gemäß E ~ f bzw. E ~ ω entstehen und r kleiner wird. Die kinetische Energie ist nur von der Frequenz f bzw. von der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi f$ abhängig, da sich der variable Abstand r automatisch anpasst gemäß $v = r\omega$ (bei zusätzlicher Energie).
Für diesen Fall flexibler Körper ist nicht das Quadrat der Bahngeschwindigkeit v ein Äquivalent der Rotationsenergie, sondern das Quadrat der Winkelgeschwindigkeit ω bei variablem Radius.
Die aufgenommene Zusatzenergie zur Ruheenergie E_0 verteilt sich auf vier Komponenten:
1. Translationsenergie E_{trans} in x-Richtung (der 2D-Raum wird geöffnet zum 3D-Raum),
2. Erhöhung der Rotationsenergie in yz-Ebene zur Frequenzerhöhung bei kleineren Radien,
3. Verschiebungsarbeit E_{Versch} in Richtung Drehachse zur Radiusänderung (yz-Ebene),
4. Thermische Energie bei höheren Beschleunigungsenergien ab etwa 460 keV.</td></tr>
</table>

2. Satz von der Erhaltung der Zeit

Die Masse eines rotierenden Fadenpendels habe in der Ausgangslage die potenzielle Energie $\boldsymbol{E_{pot} = mgh = 0}$ und die kinetische Energie $E_{kin\,rot} = \frac{1}{2}mv_{rot}^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{u}{T}\right)^2 = \frac{1}{2}m(2\pi rf)^2$ bzw. $\boldsymbol{E_{kin\,rot} = \frac{1}{2}m(\omega r)^2}$**.** Die Gesamtsumme der Energien des Systems beträgt zu diesem Zeitpunkt $\boldsymbol{E_{pot} + E_{kin\,rot} = mgh + \frac{1}{2}m(\omega r)^2}$**.** Durch Energiezufuhr wird jetzt m um die Höhe $h_1 = 1$ gehoben, so dass $E_{pot}(1) = 1$ wird. Im Beispiel (Bild 2) wird dabei die Pendellänge halbiert, wobei sich Umfang bzw. Radius der Kreisbahn halbieren, hingegen sich die Umlauffrequenz verdoppelt. **Dabei bleibt entlang des Umfangs u die Bahngeschwindigkeit $\boldsymbol{v_{rot} = uf = 2\pi fr = \omega r}$ erhalten, aber die Größen Frequenz f, Dauer T und Radius r verändern sich.** Die Gesamtenergie hat sich gegenüber der Ausgangslage vergrößert und es ist zu prüfen, welche Größen von den Änderungen betroffen sind (bzw. neu hinzukommen). Sollte die Schwingungsfrequenz (z.B. als Taktgeber einer Uhr) betroffen sein, so ginge diese Uhr jetzt „falsch". Durch Herausrechnen der Zusatzenergie ließe sich die Zeit der Ausgangslage rekonstruieren. Die Annahme einer „gedehnten Zeit" wäre überflüssig. **Gehen wir einer Vermutung nach, die den Satz von der Erhaltung der Zeit rechtfertigt.**

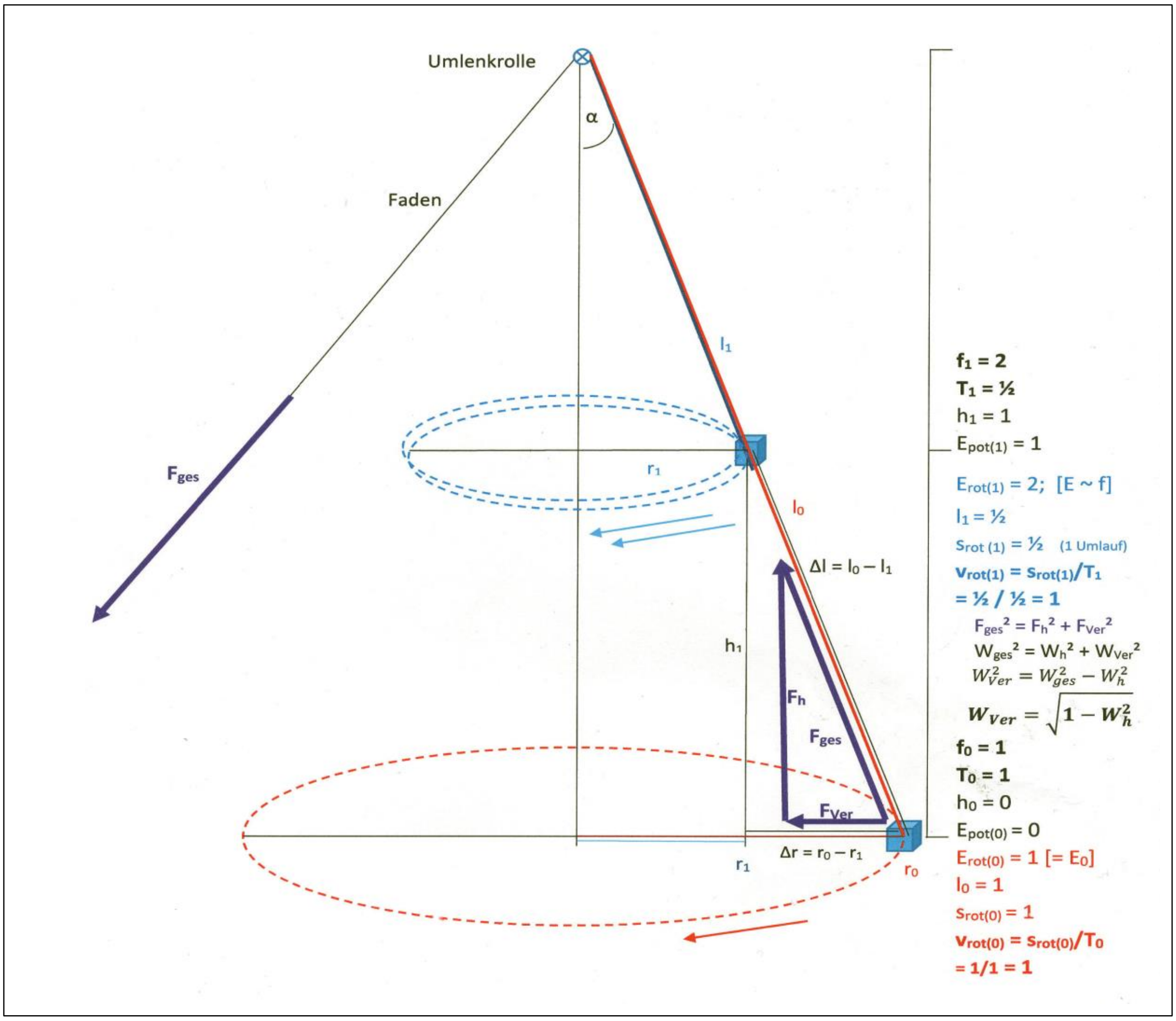


Bild 2. Der Freihandversuch „Rotierendes Fadenpendel" belehrt uns, dass die Eigenschaften rotierender Körper untrennbar mit Energieumwandlungen verbunden sind. Damit kommen veränderliche Größen wie Frequenz und Radius ins Spiel, die eine behauptete Veränderlichkeit der Größen Zeit und Raum (als abstrakte Ordnungsrelationen) vermutlich gegenstandslos machen. Gibt es gar einen „Satz von der Erhaltung der Zeit und des Raumes"? Schauen wir nach.

Untersuchung der Ordnungsrelation Zeit:

Welche Rolle spielt bei Rotationen die Zeit, welche, als Dauer aufgefasst, unseren Bedürfnissen im Erkenntnisprozess bisher genügte?

Ordnen wir einer vollen Schwingung die Frequenz „eins“ und die Dauer „eins“ zu, erhalten wir eine Ordnungsrelation „Zeit“ zum Vergleich zeitlicher Abläufe. Wird die „Uhr“ bewegt, nimmt ein freier Schwinger Energie auf und schwingt mit kürzeren Dauern. Sie „geht falsch“.

Die Frequenz f = 1 beschreibt den kleinstmöglichen Energiewert des Systems im *Anfangs*zustand, eine Art „Ruhezustand“ mit genau definierter Energie E_0, die als potenzielle Energie $E_{pot\ rot}$ gelten kann: Das Mikrosystem verharrt an einem Ort. Aber eigentlich rotiert im Innern eine Masse mit der Energie $E_{kin\ rot}$. Diese Rotationsenergie im „flexiblen“ Abstand r von der Drehachse mit der Frequenz f entspricht $E_{\boldsymbol{kin}\ rot\ flex} = \frac{1}{2}m(2\pi \cdot r \cdot f)^2 = \frac{1}{2}mv_{rot}^2$.

Wird die Rotationsebene der Masse m senkrecht zum Gravitationsfeld um die Höhe h_1 „langsam“ nach oben bewegt, wirkt eine Kraft F auf die Masse m entlang des Weges h_1: Es muss Energie aufgewendet werden, um diese Hubarbeit zu verrichten. **Danach befindet sich die Masse in einem höheren Energiezustand.** Wird die Frequenz f durch die Schwingungsdauer T ersetzt, so werden <u>Radius r und Zeitdauer T</u> kleiner.

$$E_{kin\ rot\ flex} = \frac{1}{2}m\left(2\pi \cdot r \cdot \frac{1}{\boldsymbol{T}}\right)^2$$

Die Formel liest sich jetzt so:
„Ruhende Uhren mit Rotation (Schwingungen) können bei Energiezufuhr die Faktoren des Produktes aus Frequenz und Schwingungsdauer ändern gemäß $f \cdot T = 1$, aber sie ändern dabei nicht die Bahngeschwindigkeit der rotierenden Masse gemäß $E_{kin\ rot} = \frac{1}{2}m(\omega r)^2\ mit\ v_{Bahn} = \omega r$

Gemessen wird ein <u>kleinerer Radius und die kürzere Dauer</u> einer vollen Schwingung bei größerer Frequenz: Die Uhr scheint langsamer zu gehen.

Wird nur die kürzere Dauer T eines Umlaufes mit kleinerem Radius r beachtet, so entspricht das einer „Zeigeruhr“ mit rotierender Masse an der Spitze des „flexiblen“ Zeigers ($J = mr^2$), so dass die Masse radial beweglich ist und Abstände zur Drehachse anpassen kann (Drehimpulserhalt). Für die Zeitmessung interessiert in der Regel nur die kürzere Dauer eines Umlaufes („es ist erst eine halbe Sekunde vorbei!“), so dass die Vermutung „Zeitdehnung“ naheliegt. Wird auch die vergrößerte Frequenz einbezogen, und Zeit als Zusammenhang $\boldsymbol{f \cdot T = 1}$ begriffen, so **bleibt die Zeit in gewohnter Weise erhalten und ändert sich auch bei Energiezufuhr nicht.** Denn dass bei Energiezufuhr ein System irgendwelche Eigenschaften ändern muss, ist unbestritten, doch ausgerechnet die **nichtphysische** Ordnungsrelation „Zeit“ selbst abändern zu wollen, scheint **physikalisch** unmöglich. Jedem hochkomplexen Getriebe wären dann so viele verschiedene Zeiten zuzuordnen, wie es Räder verschiedenen Durchmessers enthält (bei Hohlzylinderform und gleichen Massen).

Um die scheinbar „gedehnte Zeitdauer“ T der energiereicheren Uhr umzurechnen auf die Anzeige im „Ruhezustand“, ist die aufgenommene Energie wieder herauszurechnen. **Das geschieht, indem man die zu geringe Zeit T mit ihrem Reziproken, was der Frequenz f entspricht, multipliziert.** Nichts anderes macht der Lorentz-Faktor, so dass dort „gedehnte Zeit“ in „Normalzeit“ umgerechnet werden kann und die Annahme der „gedehnten Zeit“ scheinbar ihre Bestätigung findet.
Achtung: Dieses traditionell erfolgreich praktizierte mathematische Verfahren der Lorentz-Transformation sagt etwas aus über Geschwindigkeits- bzw. Energiequantitäten, aber nichts darüber, welche speziellen Teilenergien sich hinter der Energiedifferenz verbergen. Aber genau das will der Physiker unbedingt wissen, weil er an Funktionsmechanismen der Natur interessiert ist, nicht vordergründig an Theorie-Beweisen.

Fazit:
Beschleunigte Uhren senkrecht zur Rotationsebene der schwingenden Masse zeigen nicht eine gedehnte Zeit an, sondern einen höheren Energiezustand.

Sie unterscheiden sich damit physisch von ruhenden Uhren und lassen sich ohne Zusatzannahmen klassisch beschreiben.

Da die Beschreibung von Bewegungen im Rahmen der Kinematik nur kräfte- bzw. energiefreie Vorgänge untersucht, musste dieser Zusammenhang wohl ohne Beachtung bleiben.

Um Erhaltungssätze zu formulieren oder gar zur Anerkennung zu bringen, braucht es eines langen Atems: „Wie? Zeit dehnt sich nicht? Aber ich hab es doch gemessen!"

Und welchen Zeitbegriff hast du benutzt? Denn Zeit allein als „Dauer" wird ja nicht gerecht einer Natur, die durch Bewegung konstituiert wird – vor allem der periodischen, die gut durch Rotation bzw. Schwingung beschreibbar ist.

So, wie der Drehimpulserhaltungssatz $L = mrv = konst.$ erst durch die Verknüpfung von Masse m, Radius r und Bahngeschwindigkeit v gewisse Rotationsphänomene erklärbar machte, so stellt auch die Verknüpfung von Frequenz f und Zeitdauer T eine umfassendere Art von Zeitverständnis dar, das komplexe Phänomene erklären sollte.

Formulieren wir (probeweise) einen Satz von der Erhaltung der Zeit, der z.B. geholfen hat, die oben dargestellte Problematik einer vermuteten „Zeitdehnung" mit physikalischen Argumenten aufzuhellen.

Die Anzahl von Umläufen und ihre Dauer bei Rotation (bei veränderlichem Radius r) sind verknüpft in der Zeitgleichung, die auch bei zusätzlicher Energieaufnahme gilt.

Satz von der Erhaltung der Zeit

$$\boldsymbol{f_0 \cdot T_0 = f_n \cdot T_n = 1} \text{ .}$$

Das Produkt von Umlauffrequenz f und Schwingungsdauer T flexibler rotierender Körper mit Drehimpuls-Erhalt und dem Trägheitsmoment J = mr² ändert sich bei Energiezufuhr nicht. Es gilt der Satz von der Erhaltung der Zeit

$$\boxed{\boldsymbol{f \cdot T = 1}}$$

– Zeit, die in der Dauer T „fehlt", ist in der Schwingungszahl f aufgehoben.
– Die kleinstmögliche Frequenz f_0 entspricht der Dauer T für einen vollen Umlauf.
– Da es nur ganzzahlige Vielfache von f_0 gibt, ist der scheinbare Zeitfluss T_0 bzw. T_n gequantelt.
– Der gebräuchliche Begriff „Zeit" (als Dauer) ist hier um die Frequenz erweitert, so dass jede Aussage über „Zeit" nur bei Gültigkeit von f · T = 1 einen Vorgang vollständig beschreibt.
Voraussetzung: Drehimpuls L = konst., Trägheitsmoment der rotierenden Masse $J = mr^2$.

