

Technische Anwendungen
zur Umwandlung der Rotationsenergie der Erde in elektrische Energie
in Theorie und Praxis

15., aktualisierte Auflage

1. Bewegungsänderungen infolge der Kreiselträgheit	2
1.1 Das Zustandekommen der Präzessionsbewegung	2
1.2 Der resultierende Impuls eines Kreisels bei einer fortlaufend kippenden Achse	3
1.3 Die Veränderung des resultierenden Impulses durch das Einwirken zusätzlicher Impulse	4
2. Die Umwandlung der Rotationsenergie der Erde in andere Energieformen	5
2.1 Voraussetzungen für eine Energieumwandlung	5
2.2 Berechnungen zur Kippbewegung der Kreisel durch die Erdrotation	6
3. hydrostatische Lagerung	9
4. Abschluss:	11
Anhang	13
Michelson- Experiment, Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Wahl der Bezugssysteme, Lichtquanten	

1. Bewegungsänderungen infolge der Kreiselträgheit

1.1 Das Zustandekommen der Präzessionsbewegung

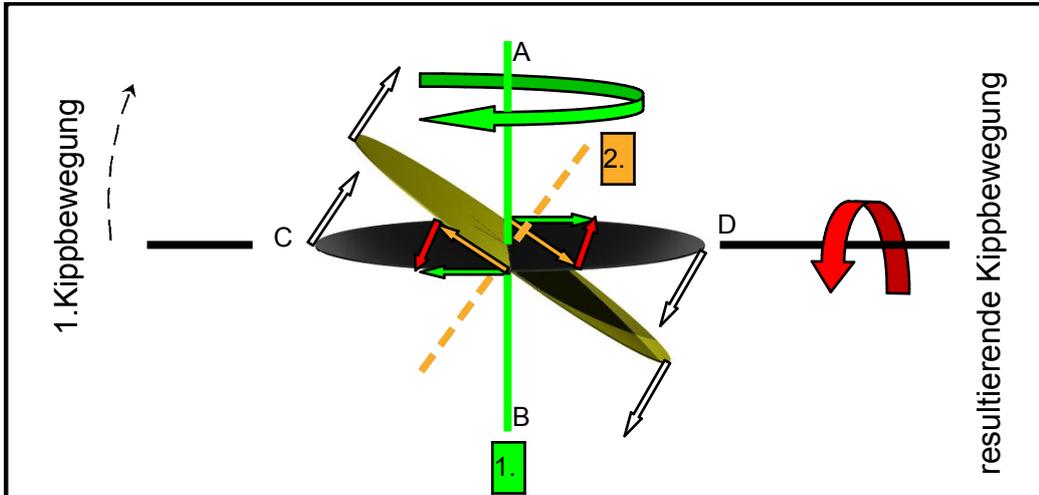


Abbildung 1: die Geschwindigkeitsvektoren bei der Präzessionsbewegung

„Auch für das senkrechte Ausweichen des Kreisels ist das Trägheitsprinzip verantwortlich. Um das einzusehen, müssen wir etwas mehr in Einzelheiten gehen: Das Verhalten dieses Kreisels untersuchen wir zunächst an vier markanten Punkten, A bis D, deren Geschwindigkeit durch Pfeile gekennzeichnet ist. Wird der rotierende Kreisel gestört, beispielsweise dadurch, dass man ihn um die Achse AB zu drehen trachtet, so hat diese Störung keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit in den Punkten C und D, da diese nur parallel verschoben werden. Hingegen erfährt die Geschwindigkeit in den Punkten A und B eine Richtungsänderung (Abb.1). Was passiert, kennt man von der Kurvenfahrt im Auto: Aufgrund der Trägheit, „möchte“ der Fahrer seine Bewegungsrichtung beibehalten. Da das Auto aber durch die Reibungskraft der eingeschlagenen Räder mit der Straße beispielsweise eine Rechtskurve ausführt, kommt es zu einer „Kollision“ des Fahrers mit der Fahrzeughür. Aus der Sicht des Fahrers wird er von einer Kraft (Zentrifugalkraft) gegen die Tür gedrückt. Ganz entsprechend sieht es beim „gestörten“ Kreisel aus. Die Punkte A und B „möchten“ ihren Bewegungszustand beibehalten und rufen dieser Tendenz entsprechend eine Auslenkung entgegengesetzt zur Geschwindigkeitsänderung Δv hervor, welche aufgrund der entgegengesetzten Geschwindigkeitsrichtung in A und B zu einem um die Achse CD wirkenden Kräftepaar bzw. Drehmoment führt...“¹

Die Kreiselträgheit wirkt dabei der Kippbewegung entgegen, dargestellt durch die roten Pfeile. Das resultierende Drehmoment (Achse CD) kann dabei nie eine translatorische, sondern immer nur eine rotatorische Ausweichbewegung einleiten. Diese kann zum Beispiel wie in den Abbildungen 2 bis 6 dargestellt durch ein Gestänge mit dem Auflagepunkt (P) erfolgen. Bei jeder Präzessionsbewegung resultiert somit auch immer eine Kippbewegung des Kreisels um den Unterstützungspunkt herum. Dabei muss fortlaufend die Kreiselträgheit überwunden werden.

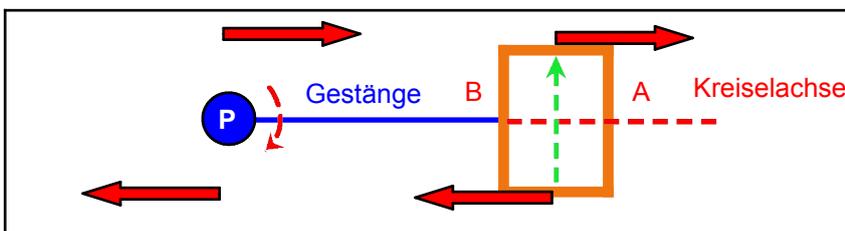
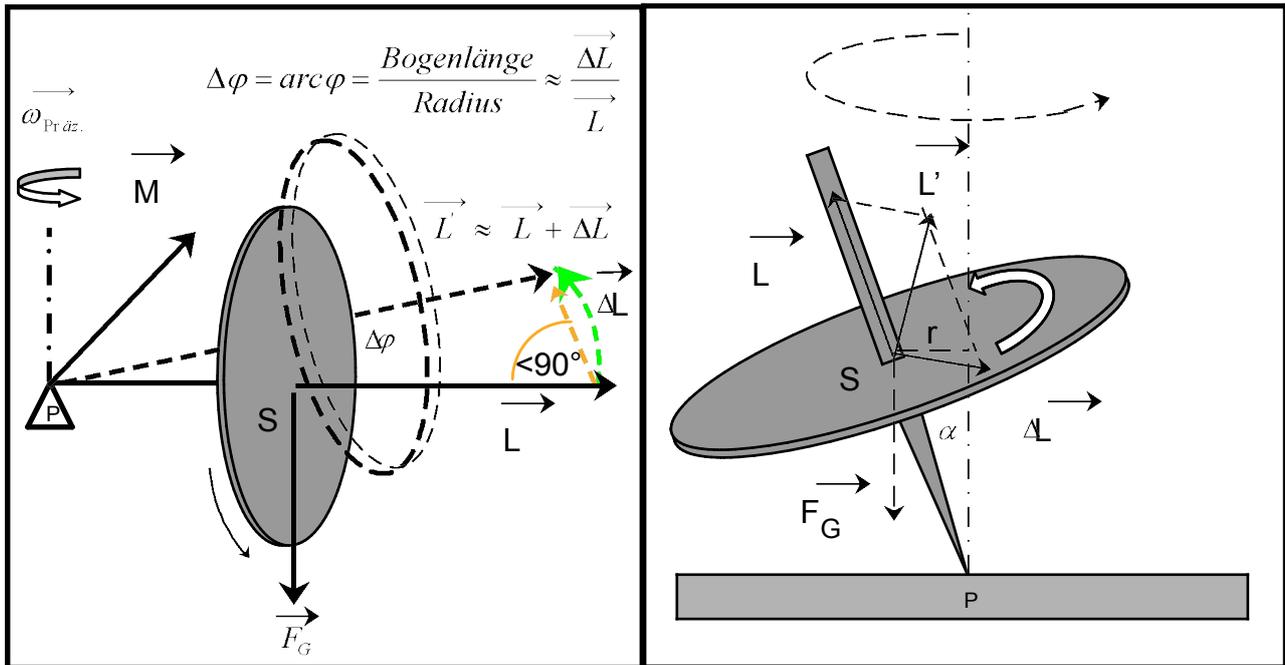


Abbildung 2: Draufsicht; das wirkende Drehmoment der Präzessionsbewegung

¹ Kreiselphänomene, H. Joachim Schlichting, Praxis der Naturwissenschaft- Physik 41/2, 11 (1992), S.4

1.2 Der resultierende Impuls eines Kreisels bei einer fortlaufend kippenden Achse



Abbildungen 3 und 4: Kreisel mit einer fortlaufend kippenden Achse

Die Präzessionsbewegung erfolgt in beiden Abbildungen durch ein Schwerkraft bedingtes Drehmoment.