Bis heute warten Phänomene wie „zu langsam gehende bewegte Uhren", Myonen-Paradoxon usw. auf physikalisch nachvollziehbare Erklärungen. (Der Lorentz-Faktor ist nur ein korrekter mathematischer Ausgleichsfaktor, dessen physikalischer Hintergrund bisher unklar blieb.)
Kann der Satz von der Zeit-Erhaltung zur Aufhellung solch fundamentaler Naturphänomene beitragen?

3. Satz von der Erhaltung von Raum- und Zeitverhältnissen

Wenn für Schwingungen bzw. Rotationen flexibler Teilchen (mit L = konst. und $J = mr^2$) ein Satz von der Erhaltung der Zeit gültig ist, der Zeit-Dauer und Frequenz verknüpft zu einem umfassenderen Zeitbegriff $f \cdot T = 1$, so sollte für die damit verbundenen Lageänderungen der rotierenden Masse ein entsprechender Satz von der Erhaltung des Raumes gelten. Denn auch hier steht eine „*Anzahl* von Durchläufen“ der Phase in x-Richtung im Zusammenhang mit dem *Raumabstand* $\Delta x = S_0$ für eine Schwingung. Die Maßeinheit für die Raumfrequenz ist dann 1/Meter bzw. 1/m.

Dieser Satz kann nur gelten für flexible freie Teilchen, die bei Energieänderung wegen des Drehimpuls-Erhalts den Radius ihrer Umlaufbahn ändern können. Er gilt nicht für starre Körper (z.B. starre Uhrzeiger), die bislang als Standard oft den Untersuchungen zugrunde lagen.

$$\boldsymbol{f_{R(0)} \cdot S_0 = f_{R(n)} \cdot S_n = 1} \qquad \text{(Beachte: } f_R \textit{ in 1/m und S in m)}$$

$$\text{z.B. } \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1m}} \cdot \mathbf{1m} = \frac{4}{1m} \cdot \frac{1}{4} m = \frac{\frac{1}{4}}{\mathbf{1m}} \cdot \mathbf{4m} = 1$$

Das Produkt von **Raumfrequenz f_{Raum}** (Anzahl der vorbei ziehenden Phasen pro Meter) und **Raumweg S_0** (Phasenabstand in Translationsrichtung**)** ändert sich bei Energiezufuhr nicht.

Satz von der Erhaltung des Raumes

Für die Rotation flexibler Körper mit Drehimpulserhalt L = konst. und Trägheitsmoment J = mr² gilt der Satz von der Erhaltung des Raumes

$$\boxed{\boldsymbol{f_R \cdot S_n = 1}}$$

> ***Die Zeitfrequenz f_T*** *beschreibt die* ***Anzahl von Durchläufen des rotierenden Körpers*** *(in der Rotationsebene im Abstand r von der Drehachse) bezogen auf ein Zeitmaß T, z.B. 1 Sekunde.*
>
> ***Die Raumfrequenz f_R*** *beschreibt die* ***Anzahl von Durchläufen*** *der Phase des rotierenden Körpers* ***in Translationsrichtung*** *bezogen auf ein Raummaß R, z.B.* ***Länge S*** *in Meter.*

Durch Energiezufuhr „gestreckte“ Bahnen in x-Richtung entsprechen kleineren Raum-Frequenzen und werden durch größere Laufwege (Wellenlängen) in dieser Richtung kompensiert. Die Zahl n gibt beim Myonen-Paradoxon z.B. an, wie viele Perioden der Raumfrequenz f_R bei einer bestimmten Beschleunigungsenergie bis zum Ablauf der Zerfallszeit T = 2,2 µs stattfinden. Daraus ergibt sich der Weg $S_n = n \cdot S_0$ bis zum Zerfall: $\boldsymbol{\frac{1}{n} f_R \cdot n \cdot S_0 = 1}$ (*Vergleiche Kap. 8: [(1/50) · (1/660) · 50 · 660] = 1)*

Der statische Begriff „Raum“ ist hier um die Raum-Frequenz erweitert, so dass die beschriebenen Lageänderungen in ihrer Dynamik erscheinen.

Mit der Differenzierung des Frequenzbegriffes in „Zeitfrequenz“ und „Raumfrequenz“ könnten insbesondere Mikro-Objekte wie Elektronen und Myonen in ihren Bewegungsformen Rotation und Translation („Rotatio-Translatii“) präziser beschreibbar werden.

Eine Verknüpfung beider Sätze scheint möglich, da die Produkte gleichermaßen den Wert 1 haben.

Satz von der Erhaltung von Raum- und Zeitverhältnissen

Für die Rotation flexibler Körper mit Drehimpulserhalt L = konst. und dem Trägheitsmoment J = mr² gilt der Satz von der Erhaltung von Raum- und Zeitverhältnissen

$$\boxed{\boldsymbol{f_R \cdot S = f_T \cdot T \qquad \frac{f_R}{f_T} = \frac{T}{S}}}$$

Erhaltungssätze von Drehimpuls, Zeit und Raum stehen in dynamischen Zusammenhängen und interpretieren die Phänomene beschleunigter Elektronen mit klassischer Physik.

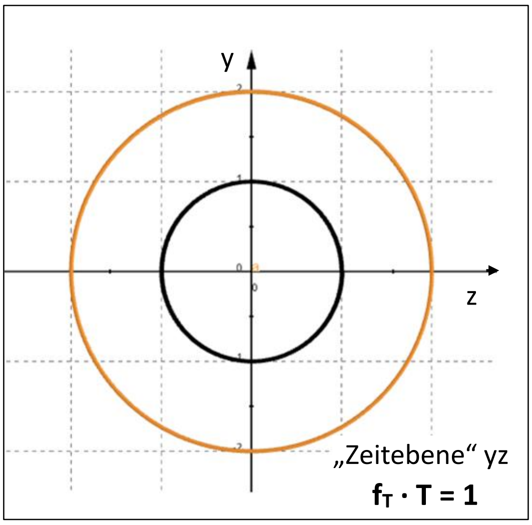


Bild 3

1. Zeiterhalt

Die Projektion der Raumkurven in die „Ruhe-Ebene" yz bildet das zeitliche Verhalten ab: Mit zunehmender Energie erhöht sich die Umlauffrequenz f_T bei immer geringeren Umfängen $\pi\lambda_{DB}$ mit $f_T \cdot T = 1$.

Bei doppelter Frequenz wird ein halber Umfang (mit halbem Radius in halber Zeit) <u>zweimal</u> umlaufen (n =2).

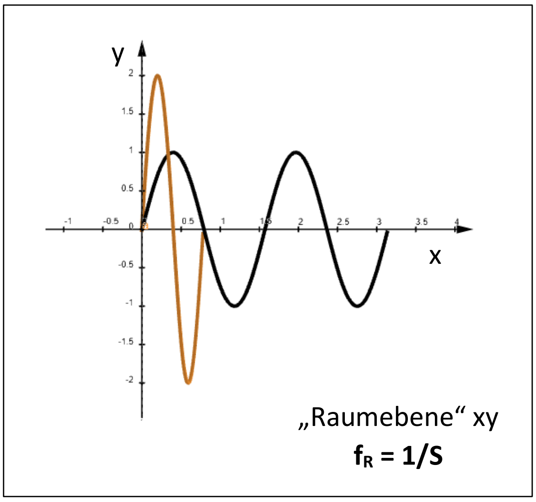


Bild 4

2. Raumerhalt

Die Projektion in eine xy-Translationsebene bildet das räumliche Verhalten ab: Mit zunehmender Energie verringert sich die räumliche Periode f_R = **1/S**, d.h. die Raum-Abstände S zwischen Beginn und Ende einer Phase wachsen mit $\mathbf{f_{R(n)} \cdot S_n = 1}$.

Bei halber Raumfrequenz wird der Ruhe-Umfang u_0 als Strecke $S_n = n \cdot S_0$ doppelt zurückgelegt.

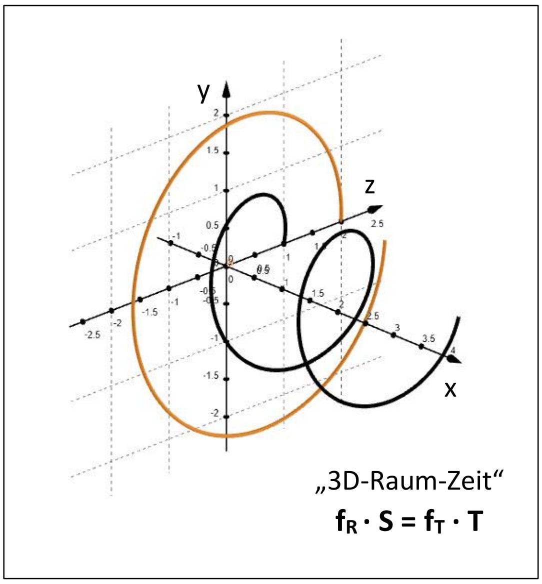


Bild 5

3. Drehimpuls-, Zeit- und Raumerhalt

„Ruhende" Myonen im Labor rotieren mit dem Umfang $u_0 = 2\pi r = d\pi = \pi\lambda_{DB}$ in der Ebene yz bei einer Ruheenergie von 105,6 MeV und zerfallen nach 2,2 µs. Bei Energiezufuhr erfolgt ein **Übergang vom zweidimensionalen, geschlossenen zum dreidimensionalen, offenen System, wobei eine zeitlich und räumlich strukturierte Schraube durchlaufen wird gemäß der Erhaltungssätze von Drehimpuls, Zeit und Raum bei veränderlichen Energien.**

4. Können bewegte Myonen „Zeiten gegen Wege“ tauschen?

Die bisherigen Darlegungen lassen die Vermutung zu, dass im offenen System eines bewegten Myons die Größen Zeit und Weg „austauschbar“ sind. Während in x-Richtung bei Energiezufuhr die Längen (als räumliche Perioden) wachsen und die „Raum-Frequenzen“ schrumpfen, ist es in der yz-Rotationsebene genau umgekehrt – dort nehmen die Radien ab und die „Zeit-Frequenzen“ nehmen zu. Die Interpretation solcher Phänomene als „Zeitdehnung“ bzw. „Längenkontraktion“ ist nur bei isolierter Betrachtung der beiden Einzel-Phänomene möglich. In der Natur sind beide aber untrennbar miteinander verbunden und liefern nur im Zusammenhang ein realistisches Bild vom Naturgeschehen.

<table>
<tr>
<td colspan="2">Kraft, Beschleunigung und Weg einer linear bewegten Masse pro Zeit bestimmen die
Translations-Energie</td>
<td colspan="2">Frequenz und Drehimpuls der rotierenden Masse bestimmen die
Rotations-Energie</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">$F = m \cdot a = m \cdot \frac{v}{t} = m \cdot \frac{s}{t^2}$
$E = F \cdot s = m \cdot s^2/t^2$

$\boldsymbol{E_{trans}} = \frac{m \cdot s^2}{t^2} = \boldsymbol{m v^2}$</td>
<td colspan="2">$E = h \cdot f = \frac{h}{T}$
$\lambda_{DB} = \frac{h}{mv}$ mit $\lambda_{DB} = 2\pi r = u$
$h = 2\pi \cdot m \cdot v \cdot r \quad : 2\pi$
$\hbar = m \cdot r \cdot v$ (Drehimpuls)
$\boldsymbol{E_{rot}} = \frac{2\pi \cdot mrv}{T} = \frac{muv}{T} = mv^2 = \boldsymbol{m r^2 \omega^2}$
$mit\ \ v = \frac{u}{T}, v^2 = r^2\omega^2$</td>
</tr>
<tr>
<td><u>Eine</u> Größe
„Geschwindigkeit v“
ist notwendig und hinreichend zur Bestimmung der Translationsenergie $\boldsymbol{E_{trans}}$ einer Masse m.</td>
<td colspan="2">$m \cdot \frac{s^2}{t^2} = mr^2\omega^2$
$\frac{s^2}{t^2} = r^2\omega^2$

$v^2 = \boldsymbol{r^2\omega^2}$</td>
<td><u>Zwei</u> Größen „Radius r“ und „Winkelgeschwindigkeit ω“ sind notwendig zur Bestimmung der Rotationsenergie E_{rot}, aber nicht hinreichend für freie Teilchen. Es gilt dort zusätzlich
$v^2 = \boldsymbol{r^2\omega^2}$ = konst. (L = konst.)</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">$\boldsymbol{\frac{s}{t} = \frac{u}{T}}$</td>
<td colspan="2">Im Ruhezustand ohne Energiezufuhr bewegt sich das Teilchen während der Zeit t mit der Geschwindigkeit v auf der Kreisbahn s, was dem Quotienten aus Umfang u und Schwingungsdauer T entspricht.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">$v = u \cdot f$
$r^2\omega^2 = u \cdot f$
$\boldsymbol{mr^2\omega^2 = m \cdot u \cdot f}$
$\boldsymbol{mr^2\omega^2 = m \cdot f \cdot u}$</td>
<td colspan="2">Die Bahn-Geschwindigkeit v entspricht dem Produkt aus Umfang und Frequenz: Die Vertauschung der Beträge beider Größen u und f ändert nichts am Betrag der Geschwindigkeit v, aber am Betrag der Energie gemäß v = 2πrf mit v ~ f und v ~ r. Der Radius wird zusätzlich zur Frequenz energiebestimmend, wenn $v^2 = \boldsymbol{r^2\omega^2}$ = konst. gilt.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">$\boldsymbol{s \cdot T = u \cdot t}$</td>
<td colspan="2">Bei Energiezufuhr ändert sich nichts an den Größen-Verhältnissen pro Periode. Die Energie bewirkt
1. Frequenzerhöhung $f_T \sim 1/T$,
2. eine Radiusverringerung r,
2. einen längeren Translationsweg s in x-Richtung,
3. die Beibehaltung des Drehimpulses bei Verringerung des Bahn-Umfang bzw. Radius.
Weg- und Zeitbeträge der Komponenten sind im mathematischen Sinne „austauschbar“, aber physisch nicht „ersetzbar“. Die „mathematische Symmetrie“ ist nicht zwingend „physikalisch“.</td>
</tr>
</table>

5. Vis viva, die Lebendige Kraft: Was ist kinetische Energie?

Ein Blick ins Kleingedruckte

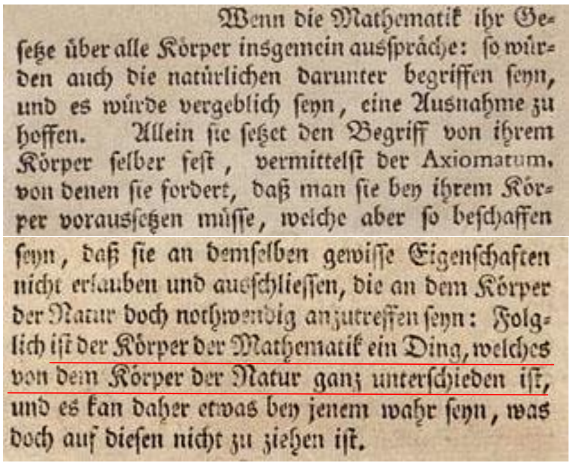

Wenn die Mathematik ihr Gesetze über alle Körper insgemein ausspräche: so würden auch die natürlichen darunter begriffen seyn, und es würde vergeblich seyn, eine Ausnahme zu hoffen. Allein sie setzet den Begriff von ihrem Körper selber fest, vermittelst der Axiomatum, von denen sie fordert, daß man sie bey ihrem Körper voraussetzen müsse, welche aber so beschaffen seyn, daß sie an demselben gewisse Eigenschaften nicht erlauben und ausschliessen, die an dem Körper der Natur doch nothwendig anzutreffen seyn: Folglich ist der Körper der Mathematik ein Ding, welches von dem Körper der Natur ganz unterschieden ist, und es kan daher etwas bey jenem wahr seyn, was doch auf diesen nicht zu ziehen ist.