Es gilt:

„Die Präzessionsbewegung kommt dadurch zustande, dass die im Schwerpunkt angreifende Schwerkraft in Bezug auf den Unterstützungspunkt ein Drehmoment erzeugt, das in einem Zeitintervall auch eine Änderung des Drehimpulses hervorruft.“²

Das durch die Schwerkraft oder die Erdrotation wirkende Drehmoment erzeugt den Impuls der ausweichenden Präzessionsbewegung. Die für die fortlaufende Kippbewegung notwendige Energie wird dabei immer wieder dem Impuls der Präzessionsbewegung entzogen. Dabei muss fortlaufend die Kreiselträgheit entsprechend dem Drehimpuls des Kreisels überwunden werden.

$$(1) \quad \omega_{\text{Präz.}} = \frac{m \cdot g \cdot r}{L_{\text{Kreisel}}} = \frac{F_G \cdot r}{J_{\text{Kreisel}} \cdot \omega_{\text{Kreisel}}}$$

$$(2) \quad P_{\text{Präz.}} = M \cdot \omega_{\text{Präz.}}$$

r = Abstand zwischen dem Kreiselschwerpunkt und dem Unterstützungspunkt

Die gleiche Leistung wie bei großer Winkelgeschwindigkeit und kleinem Drehmoment erhält man bei kleiner Winkelgeschwindigkeit und großem Drehmoment.

„Der Neigungswinkel α des Kreisels (Abb. 4) hat gegenüber der Vertikalen keinen Einfluss auf die Präzessionsfrequenz.“³ Nur ein wirkender Impuls erzeugt bei einer Punktmasse zur gleichen Zeit auch nur eine Verschiebung (nur eine Richtungsänderung) und bei einer Kreiselachse auch nur eine Drehbewegung, nur eine Verschiebung bzw. nur einer Kippbewegung innerhalb einer Ebene.

² Physik für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften, 15. Auflage
Prof. Dr. sc. nat Dr.- Ing. Heribert Strophe, Carl Hanser Verlag München, 2012, S. 102

³ Übungsbuch Physik, 11. Auflage, Dr. rer.nat. Peter Müller (Federführender); Fachbuchverlag Leipzig, S. 68