Bild 6. Immanuel Kant, Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte, Königsberg 1746

1. Vor aller Naturforschung sind die Grenzen der beteiligten Wissenschaften (Physik, Biologie, Mathematik usw.) insofern **abzustecken**, dass die jeweils spezifischen Begriffe exakt definiert sind. Immanuel Kant hat dazu alles Nötige gesagt: [3] „Die Mathematik … setzet den Begriff von ihrem Körper selbst fest vermittelst der Axiomatum … Der Körper der Mathematik ist ein Ding, welches von dem Körper der Natur ganz unterschieden ist.“ Philosophische Thesen wie „Physikalische Existenz ist dasselbe wie mathematische Existenz“ (Max Tegmark) sind theoretisch motivierte Zweckbehauptungen, ohne den besonderen Ansprüchen physikalischer Untersuchung zu genügen.

Physik will Naturphänomene beschreiben und in ihren komplexen Zusammenhängen verstehen, nicht beweisen wollen. Vor aller Untersuchung steht die Überprüfung verwendeter Begriffe.

2. Was ist kinetische Energie? 1686 wurde von Gottfried Wilhelm Leibniz die kinetische Energie bewegter Massen als vis viva, die lebendige Kraft, beschrieben mit $\boldsymbol{E_{kin} = mv^2}$. Bei Daniel Bernoulli findet sich 1726 der um den Faktor ½ kleinere Wert $\boldsymbol{E_{kin} = \frac{1}{2} mv^2}$. Nach heftigen Auseinandersetzungen zwischen Leibniz, Descartes, Bernoulli, Kant, Newton und anderen um die wahren Erhaltungsgrößen hat sich letztlich bis heute die letztere Schreibweise durchgesetzt.

Aber worin liegt die Bedeutung des Unterschied-Faktors ½?

Bernoulli hat einzelne Teilchen der Masse m in Strömungen beschrieben, die sich z.B. auf Bahnen mit der Geschwindigkeit v durch ein Rohr bewegen. Es wurde angenommen, dass alle zugeführte Bewegungsenergie E_{kin} zur Geschwindigkeitserhöhung gemäß $E_{kin} = ½ \cdot mv^2$ umgewandelt wird. Die Gleichung bewährte sich in der Praxis „langsamer Teilchen“ (auch für Elektronen) so lange, bis elektrische Felder mit hohen Energien sehr schnelle Elektronenbewegungen möglich machten. Bei Spannungen ab etwa eU = 2000 eV stimmten berechnete und gemessene Werte immer weniger überein.

In der Tradition von Bernoulli war man überzeugt, dass die eingespeiste Energie eU gemäß $\mathrm{E_{kin} = eU = \frac{1}{2} mv^2}$ *immer* eine bestimmte Geschwindigkeit v der Elektronen-Masse m hervorrufen müsse. Wo also liegt das Problem?
Weil physikalische Gründe für die Abweichung bei großen Geschwindigkeiten nicht erkennbar waren, führte Einstein zur Korrektur des abweichenden Ergebnisses einen mathematischen Faktor ein, der eine postulierte Zeitdehnung bzw. Längenkontraktion für die Differenz verantwortlich machte. Diese mathematische Korrektur lässt aber keinen Zusammenhang mit einem relevanten physikalischen Phänomen erkennen, liefert aber korrekte Ergebnisse hinsichtlich der Erwartungen. Warum?

Ist der Erwartungswert 1, der gemessene Wert aber z.B. 0,8 (Kehrwert 1,25), so ist das Produkt „zu kleiner Messwert“ mal „großer Kehrwert“ immer 1. **Sind also Erwartungswert und tatsächlich gemessener Energiewert bekannt, lässt sich immer exakt ein mathematischer Faktor k angeben, der das „falsche“ Messergebnis „berichtigt“,** ohne die komplexe Physik des „Zauberfaktors“ beschreiben zu müssen. Denn hinter dem Faktor verbergen sich ja mindestens **zwei prinzipiell unterschiedliche „Energieverbraucher“,** die bis heute in ihrem Zusammenspiel weitgehend ignoriert werden:

1. **Die kinetische Energie der Rotation E_{rot} und**
2. **eine Energie E_v für die Verschiebungsarbeit W_V zum Erhalt des Drehimpulses (bei flexiblen Systemen mit variablem Rotationsradius).**

Dabei wird die kinetische Translationsenergie korrekt gemessen, aber die Summe der unbeachteten Energien (E_{rot} + E_v) als ein Phänomen der „Zeit-Dehnung" schnell bewegter Massen interpretiert. (Die thermische Energie E_{therm} bei großen Beschleunigungsenergien ab etwa 255 keV bleibt zunächst unberücksichtigt). Es handelt sich hier physikalisch eben nicht um die **Umwandlung *einer* Energieform eU** in *eine* andere ½ mv_{trans}^2, sondern in mindestens *drei* andere: **in E_{trans}, E_{rot} und $E_{Verschiebung}$.** Erst mit der allgemeinen Anerkennung dieses nachprüfbaren Sachverhaltes lassen sich die komplexen physikalischen Zusammenhänge näher untersuchen und ohne Zusatzannahmen mit den bekannten physikalischen Gesetzen erklären.

Drei Gleichungen bestimmten bei der Begriffsbildung für die „kinetische Energie" die Diskussion. Vorausgesetzt ist bei Bernoulli und Einstein, dass sämtliche Beschleunigungsenergie in kinetische Energie E_{kin} des Teilchens umgesetzt wird, die sich ausschließlich als Translationsenergie E_{trans} versteht. Das entspricht nicht immer den physikalischen Gegebenheiten. Die Mathematik aber kann aus unvollständigen Voraussetzungen nur unzutreffende Schlüsse ziehen.

1. $\boldsymbol{E_{kin} = [eU] = mv^2}$

Leibniz 1686 liefert die erste, universelle Interpretation, die für alle möglichen beteiligten Bewegungen gilt. [4]

Annahme: Vermutlich fasste Leibniz „vis viva, die lebendige Kraft", als die Summe *aller* Bewegungen eines Körpers auf (nicht reduziert auf Translation), so dass die Summe *aller* Einzel-Komponenten in die Bilanz einfließen. **Dieser Grundannahme folgt auch die vorliegende Untersuchung**, indem die Beteiligung weiterer Bewegungen (Rotation) erweitert um Energien (Verschiebung, Wärme) aufgezeigt wird.

2. $\boldsymbol{E_{kin} = [eU] = \frac{1}{2} mv^2}$

Bernoulli 1726, gilt für kleine Bewegungs-Energien [5]

Vermutliche Annahme: Sämtliche Energie wird in Translationsenergie eines Teilchens der Masse m umgesetzt.

3. $\boldsymbol{E_{kin} = eU = \frac{m_e \cdot 1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \cdot v^2}$

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Einstein 1905, z.B. für Energien ab ≈ 2 keV relevant. [6]

Annahmen:
1. Sämtliche Energie wird in Translationsenergie eines Teilchens der Masse m umgesetzt.
2. Sehr schnelle Teilchen „fliegen langsamer", weil eine „Zeitdehnung" die Uhren langsamer gehen lässt und die Längenmaßstäbe verkürzt.

Rotation und Verschiebungsenergie bleiben unbeachtet, werden aber durch den Korrekturfaktor k repräsentiert. Dieser wird aus Geschwindigkeits-Betrachtungen abgeleitet.

Die Wirrnisse mit dem Faktor ½ lösen sich auf, wenn zwei Voraussetzungen geändert werden:

1. Das Elektron ist kein toter mathematischer (Massen-)Punkt sondern wird als bewegliche Ladung mit der „Ruheenergie" E = E_0 behandelt, die im Grundzustand schwingt (rotiert).

2. Nach Beschleunigung im elektrischen Feld eU führt die rotierende Ladung e zusätzlich eine Translationsbewegung entlang einer Achse im Abstand r aus. Die Überlagerung von Rotation und Translation ergibt eine Schraubenbahn, die im Begriff „Elektron“ zumindest mitzudenken ist.

3. **Ein Teil der Rotationsenergie geht als Verschiebungsarbeit zur Verkleinerung des Radius in die Bilanz ein.**

Zu der bisher angenommenen alleinigen Translationsbewegung führt jetzt das Teilchen gleichzeitig eine zusätzliche Rotationsbewegung aus, wofür es einen Teil der Beschleunigungsenergie eU in Anspruch nimmt. Gehen wir zunächst davon aus, dass die Energie eU zu gleichen Teilen auf Translation und Rotation verteilt wird, so gilt $eU = E_{kin} = E_{kin\,trans} + E_{kin\,rot}$ (ohne zunächst weitere beteiligte Energien wie thermische Energie in Erwägung zu ziehen). Die kinetische Energie enthält dann einen Teil der bereit gestellten Energie eU als Translationsenergie, ein anderer Teil entspricht der Rotationsenergie, die bislang in der Energiebilanz nicht berücksichtigt wurde.

Bei weiterer Untersuchung stellt sich heraus, dass der Anteil der kinetischen *Rotations*energie nur der Hälfte der kinetischen *Translations*energie entspricht:

$$eU = E_{kin\,trans} + E_{kin\,rot} + x$$

Die Beschleunigungsenergie eU für die Elektronen wird jetzt zwar für Translation und Rotation berücksichtigt, weist aber noch immer in der Gesamtbilanz eine Lücke „x“ auf. Hier muss mindestens eine weitere bisher nicht beachtete Energie untersucht werden, die erst durch die Rotation ins Spiel kommen konnte. Rotierende (freie) Elektronen mit dem Trägheitsmoment $J = mr^2$ haben ja einen Drehimpuls, der auch bei Geschwindigkeitsänderung von v_{rot} gemäß $L = m \cdot r \cdot v_{rot}$ erhalten wird, indem das Elektron auf eine Bahn mit kleinerem Radius verschoben werden muss. Dafür ist eine Verschiebungsarbeit $W_{Verschiebung}$ mit dem Energieaufwand E_{ver} erforderlich. Alle Messungen sprechen dafür, dass damit die verbliebene Energielücke geschlossen werden sollte.
Diese Überlegungen scheinen der Auffassung von Leibniz über „lebendige Kraft“ bzw. „kinetische Energie“ als Summe aller beteiligten Kräfte bzw. Geschwindigkeiten bzw. Energien nahe zu kommen. Bei jeder Energie eU zumindest für Elektronen im Intervall 0 < eU < 511 keV ist jetzt die Bilanz

$$\boldsymbol{eU_{Beschleunigung}} = (\boldsymbol{E_{kin\,trans}} + \boldsymbol{E_{kin\,rot}} + \boldsymbol{E_{Verschiebung}} + E_{therm}) = \boldsymbol{E_{Beschleunigung}}$$

Für Energien bis ½ E_0 =255,5 keV geht $E_{therm} \rightarrow 0$ und wird erst dann zunehmend relevant und bestimmt bei großen Spannungen ab 460 keV immer stärker den Energieumsatz.

Warum nun ist die Berücksichtigung aller drei Energieanteile E_{trans}, E_{rot} und E_V zumindest im Energiebereich zwischen 2 keV und 255,5 keV bzw. 511 keV zwingend **notwendig?**

Ein Blick ins Kleingedruckte erinnert uns, dass Elektronen als geschlossenes System eine „Ruheenergie“ von 511 keV besitzen. Beim Übergang der Betrachtung des Elektrons als „toter Punkt“ hin zu einer bewegten Struktur, die auf äußere Einflüsse auch mit inneren Veränderungen reagieren kann, sind sämtliche Wechselwirkungen in Betracht zu ziehen, die zwischen dem Elektronenfeld der Stärke E_0 = 511 keV mit äußeren Feld-Energien stattfinden können. Die Grafiken lassen auf vielfältige Veränderungen im System Elektron – Beschleunigungsfeld schließen, so dass selbst eine Definition des Begriffs „Elektron“ schwierig wird und wohl neu durchdacht werden muss. Wo sind hier räumliche Grenzen zu ziehen, wenn bei Beschleunigung in jedem Augenblick Energieaustausch stattfindet, der die Strukturen (Radius) „fließend“ bzw. bei genauem Hinsehen „quantenhaft“ verändert? Wenn die innere Struktur des Elektrons (geschlossenes System) bei Energiezufuhr wesentlich von Rotation mit abnehmendem Radius (Drehimpulserhalt) geprägt ist (Übergang zum offenen System), so ist jede Verschiebung des Elektrons in Richtung Rotationszentrum mit immer größerem Energieaufwand verbunden. Ab 511 keV wachsen beide kinetischen Energien kaum noch.

Fast alle Beschleunigungsenergie eU dient fast ausschließlich einer gewaltigen Verschiebungsarbeit, die bei größter Kraftanstrengung kaum noch das Elektron seinem inneren Zentrum näher bringt. Bereits bei etwa 1000 keV stagnieren Translations- und Rotationsgeschwindigkeit vor Erreichen der „unerreichbaren" Lichtgeschwindigkeit immer stärker, weil bei endlichem Rotationsradius r → 0 auch v_{rot} immer geringer wachsen kann. Letztlich dominiert das Verhältnis der Verschiebungsenergie zur Beschleunigungsenergie das weitere Geschehen, die kinetischen Energien streben einer Konstanten zu. Es sind nachvollziehbare physikalische Gegebenheiten, die ein Erreichen der Lichtgeschwindigkeit c unmöglich machen: Der Verschiebungsradius des Elektrons in Richtung Drehachse endet dort und ist im Wortsinne „endlich".
Wenn eine Umsetzung der kontinuierlich wachsenden Beschleunigungsenergie in kinetische Energien der Translation und Rotation gegen Null strebt und auch die Verschiebungsarbeit stagniert, so steht erneut die Frage: Wo bleibt jetzt die Energie? Handelt es sich schlicht um thermische Energie E_{th}, die abgestrahlt wird? Die Erfahrungen an Teilchenbeschleunigern sprechen dafür.