1.3 Die Veränderung des resultierenden Impulses durch das Einwirken zusätzlicher Impulse

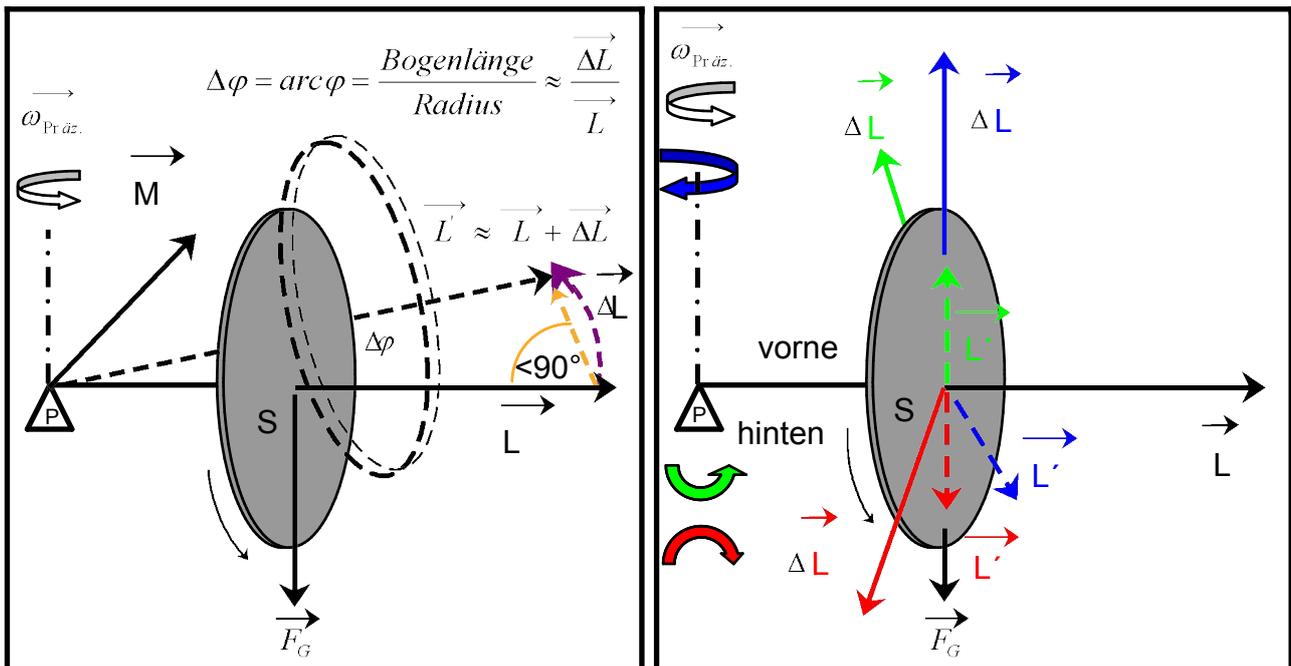


Abbildung 5 (links): Kreisel unter dem Einfluss der Schwerkraft

Abbildung 6 (rechts): Kreisel unter der Einwirkung zusätzlicher Impulse

1. Fall (Abbildung 5):

Ein zusätzlicher Impuls (nach unten), gleichgerichtet zum bereits vorhandenen durch die Schwerkraft bedingten Impuls, erhöht nach Gleichung 1 (vorherige Seite) die Winkelgeschwindigkeit der Präzessionsbewegung.

2. Fall (Abbildung 6; blaue Farbe):

Ein zusätzlicher und stärkerer Impuls (nach oben), in Gegenrichtung zum bereits vorhandenen schwerkraftbedingten Impuls, erzeugt einen nach hinten ausweichenden resultierenden Impuls.

3. Fall (Abbildung 6; grüne Farbe):

Ein zusätzlicher **sehr kleiner** Impuls (nach vorne), in Richtung des bereits ausweichenden Impulses (Abbildung 5), lässt den Kreisel vertikal mit gleichen Impuls in die Höhe kippen.

4. Fall (Abbildung 6; rote Farbe):

Ein zusätzlicher Impuls (nach hinten), in Gegenrichtung zum bereits vorhandenen ausweichenden Impuls (Abbildung 5), lässt den Kreisel nach unten kippen.

Die an der Kreiselmasse angreifende Gravitationskraft wirkt bei jedem der vier Fälle mit einem entsprechenden Drehmoment **fortlaufend** auf den Unterstützungspunkt weiter.

Es gilt zudem die Gesetzmäßigkeit der **Goldenen Regel der Mechanik**:

Gegenüber einem nicht rotierenden Kreisel, lässt sich der rotierende im 3. Fall deutlich leichter in die Höhe kippen. Was dabei an Kraft eingespart wird, muss jedoch durch die kleinere Kraft zusätzlich an Weg aufgebracht werden. Während der Kreisel den Unterstützungspunkt umkreist, bewegt er sich entlang einer geneigten Ebene in die Höhe. Somit handelt es sich im 3. Fall um eine **kraftumformende Einrichtung**. Die für die Kippbewegung verrichtete mechanische Arbeit je Zeiteinheit (Energie) bleibt gegenüber einem nicht rotierenden Kreisel **unverändert**.

2. Die Umwandlung der Rotationsenergie der Erde in andere Energieformen

2.1 Voraussetzungen für eine Energieumwandlung

Ohne das zusätzliche Einwirken äußerer Kräfte, würde sich ein Massstück aufgrund der Massenträgheit mit seiner ursprünglichen Geschwindigkeit geradlinig weiterbewegen (Galilei'sches Trägheitsprinzip). Theoretisch würde sich dabei das Massstück auch gleichzeitig tangential von der Erde entfernen und somit einen Anstieg an potenzieller Energie erfahren. Während der Präzessionsbewegung weicht ein Kreisel der angreifenden Schwerkraft seitlich aus. Dafür bedarf es jedoch eines festen Unterstützungspunktes, was wiederum eine freie Bewegung des Kreisels verhindert. Wollte man die Kreisel direkt durch die sehr langsame Erdrotation kippen lassen, so bräuchte man Kreisel mit einem gewaltigen Drehimpuls (siehe Abb.: 7 und 8).