Bei der Untersuchung von Bilanzen beschleunigter Elektronen bzw. Myonen beschränkte man sich seit 1905 auf die Erfassung von Beschleunigungsenergie eU und deren Umsetzung in kinetische Energie der Translation $E_{kin\ trans}$. Der Geschwindigkeitsbegriff für Translation dominierte (Bild 7), doch die klassische Rechnung (Kurve 1) führte zu keinem befriedigenden Ergebnis: Es hätten <u>Überlichtgeschwindigkeiten</u> ab 255keV akzeptiert werden müssen. Die Inflationstheorie des Alan Gutt erlaubt diese zwar, benötigt aber dafür Zusatzannahmen wie Dunkle Materie bzw. Dunkle Energien. Der mathematische Lorentz-Faktor schien die bis heute einzige Lösung zu sein, um die tatsächlich gemessene Kurve (2) zu erhalten, ohne allerdings physische Ursachen benennen zu können.

Erst der Übergang von der kinematischen, „kräfte- bzw. energiefreien" Betrachtungsweise hin zur Zulassung sämtlicher beteiligter Energien und geltender Erhaltungssätze führte zu einer in sich konsistenten physikalischen Struktur, wie diese Untersuchung darzustellen scheint. Der Versuch, die Beziehung zwischen elektrischer Beschleunigungsenergie und kinetischer Translationsenergie geladener Teilchen als reines Geschwindigkeitsproblem zu lösen, konnte nicht gelingen.

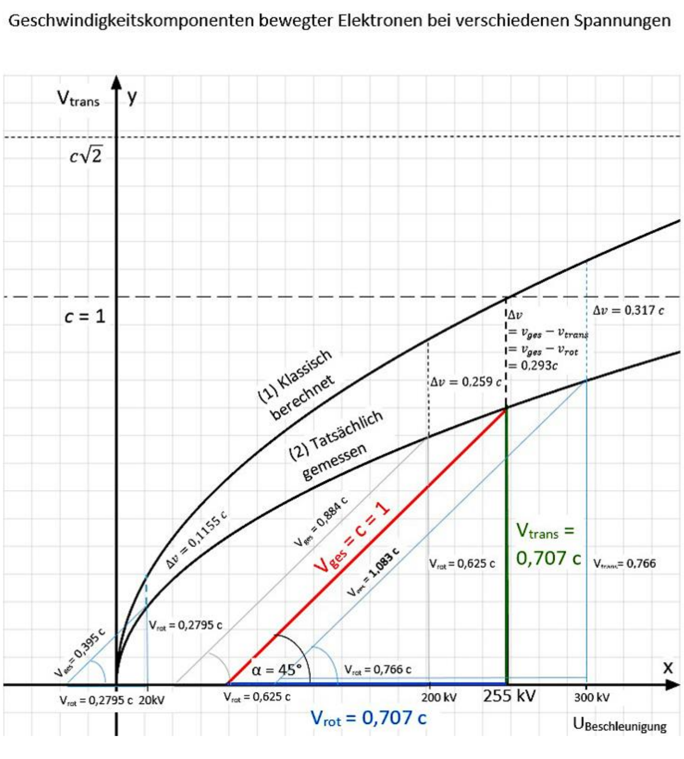


Bild 7. Die relativistische Physik erwartet für beschleunigte Elektronen im Geschwindigkeits-Spannung-Diagramm für die Kurve (1) den Zusammenhang ($½mv_{trans}$)^2 ~ eU_b, der aber abweichend gemessen wird (Kurve 2). Der Lorentzfaktor kompensiert die Differenz. Im Verständnis der Theoretiker gilt das Problem jetzt relativistisch „verstanden" und damit gelöst, aber da der Faktor pauschal sämtliche nicht erfassten Energien subsummiert, bleiben möglicherweise andere beteiligte physikalische Größen für die Abweichung im Dunkeln. Der Übergang zur konsequenten Energie-Betrachtungsweise löst das Problem wieder mit den Mitteln klassischer Physik und untersucht als erstes Bilanzen.

6. Die Elektronenbewegung wird von Translation, Rotation und Verschiebungsarbeit bestimmt

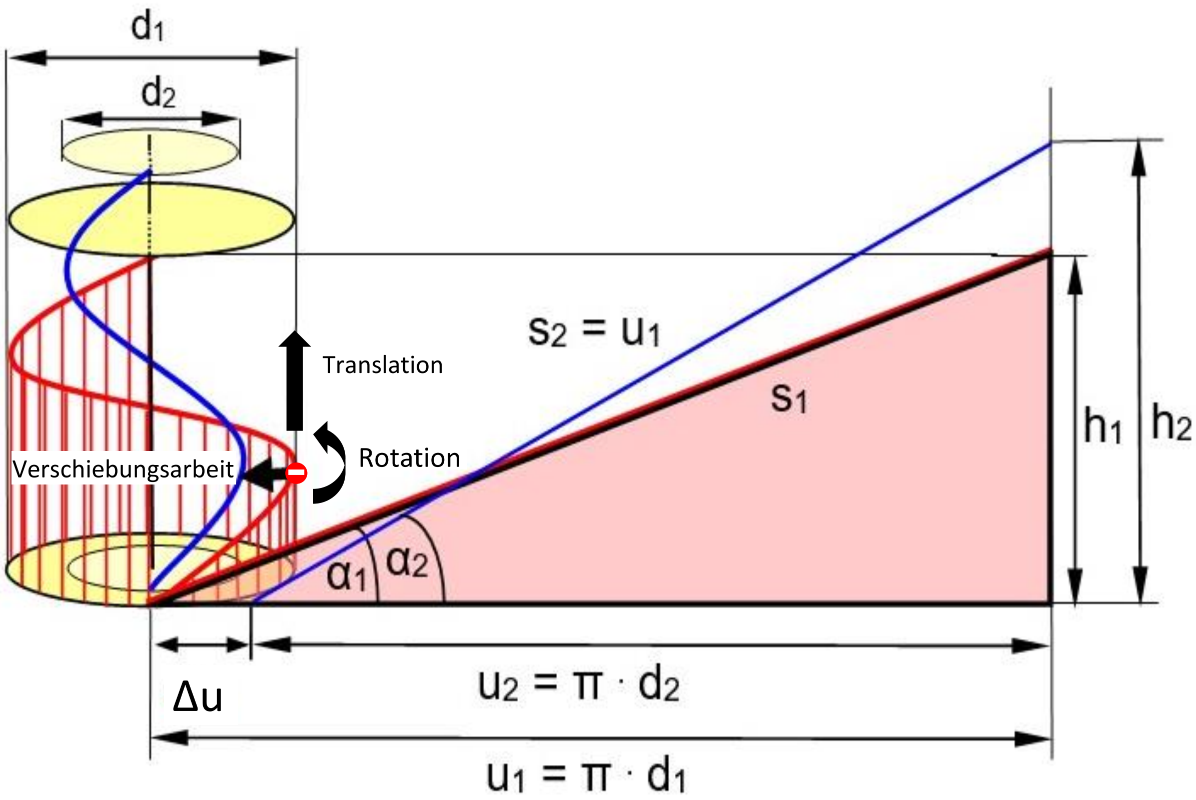


Bild 8

Modelle der Elektronenbewegung

1. Klassisch:

Translation einer Punktmasse linear von A nach B

2. Relativistisch:

Translation einer Punktmasse, deren Translations-Energie geringer ist als die Beschleunigungsenergie, was durch einen Korrekturfaktor ausgeglichen wird

3. Erweiterte Interpretation:

Translation einer frei beweglichen rotierenden (geladenen) Masse m_e, die bei Energiezufuhr Translations- und Rotationsenergie im bestimmten Verhältnis erhöht

Um den Drehimpuls $L = m \cdot v \cdot r$ zu erhalten, muss Verschiebungsarbeit W_v am Teilchen verrichtet werden, um den Abstand r zur Drehachse zu verringern, so dass $v \cdot r$ konstant bleibt.

7. Beteiligte Bilanzenergien bei der Beschleunigung von Elektronen

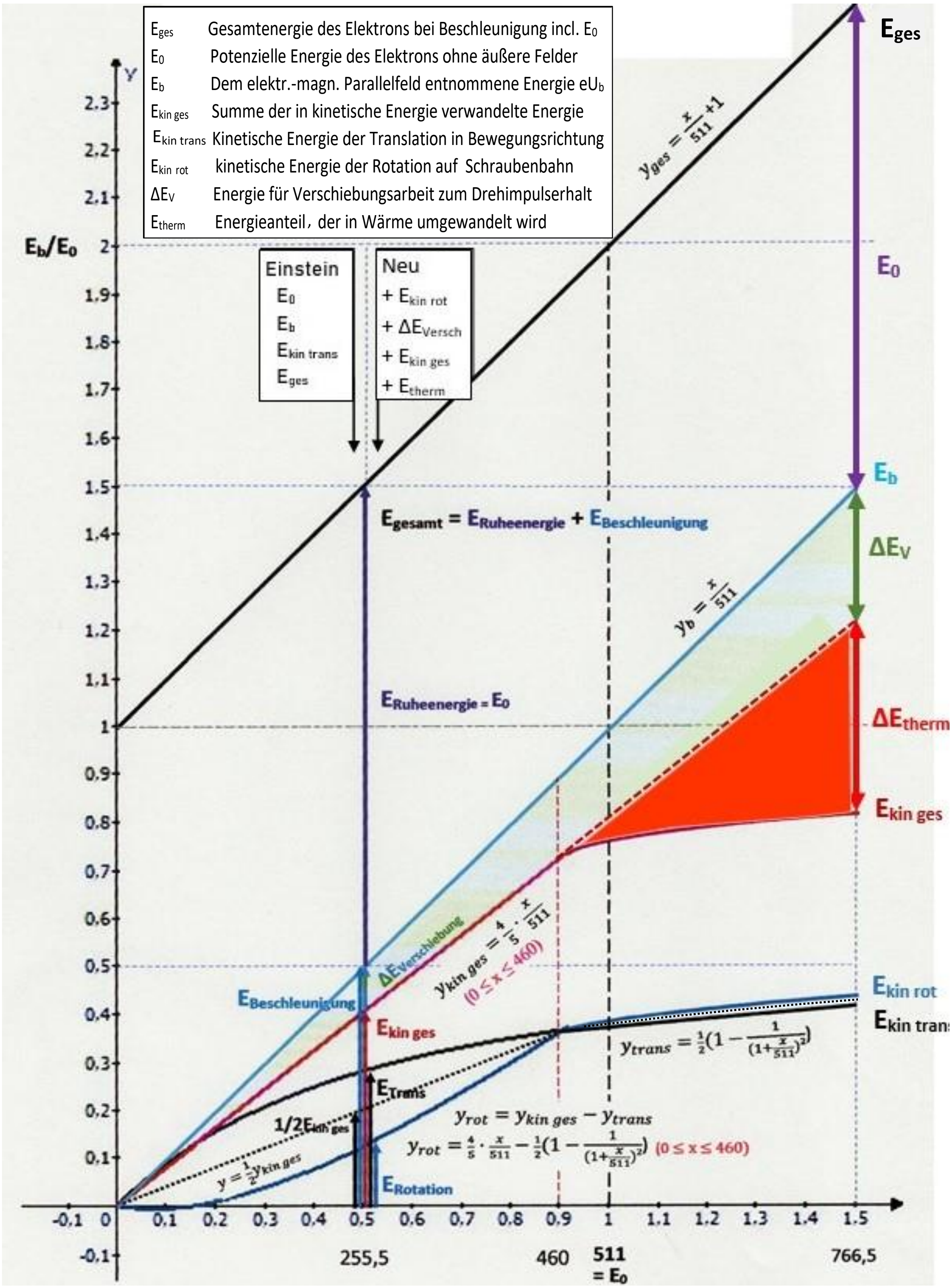


*Bild 9 Überblick zu den beteiligten Bilanzenergien bei mit Eb = eU$_b$ beschleunigten Elektronen: Neben den bekannten Energien müssen **zusätzlich Rotationsenergie, Energie zur Verrichtung von Verschiebungsarbeit und thermische Energie in die Bilanz** eingehen. Diese stehen nicht für die Translation zur Verfügung. (Original eines ersten Versuches, die Energien in ihren Zusammenhängen darzustellen).*

Vollständige Energiebilanz mit Interpretation der Korrelation von Translations- und Rotationsenergien.

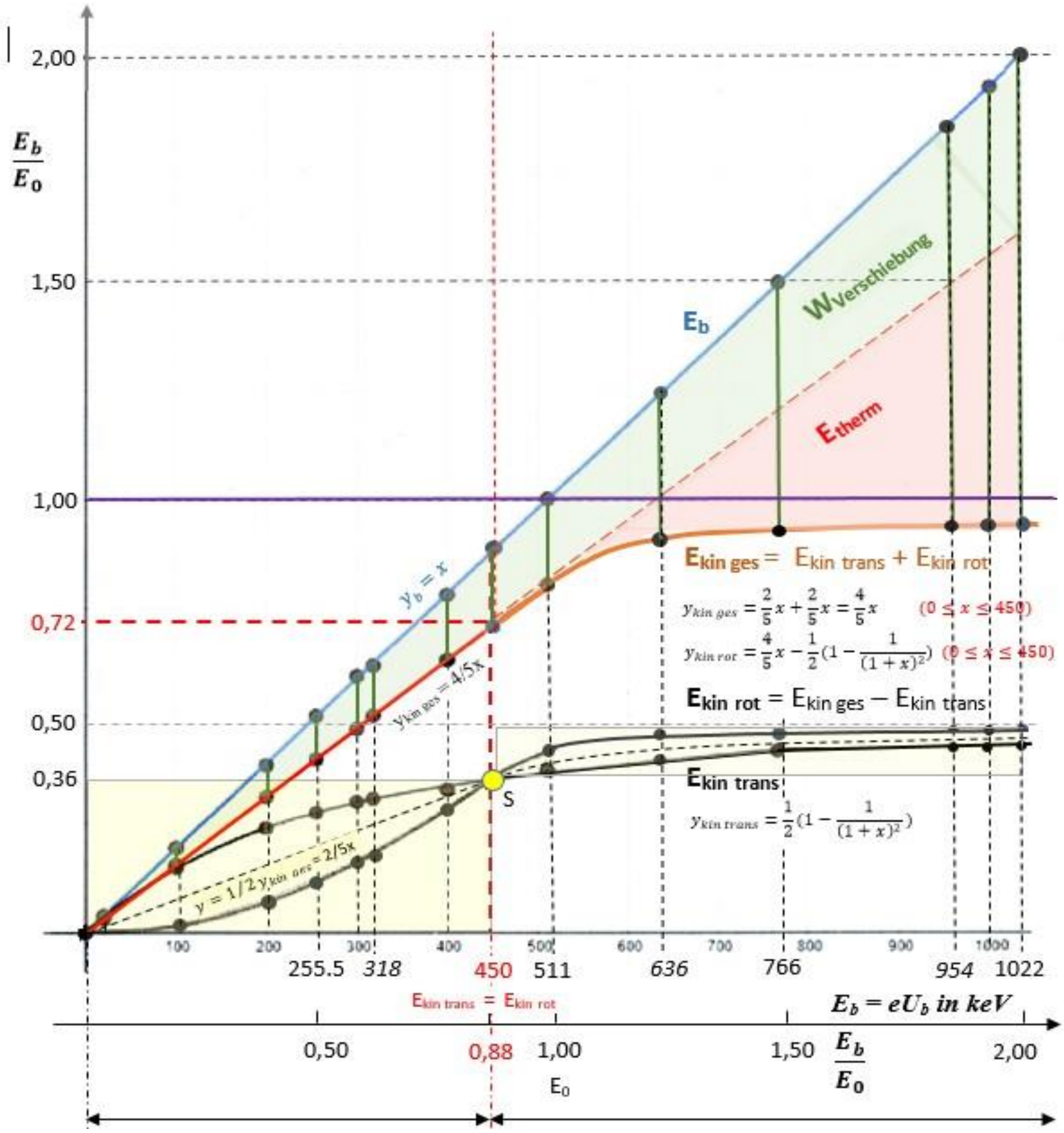


Bild 10

Links vom Schnittpunkt S ($0 < U_b \leq 450$ keV) *ist die Translationskurve eine Wurzelfunktion, die Rotationskurve wächst quadratisch. Die jeweiligen Funktionswerte ergeben als Summe die lineare Funktion* $y_{kin\ ges} = 4/5\,x$ *für die kinetische Gesamtenergie.*

Rechts vom Schnittpunkt S ändert sich nichts am Translationsverhalten, die Funktionswerte streben gegen $E_0/2$. *Die Rotationskurve hat bei S einen Wendepunkt und strebt jetzt auch gegen* $E_0/2$. *Der Mittelwert beider Kurven ergibt bis S eine lineare Funktion, danach folgen die gemittelten Werte der Krümmung mittig zwischen den Kurven (gestrichelte Linie).*

Warum zeigt die Kurve für die Rotationsenergie $E_{kin\ rot}$ trotz „vollständiger korrekter Energiebilanz“ unerwartetes Verhalten?