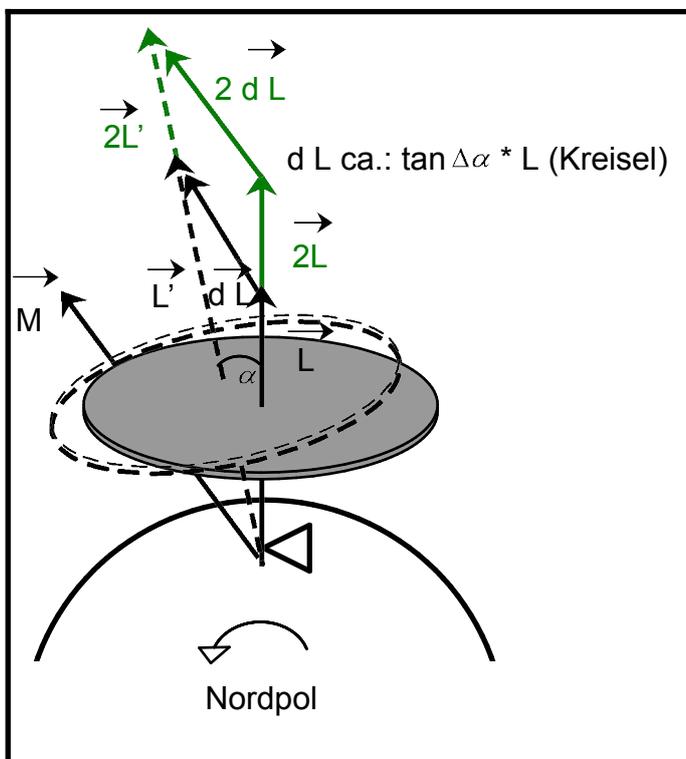


Abbildung 7:

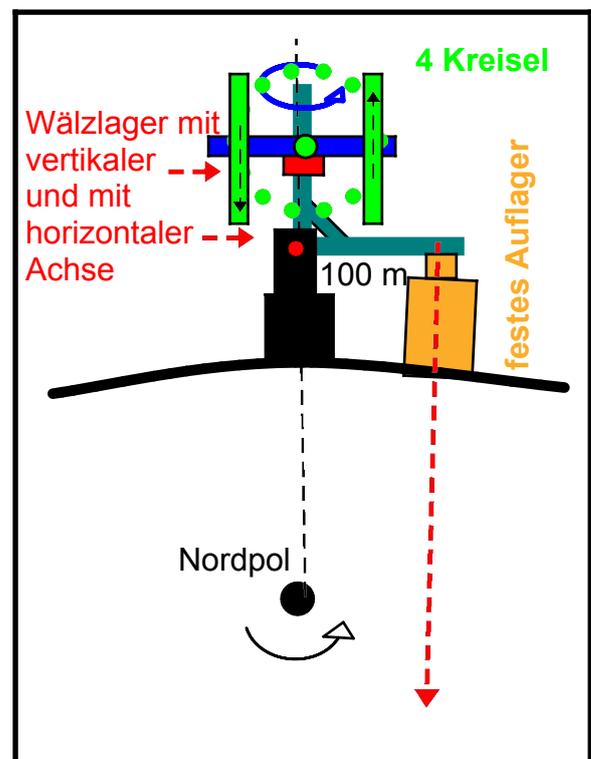


Abbildung 8:

$$\Delta L \approx \tan_{\Delta\alpha} * L_{\text{Kreisel}}$$

$$L_{\text{Erdrotation}} \approx \tan_{\Delta\alpha} * L_{\text{(Kreisel)}}$$

$$m_{\text{1Kreisel}} = 5t; r_{\text{1Kreisel}} = 10m; \omega_{\text{1Kreisel}} = 5s^{-1}$$

$$L_{\text{Erdrotation}} \approx \tan_{0,0042^\circ} * [4 * (2,5 * 10^6 \text{ kg} * m * s^{-1})]$$