Bild 10 beruht auf Messwerten von Translationsenergien beschleunigter Elektronen, aus denen die Rotationsenergien logisch geschlussfolgert wurden. Die Bilanz stimmt, denn die Summe von E_{trans} und E_{rot} ergibt auch im Intervall (0 < x < 0,9) immer $E_b = E_{trans} + E_{rot}$ (rote Kurve). Wird eine Gleichverteilung beider Energien erwartet, sollte die gestrichelte Gerade für beide Energien gleichermaßen gelten, das heißt $y_{kin\ trans} = \frac{1}{2} y_{kin\ ges}$ und $y_{kin\ rot} = \frac{1}{2} y_{kin\ ges}$. Damit wäre mathematisch korrekt „bewiesen“, dass die kinetischen Energien $E_{kin\ trans}$ und $E_{kin\ rot}$ im Intervall (0 < E_b < 460 keV) für jede Beschleunigungsenergie eU exakt gleiche Werte aufweisen sollten. Aber nicht die beiden *Energieformen* haben gleiche Werte, sondern lediglich die *gemittelten Werte* aus beiden Messungen.

Mathematische Existenz ist eben nicht verlässlich dasselbe wie physikalische Existenz, wie Max Tegmark medienwirksam verkündet.

Die Messungen zeigen eine sofort ansteigende Kurve für $E_{kin\ trans}$, die erst später abflacht, bei einer gleichzeitig kaum wachsenden Kurve für $E_{kin\ rot}$, die erst später anwächst.

Ursache dafür ist vermutlich die Wechselwirkung der veränderlichen Zusatz-Energie eU_b mit der konstant bleibenden Ruheenergie E_0 des Elektrons:

Anfangs trifft die geringe Beschleunigungsenergie E_b < 511 keV senkrecht auf die Rotationsebene eines quasi starren (trägen) Rotationskörpers mit großer Energie E_0 = 511 keV. Fast alle Energie wird in Translationsenergie umgewandelt und trägt kaum zur Änderung der Rotationsenergie bei. Doch zunehmende Energiezufuhr ändert zunehmend den Ablenkwinkel (das heißt den Steigungswinkel der Schraubenbahn), so dass die Rotations-Komponente senkrecht zur Translationsrichtung merklich zunimmt und damit weniger Energie zur Translation zur Verfügung steht. Es handelt sich also lediglich um einen internen Energieaustausch im System, der die Gesamtbilanz unberührt lässt. Bei x = 0,9 (das heißt bei 0,9 · E_0 = 460 keV) wird die Gleichverteilung der kinetischen Energien erreicht und dann im wesentlichen beibehalten. Die Wechselwirkung verliert danach schnell an Relevanz, da das Energieverhältnis E_b/E_0 zunehmend von immer größeren E_b dominiert wird, weil E_0 konstant bleibt.

Anstelle von Geschwindigkeitsbetrachtungen werden Energien dargestellt, um auch solche Phänomene zu erfassen, denen keine Geschwindigkeit zuzuordnen ist (z.B. Ruheenergie, Verschiebungsarbeit, thermische Energie). Anstelle absoluter Messwerte werden Energieverhältnisse E/E_0 verwendet, um ohne Maßeinheiten nach dem Prinzip der physikalischen Größenverhältnisse arbeiten zu können. Bezogen sind die Energiewerte auf die Ruheenergie E_0 des untersuchten freien Teilchens.

Modifizierung für Myonen

Das Diagramm für schnelle Elektronen *(Bild 10)* sollte auch **modifiziert für Myonen** als „angeregte Elektronen“ mit E_0 = 105658 keV gelten. Während bewegte Elektronen unerwartet zu geringe Translations-Geschwindigkeiten zeigten, maß man bei bewegten Myonen unerwartet viel zu große Distanzen, die während der bekannten Lebensdauer bis zum Zerfall zurück gelegt wurden. Auch zur Lösung dieses Problems können Bilanzen und Erhaltungssätze weiterhelfen, wie im Folgenden gezeigt werden soll.

8. Warum fliegen kosmische Myonen weiter als berechnet?

ROTATION – TRANSLATION – ENERGIE (RTE)

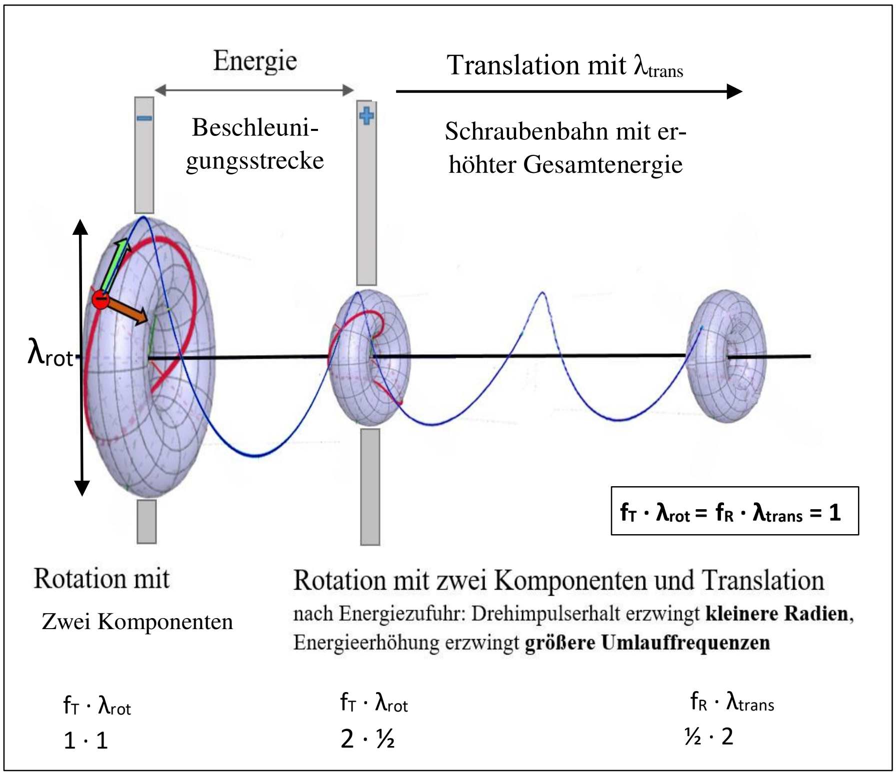


Bild 11
3D-Verhalten eines Myons bei Energiezufuhr: Die Radien verringern sich, die zunehmenden Steighöhen der Schraube bedeuten weniger Durchläufe pro x-Strecke und damit geringere Energien in Translations-Richtung pro Umlauf, aber größere in der Rotationsebene senkrecht zur Translation, da die Umlauffrequenzen bei geringeren Radien zunehmen. Für ausgeworfene Teilchen in Translationsrichtung ist bei hohen Geschwindigkeiten infolge der Streckung der Schraubenbahn nur eine geringere Energie pro Translations-Strecke zu erwarten, wobei entferntere Orte erreicht werden.

Myonen sind Elektronen in einem höheren Anregungszustand, so dass prinzipiell die obigen Ergebnisse für Eigenschaften beschleunigter Elektronen modifiziert gelten sollten.
Drei Grundbegriffe der Physik in ihren Relationen zueinander scheinen das „Myonen- Paradoxon“ verständlich zu machen.
1. TRANSLATION: Das durch Teilchencrash in oberen Atmosphäre-Schichten entstandene Myon sollte in seinem Lebenszyklus, der Zerfallszeit T = 2,2 µs, bei einer Geschwindigkeit v = 0,9998 · c einen Weg s = 660 m bis zur Registrierung zurücklegen.
2. ROTATION: Die räumlich lokalisierte Ruhe-Energie E_0 des Myon ist *vermutlich* durch die Rotation (Schwingung) einer Masse realisiert (Indiz: messbar veränderlicher Umfang bzw. Radius als Äquivalent zur de-Broglie-Wellenlänge bei Energieänderung).
3. ENERGIE: Das Myon verdankt seine Entstehung und (kurzzeitige) Existenz einem von außen wirkenden energetischen Vorgang auf ein Elektron, das dadurch angeregt wird, aber seine Masse beibehält. Der scheinbare Massenzuwachs erklärt sich aus der jetzt größeren Energie des Objektes.

Während für reale Eisenbahnzüge Erklärungen im Rahmen der klassischen Physik hinreichend sind (mit fast Lichtgeschwindigkeit rasende starre Einstein-Züge sind reine Fiktionen ohne Messmöglichkeit), haben wir es bei Myonen mit flexiblen, beobachtbaren und vor allem messbaren Vorgängen zu tun: Zerfallszeit, Translations-Weg und Translations-Geschwindigkeit wurden mehrfach mit ausgeklügelter Technik sicher festgestellt. Der entscheidende **Unterschied zu starren Körpern: Myonen reagieren auf Energieänderungen u.a. flexibel mit Radiusänderungen, um den Drehimpuls zu erhalten.** Und da offenbart sich ein Widerspruch zwischen Messung und Theorie:

Gemäß s = v · t = 0,9996 · c · 2,2 µs = <u>660 m</u> sollte das kosmische Myon niemals die ferne Erde erreichen, obwohl es tatsächlich in 50-facher Entfernung nach einem Laufweg von s = <u>33000 m</u> registriert wird. Wie lässt sich das physikalisch erklären?

Die *mathematisch* inspirierte ad-hoc-These, dass sich bei hohen Geschwindigkeiten die Zeit dehnen und die Längen kontrahieren müssten, vermochte eine plausible Erklärung zu liefern, allerdings zum Preise der Einführung von willkürlichen Elementen in die strengen Grundsätze jeder *naturwissenschaftlichen* Untersuchung. Bis heute steht eine Darlegung der Gesamtzusammenhänge aus, welche „Zeitdehnung" bzw. „Längenkontraktion" aus den Sätzen der Physik heraus verständlich machen.

> ***These:*** **Rotation, Translation und Energie in ihren gegenseitigen Wechselwirkungen bewirken das jeweilig aktuelle Erscheinungsbild von Teilchenbewegungen mit Drehimpuls, wobei die speziellen Veränderungen durch Energiezufuhr von außen zu berücksichtigen sind.**

Beobachtung: Das Myon im Labor zerfällt nach T = 2,2 µs, das entspricht dem Laufweg s = 660 m.
Das *nach Beschleunigung auf* v = 0,9998 · c *bewegte (energiereichere)* Myon zerfällt ebenfalls nach T = 2,2 µs, aber erst nach 33000 m Laufweg in Translationsrichtung.
Welche Zusammenhänge bewirken die beobachteten „neuen" Eigenschaften des Myons? Ist das Teilchen noch dasselbe wie im Ruhezustand? Geht der 50-fache Gewinn an Translationsweg auf Kosten einer anderen Größe? Welcher? Gelten hier schlicht und einfach Erhaltungssätze, wie sie z.B. von Hebel, Flaschenzug, schiefer Ebene, Drehimpuls usw. bekannt sind? Und vor allem: Wurde bisher im Beziehungsgefüge der Gesetzmäßigkeiten schlichtweg die Rotation mit ihrer speziellen Eigenschaft „Drehimpuls-Erhalt" unterschätzt?

Sobald dem rotierenden Teilchen Energie zugeführt wird, verringert sich dessen Schwingungs-Radius, um den Drehimpuls zu erhalten. Dadurch wird das Gesamt-Gefüge an Beziehungen verändert.

In der Rotationsebene wachsen die (Zeit-)Frequenzen (bei geringeren Radien), während in der senkrecht darauf stehenden Translationsebene die (Raum-)Frequenzen (bei größeren Phasenabständen λ_x) kleiner werden. **Der 50-mal längere Translationsweg ist durch eine 50-mal kleinere (Raum-)Frequenz erkauft** (weniger Durchläufe pro Phasenabstand in x-Richtung), **so dass auch die (Raum-) Energie wegen $E_{Raum} \sim f_{Raum}$ nur 50-mal kleiner sein kann:** Man verwundert sich über einen zu weit entfernten Auftreffort, ohne dort die zu geringe Translationsenergie zu beachten. Hier wird die Grenze der kinematischen Bewegungslehre sichtbar, die ohne Energiebetrachtung auskommt.
Das registrierte Myon unterscheidet sich vom im Labor ruhenden in folgenden Eigenschaften:

1. Der Schraubenbahn-Durchmesser bei Bewegung ist hier 50-mal kleiner als der Kreisbahn-Durchmesser des stationär rotierenden Myons im Labor.
2. Bei zusätzlicher Energiezufuhr verlässt das Myon die zweidimensionale Rotationsebene und bewegt sich jetzt auf einer dreidimensionalen Schraubenbahn. Das erfordert auch eine angepasste Betrachtungsweise, die diesem Übergang von 2D zu 3D Rechnung trägt: **Das Elektron führt jetzt zwei Bewegungsarten <u>Translation und Rotation gleichzeitig</u> aus, wobei es Energien intern austauscht, um Erhaltungssätzen zu genügen.**
3. Bei höheren Beschleunigungsenergien wird ein bestimmter Anteil für die Drehimpulserhaltung aufgebracht. **Für das Myon wird am Auftreffort eine Schraubenbahn-Geschwindigkeit bei geringeren Durchmessern λ_{rot} und hoher Frequenz f_T registriert, andererseits aber kleinere (Raum-)Frequenzen f_R bei höheren Wellenlängen λ_{trans}.** Hier wurden die Energien intern umverteilt. Bildlich gesprochen: Es wird ein langsamer dichter Teilchenschauer durch Energiezufuhr extrem gestreckt und in x-Richtung „verdünnt". In Summe bleiben alle Erhaltungssätze ohne Zusatzannahmen gültig.

Wie der sanfte Anstieg auf der schiefen Ebene Kraft spart, aber längere Wege erfordert, ist die scheinbar „gedehnte Zeit" mit veränderten Wegen, Zeit-Dauern und Energie-Umverteilung erkauft. Erhaltungssätze und Bilanzen scheinen die vermuteten physikalischen Hintergründe zu bestätigen.

$\mathbf{f_T \cdot \lambda_{rot} = f_R \cdot \lambda_{trans} = 1}$	f_T… Rotationsfrequenz, λ_{rot}… Rotationsbahnumfang (bzw. d oder r), f_R… Raum-Frequenz (Periodenzahl pro Periodenlänge in x-Richung), λ_{trans}… Periodenabstand in Translations-Richtung

9. Sind relativ zueinander bewegte Körper ununterscheidbar?

Vertraut man diesem ROTATION – TRANSLATION – ENERGIE - Konzept, fallen sofort weitere Probleme ins Auge, die einer physikalischen Erklärung zugänglich werden.

> Kaufmann: Zur Postulatfrage möchte ich bemerken, daß der erkenntnistheoretische Wert des Postulats der relativen Bewegung doch nicht sehr groß ist, da es doch nur für gleichmäßige Translation brauchbar ist. Sowie man Rotationen und ungleichmäßige Bewegungen berücksichtigt, kommt man damit doch nicht aus. Man will damit den vielfach als unbequem empfundenen Äther aus der Welt schaffen, muß ihn aber bei den Rotationsbewegungen, z. B. bei der Abplattung der Weltkörper, wieder einführen.
>
> Planck: Natürlich handelt es sich nur um gleichmäßige Translation. Ungleichmäßige können wir schon durch die Mechanik nachweisen, gleichmäßige aber auch in der Mechanik nicht. Die Forderung ist, daß das, was in der Mechanik nicht nachweisbar ist, auch in der Elektrodynamik nicht nachweisbar ist.
>
> Max Planck, Die Kaufmannschen Messungen der Ablenkbarkeit der β-Strahlen in ihrer Bedeutung für die Dynamik der Elektronen, Physikalische Zeitschrift 7 (21): 753-761, 1906

Rotationen ?

Bild 12

Spätestens 1906 wurde durch Max Planck eine allgemeine Vermutung zur Forderung erhoben – das heißt zum unbeweisbaren Axiom, das keiner weiteren Untersuchung mehr bedarf:

> *„Die Forderung ist, dass das, was in der Mechanik nicht nachweisbar ist, auch in der Elektrodynamik nicht nachweisbar ist.“*

Es ging in der Diskussion mit Walter Kaufmann um die Frage nach dem erkenntnistheoretischen Wert des Postulats der relativen Bewegung, weil dieses ja nur für gleichmäßige Translation brauchbar ist, also nicht für Rotation. In der Mechanik war einerseits die Rotation nicht gut genug verstanden und andererseits das Problem der relativen Bewegung zwischen zwei zueinander bewegten Körpern unklar: Welcher Körper ruht, welcher bewegt sich? Ist das physikalisch zu entscheiden oder eben nicht? Max Planck entschied letztlich, dass alles „Nichtnachweisbare“ keiner weiteren Mühe wert ist, so dass allein die Relativität von Translations*geschwindigkeiten* als Basis der Theorie genügen müsse.

Bis heute gehört die Akzeptanz solcher Nicht-Nachweisbarkeit (der „gleichmäßigen Rotation“) zum allgemeinen Physikverständnis. Aber mit der Einbeziehung von Rotation und Energie zur Erklärung von Bewegungsvorgängen, die bislang nur als Translation in Erscheinung traten, stellt sich das Problem der „Nichtnachweisbarkeit“ nicht. **Begegnen sich ein stationäres (am Ort rotierendes) und ein bewegtes Myon (rotierend *und* in Translation befindlich), so kann die Frage „Was bewegt sich – Was ruht?“ durch Experimente entschieden werden. <u>Das stationäre Myon rotiert mit größerem Durchmesser (bzw. Umfang) als das durch Energiezufuhr in Translation befindliche.</u>**

Eine eindeutige Zuordnung des Bewegungszustandes wird damit möglich: Der Radius der Rotationsbahn nach Beschleunigung entscheidet darüber, welches Myon das ruhende (größerer Radius) oder das bewegte (kleinerer Radius) ist.
Dasselbe gilt auch für rotierende Teilchen-Massen, deren Umlauffrequenzen zur Zeitmessung dienen können. Zusätzliche Energie bewirkt infolge Drehimpulserhalt eine Verkürzung des (flexiblen) „Zeigerradius“ z.B. auf 1/50, so dass der Zeiger jetzt 50 Umläufe gegenüber der stationären „Uhr“ (1 Umlauf) macht. Die Dauer *einer* Schwingung entlang des stark verkürzten Umlaufes hat sich hier bei 50-facher Umlauf-Frequenz auf das 0,02-fache verringert. Damit wurde aber das Standardmaß des Taktgebers der Uhr verändert und die nun **energiereichere Uhr** muss neu geeicht werden. Wie? Indem man die aktuelle „falsche“ Zeitangabe mit ihrem Reziproken multipliziert.

E_b (255,5 keV) = 1 (zugeführte Energie)

E_{trans} (nur Translationsenergie)

$$\mathbf{E_{trans}} = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{\mathbf{E_b}}{\mathbf{E_0}}\right)^2}$$

1 - Etrans = 0,445

0,555 + 0,445 = 1

$$\mathrm{E_{trans}} \cdot \frac{1}{\mathrm{E_{trans}}} = 0{,}555 \cdot \frac{1}{0{,}555} = 1$$

Ist E_{trans} bekannt (Messung), so ist das **Produkt aus E_{trans} und seinem Reziproken immer 1.**
Dieses Reziproke übernimmt die Rolle jenes Faktors, der vom „zu geringen Mess- bzw. Rechenwert“ zum „Erwartungswert **1**“ führt (Lorentz-Transformation). **Die Differenz (1 – E_{trans}) entspricht einer „Lücke“ in der Energiebilanz, die weiteren beteiligten Energien entsprechen muss.** Es bleibt offen, ob diese Lücke nur *einer* weiteren (unbekannten) Energie entspricht oder ob mehrere im Spiel sind.

Das Produkt aus zeitlicher Frequenz $\boldsymbol{f_T}$ und Schwingungsdauer $\boldsymbol{T}$ (in der Rotationsebene) ist gleich dem Produkt aus räumlicher Frequenz $\boldsymbol{f_x}$ (Anzahl der Phasendurchläufe in x-Richtung pro „Schwingungslänge“ einer Phase S_0) und Wellenlänge $\boldsymbol{\lambda_x}$: $\boldsymbol{f_T \cdot T = f_x \cdot \lambda_x = 1}$

Dieser für tragfähig erachtete Grundsatz scheint hilfreich zu sein bei der Entscheidung, welcher von zwei Körpern der bewegte bzw. der ruhende ist, weil nicht Relativ-Geschwindigkeiten sondern Energien als Maß für die Radien bzw. Energien rotierender Teilchen messbare Vergleiche ermöglichen.

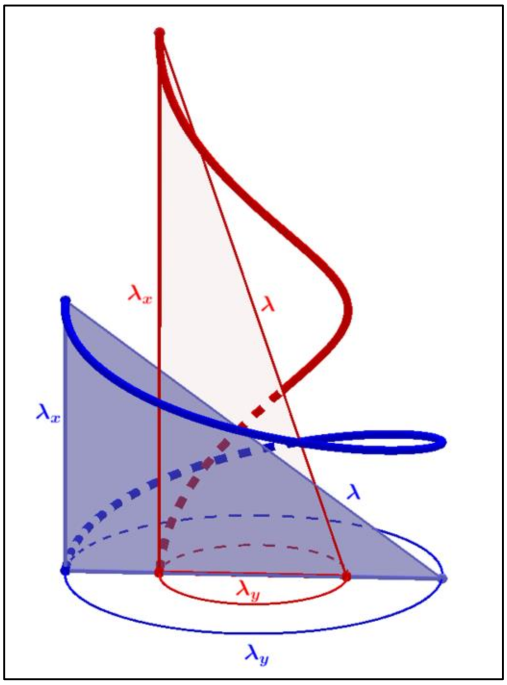
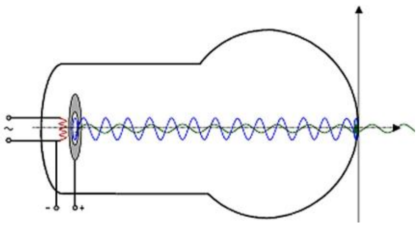


Bild 13
Zwei Myonen werden mit unterschiedlichen Energien beschleunigt. Die geometrischen Abmessungen der Bahnkurven lassen auf den jeweiligen Energie- bzw. Bewegungszustand schließen. Das trifft auch zu, wenn das Elektron bzw. Myon nur hinsichtlich seiner Translation betrachtet wird. Die Relativgeschwindigkeit allein lässt keine Entscheidung zu, wohl aber die Messung des Durchmessers der Schraubenbahn. Sowohl in der Mechanik wie in der Elektrodynamik lässt sich bei frei schwingenden (rotierenden) Massen mit Drehimpuls eine Unterscheidung treffen, welches der Teilchen ruht oder in größerer bzw. geringerer Bewegung ist. ***Der kleinere Radius „verrät“ den erhöhten Aufwand an Verschiebungsarbeit zur Erhalt des Drehimpulses bei Energiezufuhr. Das Postulat von der Ununterscheidbarkeit relativer Bewegungen kann zumindest für die hier dargestellten Fälle nicht aufrecht erhalten werden.***

11. Vergleich: Klassisches, relativistisches und um Rotation und Drehimpulserhalt erweitertes Konzept für Elektronenbewegung

Bild 15. Elektronenbeschleunigung



Beispiel für U_b= 255,5 keV,
E_0 = 511 keV (Werte in E_b/E_0)

Traditionell wird allein mit v = v_{trans} gerechnet: $E_b = \frac{1}{2}mv^2$. *Wird die Rotationskomponente v_{rot} berücksichtigt, müssen auch die Energien für $E_{kin\,rot}$ und ΔE_{Versch} in die Bilanz eingehen.*

$$E_{kin\,ges} = \frac{1}{2}mv_{trans}^2 + \frac{1}{2}mv_{rot}^2\,,\; v_{rot}^2 = r^2\omega^2$$

$$E_b = E_{kin\,trans} + E_{kin\,rot} + \Delta E_{Versch}$$

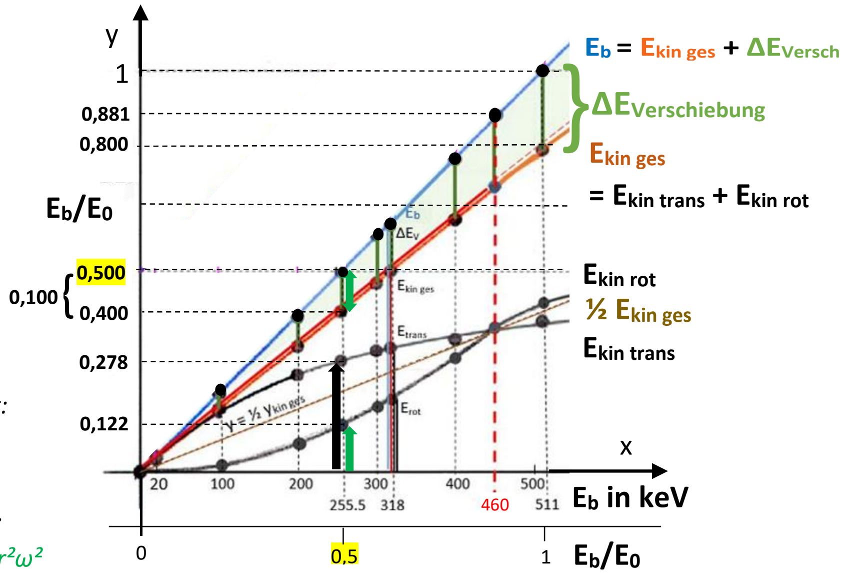


Bild 16. Darstellung der Energien in ihren Zusammenhängen.

	U_b in kV	V_{trans} berechn. v/c	V_{trans} gemessen in v/c	V_{rot} berechn.	$E_b = eU_b$ in keV	$E_b = eU_b$ in E_b/E_0	$E_{kin\,trans}$ in E_b/E_0	$E_{kin\,rot}$ E_b/E_{rot}	$E_{kin\,ges}$ = $E_{kin\,trans}$+$E_{kin\,rot}$	ΔE_{Versch}	E_{ges}= $E_{kin\,ges}$+E_0	E_0
1	0				**0**	0	0	0	0	0	1	1
2	20				**20**	0,0391	0,0369	0,0015	0,0384	0,0007	1,0038	1
3	100				**100**	0,196	0,150	0,007	0,157	0,039	1,157	1
4	200				**200**	0,387	0,242	0,100	0,342	0,046	1,342	1
5	255,5	1,000	0,707	?	**255,5**	**0,500**	**0,278**	**0,122**	**0,400**	**0,100**	**1,400**	**1**
6	318				**318**	0,622	0,310	0,190	0,500	0,122	1,500	1
7	460				**460**	0,899	0,361	0,360	0,719	0,179	1,719	1
8	511				**511**	1,000	0,375	0,428	0,800	0,200	1,800	1

Bild 17. „Geschwindigkeiten“ erfassen nicht alle beteiligten „Energien“ ($E_{kin\,rot}$, ΔE_{Versch}, E_{therm}).