$$L_{\text{Erdrotation}} \approx 730 \text{ kg} * m * s^{-1}$$

$$L_{\text{Erdrotation}} = \Delta M_{\text{Kreisel}}$$

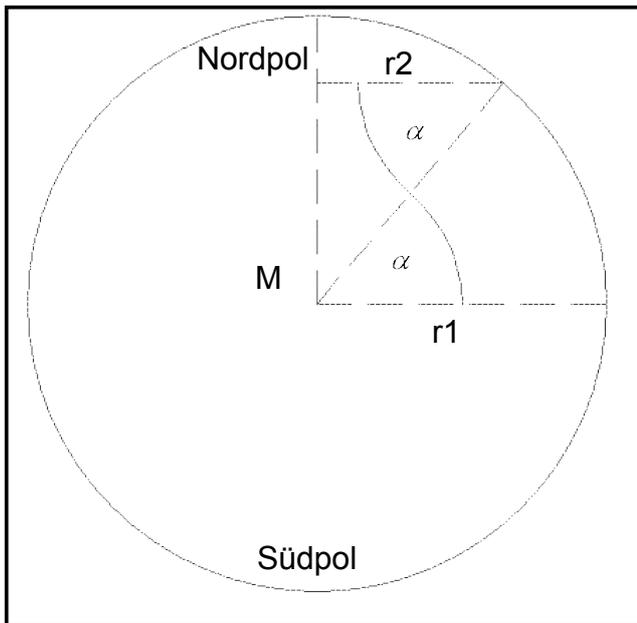
$$E_{\text{Erdrotation}} = M_{\text{Kreisel}} * \omega_{\text{Erdrotation}}$$

$$E_{\text{Erdrotation}} \approx 0,053 \text{ W}$$

2.2 Berechnungen zur Kippbewegung der Kreisel durch die Erdrotation

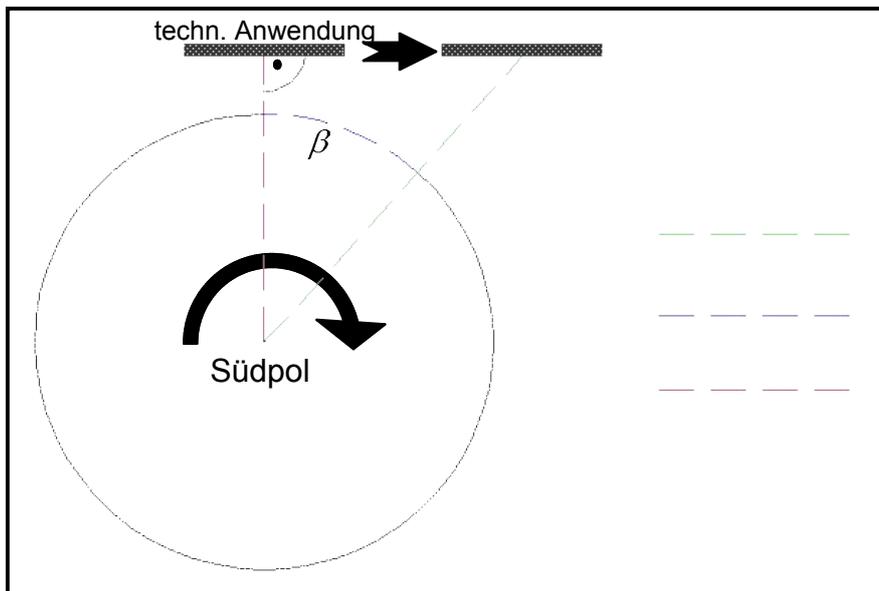
Anmerkung:

Bei den Berechnungen wird die Form der Erde vereinfacht als eine Kugelgestalt angenommen. Gerechnet wird ohne Berücksichtigung der Abplattung an den Polen und ohne den Erhebungen und Senkungen, wie sie bei der tatsächlichen Form des Geoids vorhanden sind. Die Höhe der Aufhängung der technischen Anwendung über dem Erdboden wird bei den Berechnungen ebenfalls vernachlässigt.



- r1 = Radius der Erde ca. 6.378.000 m
- r2 = Radius rechtwinklig zur Nord-Süd-Achse
- α = Winkel der nördlichen Breite (Wechselwinkel)

Abbildung 9:



$$r3 = r2 + \text{delta } h$$

Bogenlänge

r2

Abbildung 10:

$$r_2 \approx \cos(50^\circ) * 6.378.000m$$

$$r_2 \approx \underline{4.099.699m}$$

siehe Abbildung 9, vorherige Seite

$$T = 8,6164 * 10^4 s$$

Die Rotationsdauer der Erde beträgt für eine Erdumdrehung (Mittlerer Sterntag) ⁴

$$\omega = 2 * \pi * n \text{ ---}; n = \frac{1}{T}$$

Winkelgeschwindigkeit

$$\omega \approx 7,2921 * 10^{-5} s^{-1} \approx 0,0042^\circ/s$$

$$v = \omega * r_2$$

Umfangsgeschwindigkeit (Bahngeschwindigkeit) für r2

$$v \approx \underline{299 \frac{m}{s}}$$

Entsprechend der Umfangsgeschwindigkeit entspricht jede Sekunde einer Bogenlänge (b) von ca. 300 m.