1. $v_{klass} = \sqrt{2\cdot\frac{e}{m}\cdot U_b} = 3{,}0\cdot 10^8 m/s \;= \mathbf{1{,}0\cdot c}$

2. $v_{rel} = c\cdot\sqrt{1-\frac{1}{(1+\frac{eU_b}{m_0c^2})^2}} = v_{trans} = \mathbf{0{,}745\cdot c}$

3. $E_{kin\,ges}$: **1.** $E_{kin\,trans} = \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\left(1+\frac{E_b}{E_0}\right)^2}\right) = \mathbf{0{,}278}$

2. $E_{kin\,rot} = \frac{4}{5}\frac{E_b}{E_0} - \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{\left(1+\frac{E_b}{E_0}\right)^2}\right) = \mathbf{0{,}122}$

E_b: $y = \frac{x}{E_0}$

$E_{kin\,trans}$: $y = \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{(1+\frac{x}{E_0})^2}\right)$

$E_{kin\,rot}$ = $E_{kin\,ges}$ − $E_{kin\,trans}$:

$y = \frac{4}{5}\cdot\frac{x}{E_0} - \frac{1}{2}\left(1-\frac{1}{(1+\frac{x}{E_0})^2}\right)$ *($0 \le x \le 460$)*

$E_{kin\,ges}$: $y = \frac{4}{5}\cdot\frac{x}{E_0}$ *($0 \le x \le 460$)*

E_{ges} = $E_{kin\,ges}$ + E_0: $y = \frac{x}{E_0} + 1$ *($0 \le x \le 460$)*

ΔE_V = E_b − $E_{kin\,ges}$: $\Delta y = \frac{x}{E_0} - \frac{4}{5}\cdot\frac{x}{E_0} = \frac{1}{5}\cdot\frac{x}{E_0}$

4. ΔE_{Versch}: **Energie für Verschiebungs-Arbeit W_v bei Spannung U_b = 255,5 keV, E_0 = 511 keV**

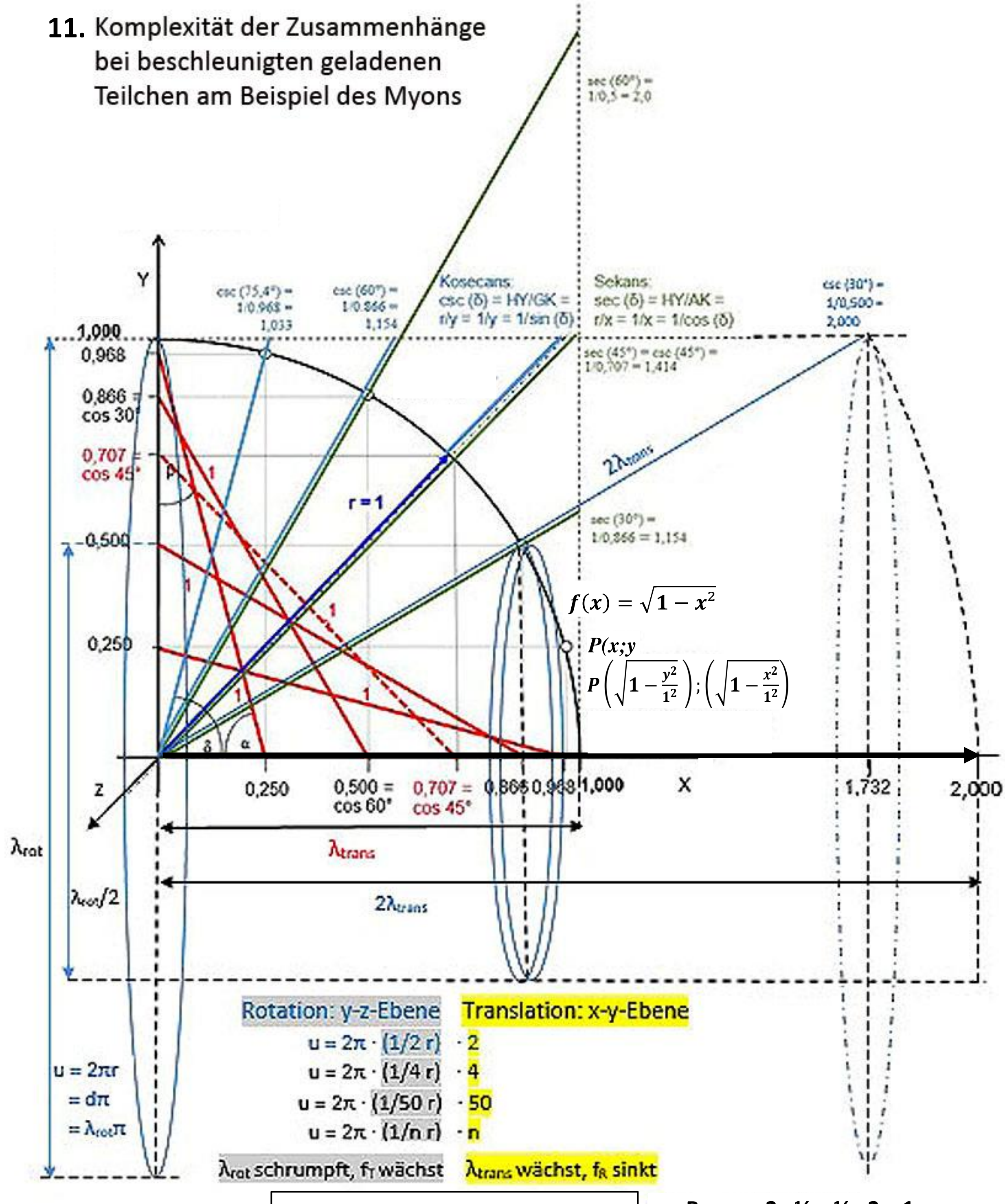
$\Delta E_{Versch} = E_b - E_{trans} - E_{rot} - E_{therm} \;= 0{,}5 - 0{,}278 - 0{,}122 - 0 = \mathbf{0{,}100}$ *(in E_b/E_0)*

5. Bilanz: $E_b = eU_b = E_{trans} + E_{rot} + E_{Versch} + E_{therm} = 0{,}278 + 0{,}122 + 0{,}100 + 0 = 0{,}5$

Die Bilanz ist bei Beachtung von Rotationsenergie und Drehimpulserhalt ausgeglichen.

(E_{therm} ist bis ≈ 450...511 keV vernachlässigbar, dominiert dann wegen $\frac{E_b}{E_0}$ mit $E_b > E_0$, E_0 = konst.)

11. Komplexität der Zusammenhänge bei beschleunigten geladenen Teilchen am Beispiel des Myons



$$f(x) = \sqrt{1 - x^2}$$

$$P\left(\sqrt{1-\frac{y^2}{1^2}}\right);\left(\sqrt{1-\frac{x^2}{1^2}}\right)$$

$$\boxed{f_T \cdot \lambda_{rot} = f_R \cdot \lambda_{trans} = 1}$$

z.B. **2 · ½ = ½ · 2 = 1**
50 · 1/50 = 1/50 · 50 = 1

Bild 18. Energiezufuhr bewirkt beim rotierenden Myon in der y-z-Ebene eine Abnahme der Wellenlänge λ_{rot} (Rotationsdurchmesser) bei Anwachsen der Zeit-Frequenz $f_T = f_{rot}$. Das System weicht in die x-y-Ebene aus und die Verhältnisse kehren sich um: Phasenabstände in x-Richtung werden größer, was weniger räumliche Durchläufe der Phase bedeutet. Dies entspricht einer geringeren Frequenz, die hier als Raumfrequenz f_R bezeichnet wird, um sich von Zeit-Schwingungen abzugrenzen. Das Diagramm verweist auf stimmige Zusammenhänge beteiligter Größen und testet numerische Berechnungen.

(Original eines Versuchs, die Komplexität physikalischer Zusammenhänge darzustellen. Denn ein physikalischer Vorgang lässt sich nicht auf ein Axiom reduzieren, aus dem die Natur verlässlich zu deduzieren wäre.)

12. Fazit: Chronik einer Problemlösung

Das Problem	**Die Erwartung, Elektronen müssten alle aufgenommene Energie eU_b in kinetische Energie der Translation $E_{kin\ trans}$ transformieren, hat sich experimentell nicht bestätigt.**
Lösungs ansatz *Traditio-nell*	Die Berechnung beschränkt sich auf Geschwindigkeitsvergleiche, so dass nur kinetische Energien der Translation Berücksichtigung finden. Die gemessene zu geringe Energie der „zu langsamen Elektronen" wird Zeit- bzw. Raum-Änderungen durch bewegte Massen zugeschrieben. Koordinatentransformationen korrigieren den „Fehler" mathematisch korrekt, ohne physikalische Energiebilanzen liefern zu können.
Lösungs-ansatz *Neu*	Elektronen sind nichtstarre, frei bewegliche Teilchen mit Ruheenergie, die mit el.-magn. Feldern wechselwirken und gleichzeitig Translation <u>und</u> Rotation ausführen können. **Die Beschleunigungsenergie eU_b wird transformiert zur Energie** $E_{kin\ trans}$ **der Translation** $E_{kin\ rot}$ **der Rotation um eine Schraubenachse** ΔE_v **der Verschiebungsarbeit entlang r zum Drehimpulserhalt** E_{therm} **der Wärmeabgabe**
Methode	Übergang von Geschwindigkeits- zu Energiebetrachtungen, um neben kinetischer auch andere Energien in die Bilanzen einfließen zu lassen.
Mathema-tische Mittel	An die Stelle von physikalischen **Größen** treten **Größen-Verhältnisse** (z.B. v/c) zur vereinfachten Darstellung. Die Betrachtung reduziert sich auf dimensionslose, vergleichbare Zahlen. Entsprechend werden jetzt **Energie-Verhältnisse** (z.B. E_b/E_0) benutzt.
Verein-barung	Jede zugeführte Energie **$E_b = eU_b$ wird** gleich **1 (100%)** gesetzt, so dass die beteiligten Energien jeweils als Bruchteile bzw. Prozente davon ablesbar werden und in ihrer Summe 1 (bzw. 100%) ergeben müssen. Mit $E_0 = 1$ als dimensionslose Angabe der „Ruheenergie" des Teilchens (z. B. Elektron) erscheinen die einzelnen Energien als Funktionen des Verhältnisses E_b/E_0 = 511 keV/511 keV = 1, also **$E(E_b) = f(E_b/E_0)$**
Energie-bilanz	$E_{ges} = E_0 + E_{kin\ trans} + E_{kin\ rot} + \Delta E_V + E_{therm}$; $E_{ges} = E_b + E_0$; $E_{kin\ ges} = E_{kin\ trans} + E_{kin\ rot}$ *Beispiel: Energien für Elektronen mit E_0 = 511 keV und E_b = 255,5 keV,* *E_b/E_0 = 255,5 keV/511 keV = 0,5 (vergl. Bild 10 und 16)* E_b: $y = x$ $y(0,5) = 0,500$ $E_{kin\ trans}$: $y = \frac{1}{2}(1 - \frac{1}{(1+x)^2})$ $y(0,5) = 0,278$ $E_{kin\ rot} = E_{kin\ ges} - E_{kin\ trans}$ $y = \frac{4}{5} \cdot x - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{(1+x)^2}\right)$; $(0 \le x \le 460)$ $y(0,5) = 0,122$ ($E_{kin\ ges}$): $y = \frac{4}{5} \cdot x$ $(0 \le x \le 460)$ $y(0,5) = 0,400$ E_{ges}: $y = x + 1$ $y(0,5) = 1,500$ $\Delta E_V = E_b - E_{kin\ ges}$ $\Delta y = x - \frac{4}{5} \cdot x = x\left(1 - \frac{4}{5}\right) = \frac{1}{5} \cdot x$ $y(0,5) = 0,100$
Fazit	**Das Problem ist gelöst, wenn die „falsche" Erwartung korrigiert und eine korrekte Energiebilanz möglich wird. Dabei werden vermeintlich „fehlende" Energiebeträge als bisher unbeachtete Energieformen aufgezeigt, die nicht zur Translation beitragen.** Die Untersuchung an schwingenden Elektronen zeigt, dass die theoretische Interpretation der Phänomene als „Zeitdehnung" und „Längenkontraktion" ersetzt werden kann durch Anwendung der Gesetze Klassischer Physik. Frequenz als Basis von Zeitmessung ist definiert als Anzahl von Schwingungen pro Dauer T, **Frequenz f = 1/T.** Energiezufuhr eU_b bedeutet Öffnung des geschlossenen Uhrensystems und Frequenzzunahme bei Verringerung der Schwingungsdauer T als Folge. Die energiereichere Uhr zeigt jetzt gegenüber der ruhenden, energieärmeren Uhr eine größere Zahl von Schwingungen mit kürzeren „Dauern" an. Verdopplung der Frequenz heißt Halbierung der Dauer T, **f · T = 1**. **Die energiereichere Uhr mit doppelter Frequenz ist zu einer <u>anderen Uhr</u> mit <u>halber Dauer T</u> geworden: 2 · ½ = 1.** Wir lebten danach doppelt so lange, wenn wir nicht wüssten: Ein Jahr dauert jetzt nur noch halb so lang. **Darum gehen bewegte Uhren langsamer, aber sie dehnen die Zeit nicht.** Was zu zeigen war.

13. Rückblick und Ausblick: Was ist Zeit und was sind korrekte Uhren?

Bewegte Uhren gehen langsamer als ruhende Uhren. Ein Vorgang wird hier länger, dort kürzer gemessen. (Metzler Physik, Schroedel 1998)

Diese populäre Weisheit macht die Relativitätstheorie interessant auch für ein der Physik fernstehendes Publikum. „Wie kann das sein?“ fragen die Leute. Der Orakelsatz ist nicht falsch und erlaubt verschiedene Antworten: Die Uhr läuft falsch oder die „Zeit“ hat sich geändert. Oder beides.

Theoretiker beharren auf „Zeitdehnung“, Physiker auf „Uhrfehler“. Welche Argumente entscheiden?

These: Beschleunigte Uhren können *längere Dauern anzeigen*, verkürzen aber nicht die Zeit. Das korrekte Messgerät Uhr setzt einen *gleichförmig bewegten Standard* zu vergleichbaren Vorgängen.

Zuerst ist klar zustellen: Was ist Zeit? Und was sind korrekte Uhren? Der vermeintliche Zeit-Unterschied kann auch ein übersehener Uhrenfehler sein. Das Mess-Objekt Zeit lässt sich messen mit Hilfe von Verfahren, denen

1. periodische Vorgänge zugrunde liegen (Erdumlauf um die Sonne, Pendel, Feder-Schwinger, Atom- bzw. Molekülschwingungen) oder nach Verfahren, die

2. nichtperiodische Abläufe nutzen (Wasseruhr, Sanduhr).

Periodische Vorgänge jeder Art lassen sich allein durch Abzählung der Wiederholung eines Elementarvorganges (Erdumlauf, Pendelbewegung) charakterisieren.

Bei nichtperiodischen, „fließenden“ Vorgängen hingegen dient ein mit konstanter Geschwindigkeit zurückgelegter Weg als Zeitmaß. Suchen wir nach übersehenen Fehlerquellen.

Bei einer Wasseruhr wird über die Ausflussgeschwindigkeit (das heißt über austretende Teilchenmenge pro Zeit) der Zeitbegriff definiert: Fließt ein bestimmtes Wasservolumen mit einer gegebenen Teilchenmenge und einer (beliebig festlegbaren) Geschwindigkeit aus einem Eimer ab, so wird damit zugleich ein Zeitmaß definiert. Die völlige Entleerung innerhalb eines Tages kann als Zeitmaß „Tag“ benutzt werden, Unterteilungen in 24 gleiche Wasservolumina ergeben dann eine mögliche Definition für „Stunde“.

Die Walge-Uhr, eine spezielle Wasseruhr, kann sowohl einen linearen kontinuierlichen Bewegungsvorgang zur Zeitmessung nutzen (Steiggeschwindigkeit des Eimers), als auch einen periodischen Vorgang (Anzahl auslaufender Tropfen pro Tag). Der Vergleich beider auf verschiedenen Messmethoden beruhenden Messwerte, zeigt eine unerwartete Zeit-Differenz auf, obwohl die Uhr selbst nicht bewegt wurde, (allerdings Teile davon). Die Uhr geht tatsächlich langsamer und zeigt nicht den korrekten Zeitverlauf an. Vermutlich führt mindestens eine Messmethode innerhalb der Uhr zu prinzipiell abweichend angezeigten Zeitwerten.