$$\alpha_{Kippbewegung_{50^\circ n. Br.}} = \frac{v^2}{r_2} = \frac{(300m)^2}{4.099.700ms} \approx \underline{\underline{0,021 \frac{m}{s^2}}}$$

$$\alpha_{Kippbewegung_{\text{Äquator}}} = \frac{v^2}{r_2} = \frac{(464m)^2}{6.378.000ms} \approx \underline{\underline{0,034 \frac{m}{s^2}}}$$

Bei 50° nördlicher Breite wird die Kreiselachse während einer Sekunde um ca. 2 cm gekippt. In Äquatornähe kann somit theoretisch mehr Energie umgewandelt werden.

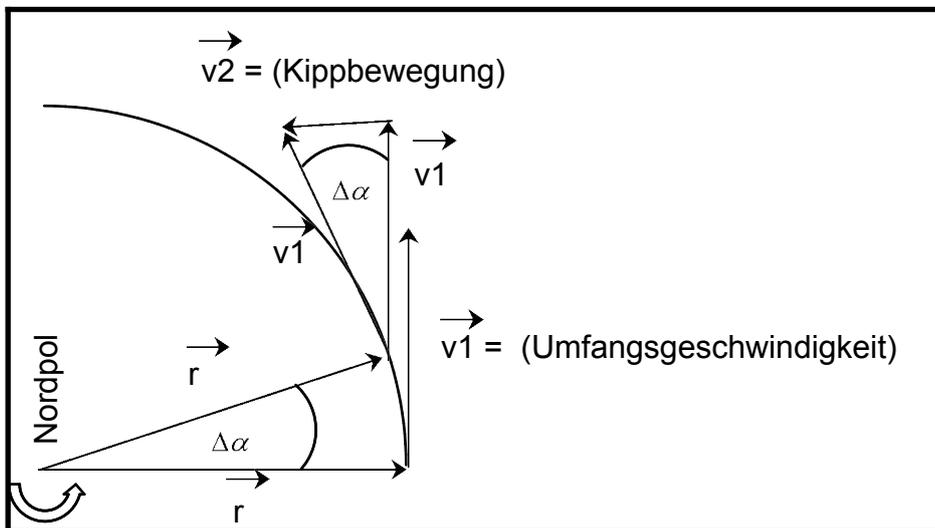


Abbildung 11: gleichförmige Kreisbewegung (Bahnbeschleunigung)⁵

Es tritt eine zum Erdmittelpunkt gerichtete Radialbeschleunigung (Bahnbeschleunigung) auf. Mit dem nahezu konstanten Betrag der Radialbeschleunigung und der Geschwindigkeit v2 (siehe Abbildung 11) wird auch die jeweilige Kreiselachse gekippt.

Je größer der Drehimpuls des Kreisels, je größer ist auch seine Achsstabilität und je mehr Kraft wird durch die Erdrotation aufgebracht, um dessen Achse zu kippen.

⁴ Physik Formelsammlung, 2. Auflage, Vieweg + Teubner, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009

⁵ Kinematik und Dynamik, Martin Burow (Studiendirektor), Dr. Herbert Bieber (Oberstudienrat a. D.), S. 6

In der Abbildung 8 auf Seite 5 gibt es ein Kreuz mit insgesamt vier Kreiseln. Diese besitzen je **zwei** Freiheitsgrade der Translation (x- und y- Achse) und einen Freiheitsgrad der Rotation. Die rotierende Kreiselachse wird dabei gedanklich entlang einer nach oben geöffneten kugelförmigen Halbschale gekippt (R = Länge der kippenden Kreiselachse). Die Kreiselachsen verringern ihre Rotationsgeschwindigkeit nur aufgrund der wirkenden Rollreibungskräfte in den Wälzlagern. Je größer der Drehimpuls der Kreisel ist, umso größer ist deren Kreiselträgheit und umso stärker wirken diese mit ihrem Drehmoment der Erdrotation entgegen (roter Pfeil und oranges Auflager).

Die Eigengeschwindigkeit der Erde auf ihrem Weg um die Sonne hat dabei keinen Einfluss auf die Geschwindigkeiten der technischen Anwendung (**siehe Anhang**).