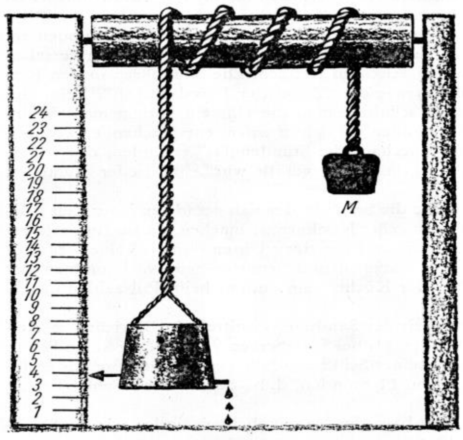


Bild 1. Prinzip einer einfachen Walge-Uhr: Durch das Austreten von Wassertropfen wird der Eimer leichter, so dass dieser sich durch das Gewicht der Masse M langsam nach oben bewegt. Die Zeiteinheit wird hier definiert als Wegstrecke, die bei konstanter Geschwindigkeit des Eimers (in Abhängigkeit von der Ausflussgeschwindigkeit) zurückgelegt wird. Nicht berücksichtigt ist hier der Ausgleich beschleunigender Kräfte infolge zunehmenden Ungleichgewichtes zwischen Eimer und Ausgleichsmasse. ***Dadurch verfälscht der Maßstab „Uhr“ das Messobjekt „Zeit“.*** *Der Ingenieur De Caus hat dieses Problem raffiniert gelöst (Bild 2, 3).*

Methode A: Ein voller Eimer läuft von Sonnenaufgang zu Sonnenaufgang leer, so dass der Zeiger eine definierte Strecke durchläuft. Diese entspricht der Zeitspanne „1 Tag“ bzw. „24 Stunden“. Die Methode A ist „nichtperiodischer Natur“ und ignoriert den Ausgleich beschleunigender Kräfte infolge zunehmenden Ungleichgewichtes zwischen Eimer und Ausgleichsmasse (Problem A). Der Uhrmacher muss eine gleichförmige Uhrenbewegung technisch realisieren, um dieses Problem zu lösen.

Methode B: Man kann die vom vollen Eimer austretenden Wassertropfen von Sonnenaufgang zu Sonnenaufgang zählen und die Zeitspanne „1 Tag“ als Anzahl der registrierten Tropfen definieren. Stellt man ein zweites identisches Gefäß unterhalb des aufsteigenden „Uhreneimers“ auf, so sollte dieser nach 24 Stunden voll sein. Doch die Tropfenzählung ergibt: Der zweite Eimer ist nicht ganz voll, es fehlen noch ein paar Tropfen: Die periodische „Tropfenuhr“ braucht etwas länger bis zur Anzeige „1 Tag“: Liegt hier Zeitdilatation vor oder ist auch diese Methode fehlerhaft (Problem B)?

Antwort: Im Moment der Anzeige „1 Tag“ durch die Skala hat der letzte Tropfen den Eimer verlassen (genau 1 Tag nach dem 1. Tropfen) und befindet sich mit anderen im freien Fall. Nach einer Zeitdifferenz Δt hat er den Auffangeimer erreicht und signalisiert damit verspätet die Anzeige „1Tag“.

Doch auch während der gesamten Messzeit gab es eine nicht zu vernachlässigende Erscheinung. Ruhen beide Eimer gegeneinander, so lässt sich eine bestimmte Tropfenfrequenz feststellen. Bewegt sich der „Uhreneimer“ während der Messung nach oben, so vergrößert sich der Tropfenabstand ständig und lässt die Tropfen in größeren Abständen unten auftreffen, das heißt mit geringerer Frequenz, aber größerer (Flug-) Dauer, bis der letzte Tropfen im zweiten Eimer registriert wird.

Dieses Problem B scheint vermeidbar, wenn die Tropfenfrequenz direkt am Auslauf des Eimers registriert wird. Dabei müsste der Auffangeimer mitgeführt werden. Hängt man ihn aber unmittelbar darunter, so bleibt die Uhr stehen, weil Ausgleichgewicht und das Gewicht „zwei Eimer plus Füllung“ gleich groß sind und keinen Antrieb liefern. Das Gravitations-Problem bleibt prinzipiell ungelöst.

Der Begriff „Uhr“ unterliegt strenger Kontrolle, weil nicht jeder tropfende Eimer eine Uhr sein kann. Selbst wenn die nichtperiodische und die periodische Anzeige exakt übereinstimmen („Zählsensor“ ersetzt den angehängten Auffangeimer), liegt noch keine gleichförmige Steigbewegung des Eimers vor. Bereits vor 400 Jahren wusste man von dieser Problematik und analysierte die nicht triviale physikalische Komplexität des Uhrenproblems, ohne Spekulationen anzustellen. Es waren Handwerker, Ingenieure und „Zeitspezialisten“ (Uhrmacher), die unzufrieden waren mit der Ungenauigkeit von Zeitvergleichen und die sich dadurch zu immer raffinierteren Uhr-Konstruktionen anregen ließen. Dabei drangen sie tief in das Wesen der Zeit ein und schienen zu ahnen, dass man zwar immer genauere Uhren für immer präzisere Zeitvergleiche bauen konnte, aber das Messobjekt Zeit selbst davon unberührt bleiben musste. **Dass ein Uhrenproblem durch Änderungen des Messobjektes gelöst werden könne, ist noch heute eine allseits akzeptierte, originelle Idee, keinesfalls aber eine brauchbare oder gar geniale.**

Der Ingenieur Salomon De Caus beschreibt 1615 eine ausgeklügelte Walge-Uhr. Der bewegte Eimer wurde ersetzt durch ein Gefäß A mit Schwimmer F, der mit dem nach oben gekrümmten Rohr B, C, D verbunden ist. Dem Absinken des Schwimmers folgt die U-förmige Röhre, so dass die Eintrittsöffnung immer im gleichen Abstand zum Wasserspiegel im Gefäß A und zur Austrittsöffnung ist. Der Wasserdruck an der Rohr-Eintritts- und Austrittsstelle bleibt konstant, trotz Absinken des Schwimmers und des Wasserspiegels. Obwohl Ausgleichsmasse und Schwimmer gleiches Gewicht haben können, bewegen sie sich gleichförmig infolge des gleichmäßig sinkenden Wasserspiegels. Voraussetzung ist eine Potentialdifferenz des Gravitationsfeldes: Das Wasser muss abfließen, ohne noch Messfunktionen zu haben. Die Welle mit Zeiger dreht sich nun gleichförmig. Periodische und nichtperiodische Anzeige des sinkenden Schwimmers sind identisch. Es handelt sich um eine korrekte Uhr. Alle Energien im System „Uhr“ dienen dem Erhalt der gleichförmigen Dreh-Bewegung und Vergleiche mit anderen Vorgängen sind gewährleistet. Wird die Uhr während der Messung beschleunigt, zeigen sich „Dehnungs-Phänomene“, die durch Änderung der internen Antriebsenergie verursacht sind. **Die Uhr verliert ihren Status als korrektes Zeitmessgerät. Das Messobjekt „Zeit“ hingegen bleibt unverändert.** (Was kümmert’s die Zeit, wenn die Uhr falsch geht, lästert der Volksmund).

Ein andere Wasservhr.

WEnn die Gelegenheit einer lebendigen Quellen/ wie im vorigen Probl. gedacht/ an der Hand/ vnnd woltest doch gern die Zeit mit Wasser messen: so mach ein küpffern oder bleyern Gefäß/ wie A in beystehender Figur außweiset/ so vngefehrlich anderthalb Ahmen Wassers habe. Es soll viereckigt/ vnd etwas höher/ als breidt seyn: Inwendig ist oben noch ein kleines Gefäßlein F. auch gevierdt/ vnd wol auff allen Seiten verwahret vnd gelöhtet/ vnd soll auff dem Wasser so in dem Gefäß A fliessen: Nimb darnach eine gekrümbte Röhre / wie B C D. setze dieselbige in eine küpfferne Röhre/ so durch das kleine Gefäßlein F gehet/ vnd in solcher Weitte/ daß die gekrümbte Röhre etwas gedräng/ dardurch biß in das Wasser/ so in dem Gefäß A gehe. Oben aber am C ist eine Kordel oder Schnur angemacht/ so vber die Rolle L gehet/ vnd am End ein Gewicht E hat: Der Wellbaum darin die Rolle/ hat an einem End I einen Zeiger/ so auff dem Blatt O P die Stunden zeigt. Wenn nun das gefäß A also stehet/ so fülle es mit Wasser/ setze das kleine F darein/ mit der Röhren vnd Gewicht/ wie gemeldt/ setze den Mundt an die Röhre am D. vnd ziehe endtlich das Wasser also an dich/ so wird es/ dieweil gemeldtes End niderer/ als das Wasser im A heraus laufft/ in das Gefäß H. vnd wie gemeldtes Wasser in A sich sencket/ wird ihm das F mit der Röhren nachsincken/ vnd mit dem Seil die Roll vnd Zeiger herumb ziehen. Die Stunden aber eygendtlich zu messen vnd zu treffen / mustu dich mit der krummen Röhren in die/ so im F. nach gelegenheit wissen zu schicken. Denn wann du gemeldte Rören tieffer hinein stössest/ so laufft es geschwinder/ vnd hergegen/ wenn du sie etwas herauß zeugst/ wird es langsamer lauffen: vnd ist zu mercken/ damit es gar eygendtlich gehe/ vnd kein mangel vorfalle/ so soltu am End D noch ein kleines Röhrlein anstecken/ dessen eusserste klein Löchlein/ dardurch das Wasser außlaufft/ von feinem Goldt besetzet seyen/ damit es nicht durch Rost verstopffet werde/ welches sonst bald geschicht/ wenn es nur von Bley oder Kupffer gemacht ist. Endtlich wenn A beynahe ledig/ so ziehe das Wasser mit der kleinen Handtpompen G wieder hinein.

Bild 2

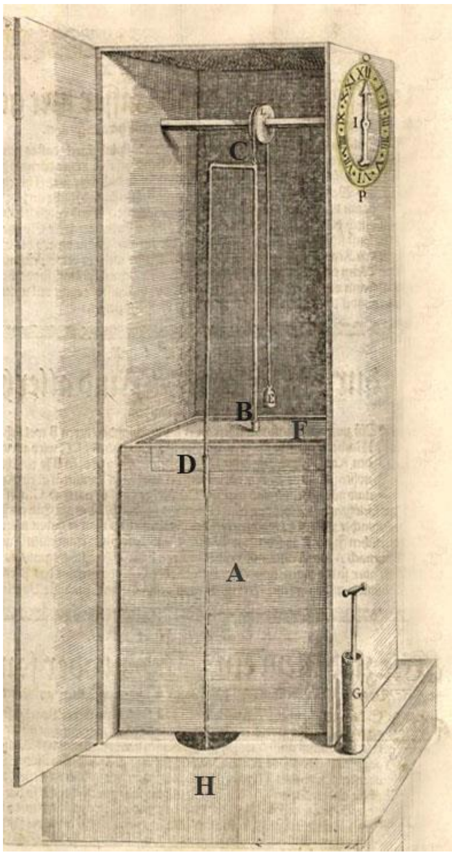


Bild 3. Der ***Uhrmacher und „Uhrendenker" Salomon de Caus (1576 - 1626)*** *lehrt uns, wie ein Uhren-Problem mit wissenschaftlicher Akribie und handwerklicher Meisterschaft gelöst werden kann. Er analysierte, experimentierte und lernte in der Auseinandersetzung mit den physischen Gegebenheiten eine Uhr zu bauen, deren Anzeige periodisch wie nichtperiodisch widerspruchsfrei realisiert werden kann. Er löste dabei das Gravitationsproblem für einen gleichförmigen Antrieb und stellte die Konstruktion mit Gesetzen der Physik ohne Zusatzannahmen dar. Bild 3 zeigt die vollständige korrekte Uhr, zu der neben dem gefüllten Behälter A (als gravitativer Antrieb) auch das Auffanggefäß H gehört. Ist dieses gefüllt, ist die Antriebs-Energie verbraucht. Beachte: Der „Uhrzeigersinn" war noch nicht festgelegt.*

Zeit ist, was korrekte Uhren messen bei Beachtung des Satzes von der Erhaltung der Zeit: f · T = 1.
Das Produkt aus Frequenz und Taktdauer ist konstant.

Uhren messen Zeit korrekt, wenn sie intern kontinuierlich Energie verbrauchen, nach außen aber während des Messens keine Energie tauschen. Äquivalenz zwischen periodischer und nichtperiodischer Anzeige als Merkmal korrekter Uhren ist gewährleistet.

Bild-Quellen Teil 1

Bilder S.1	Autor K. Gebler
Bild 1 S. 3	Reproduktion (alter Stich ohne Angaben)
Bild 2 S. 5	Autor
Bild 3,4,5 Seite 9 Autor	
Bild 6 S. 11	Aus: Immanuel Kant, Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte, Königsberg 1746
Bild 7 S. 14	Autor
Bild 8 S. 15	Autor
Bild 9 S. 16	Autor
Bild 10 S. 17	Autor. (**Die Grafik stellt die untersuchte Problematik in ihrer Gesamtheit dar.)**
Bild 11 S. 19	Autor
Bild 12 S. 21	Reproduktion aus: Physikalische Zeitschrift 7 (21): 753-761, 1906
Bild 13 S. 22	Autor, erstellt mit GeoGebra
Bild 15, **16**, 17 S. 23	Autor
Bild 18 S. 24	Autor
Bild 19 S. 26	Padelt, Erna: Menschen messen Zeit und Raum, Berlin 1971
Bild 20, 21 S. 28	Salomon De Caus: Von gewaltsamen Bewegungen, Frankfurt 1615

Text-Quellen Teil 1

[1] S. 3	Moritz Schlick: Allgemeine Erkenntnislehre. Springer, Berlin (1925), 2. Aufl.
[2] S. 3	Max Tegmark: Unser mathematisches Universum, Ullstein 2015
[3] S. 11	Immanuel Kant: Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte, Königsberg 1746
[4] S. 12	G. Wilhelm Leibniz: in der Zeitschrift Acta Eruditorum (1686): Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii (Kurzer Beweis eines denkwürdigen Irrtums von Descartes)
[5] S. 12	Johann I Bernoulli: Discours sur les loix de la communication du mouvement, Qui a merité les Eloges de l'Academie Royale des Sciences aux années 1724 & 1726 & qui a concouru à l'occasion des Prix distribuez dans lesdites anné Prix Paris I, 1720-1727 (1752), Nr. VII (108 pp.), (Rede über die Gesetze der Kommunikation der Bewegung…)
[6] S. 12	Albert Einstein: Zur Elektrodynamik bewegter Körper, Annalen der Physik 1905 / Volume 322, Issue 10/ p. 891-921
[7] S. 21	Max Planck: Die Kaufmannschen Messungen der Ablenkbarkeit der β-Strahlen inihrer Bedeutung für die Dynamik der Elektronen, Physikalische Zeitschrift 7 (21): 753-761, 1906