Es gilt zu beachten:

Sind die Kreiselachsen senkrecht zur Schwerkraftrichtung (parallel zur Erdoberfläche) angeordnet, finden bei erreichter Nord-Süd - Ausrichtung nur noch parallele Verschiebungen und keine Kippbewegungen, keine Drehmomente und somit auch keine Drehimpulse mehr statt.⁶

Der verrichtete mechanische Arbeit durch die Erdrotation lässt sich durch das Wegintegral der resultierenden Präzessionkraft berechnen. Die Präzessionkraft wirkt nur bei einer Ausrichtung der Kreiselachse in Ost- West mit vollem Betrage und reduziert sich auf null bei erreichter Nord-Süd- Ausrichtung. Bei einer vollständigen Drehung um alle Himmelsrichtungen kann somit nur der **halbe** Energiebetrag umgewandelt werden.

Im Beispiel auf Seite 5 wird die Rotationsenergie der Erde mit einer Leistung von ca. 2,5 Watt umgewandelt, bei einem Hebelarm von 100 Metern!

⁶ Metzler Physik, 3. Auflage, Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1998, S. 76

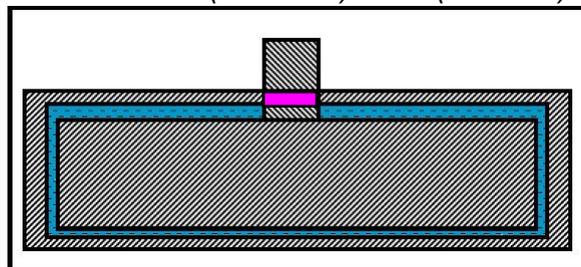
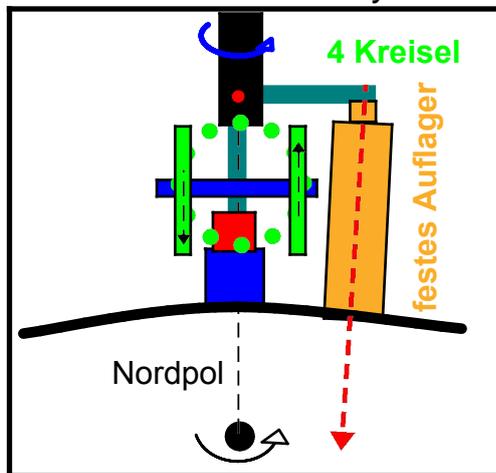
3. hydrostatische Lagerung

Im konventionellen Sinne wäre für das Hauptauflager (siehe Abb. 8 S.5, rote Farbe) bei sehr massereichen Anlagen ein hydrostatisches Gleitlager notwendig. Dies bringt jedoch hohe Anschaffungs- und fortlaufende Betriebskosten mit sich. **Alternativ** wird die zentrale Lagerung, welche das gesamte Gewicht aller Kreisel, der Halterung etc. aufnimmt, mit einem sehr einfach dimensionierten Wälzlager ausgestattet. Die dann ebenfalls noch notwendige hydrostatische Lagerung wird wie folgt sehr kostengünstig realisiert (Abb.:12+13).

Der **chronologischen Reihenfolge** entsprechend findet das Pascal'sche Paradoxon im Archimedischen Gesetz zur Bestimmung der Auftriebskraft **keine** Berücksichtigung. Das hydrostatische Paradoxon sagt aus, dass der hydrostatische Schweredruck nur von der Höhe der Wassersäule, nicht aber vom verdrängten Flüssigkeitsvolumen abhängig ist. Wenn der eingetauchte Körper vollständig von Flüssigkeit umgeben ist, erhält er bereits seine maximale Auftriebskraft, auch wenn das verdrängte Flüssigkeitsvolumen dabei nur einen Bruchteil des Körpervolumens entspricht. Denn die Auftriebskraft resultiert aus dem Druckunterschied ober- und unterhalb des eingetauchten Körpers. Der Abstand zwischen Behälter- und Schwimmkörperwand kann dabei im Zentimeter- und Dezimeterbereich liegen, sollte aber nicht bis in den Millimeterbereich hinein reduziert werden, da ansonsten zusätzlich noch Molekularkräfte zu wirken beginnen. Diese Art der hydrostatische Lagerung ist sehr kompakt, den die benötigte Flüssigkeitsmenge (**Maschinenöl oder Wasser**) beträgt dabei nur einen Bruchteil vom Schwimmkörpervolumen. Theoretisch kann dieser Art der Lagerung, eine entsprechende Dimensionierung vorausgesetzt, z. B. **die wirkende Gewichtskraft von über 100 Tonnen** kompensieren. Die Auftriebskraft der hydrostatische Lagerung wirkt mit dem gleichem Betrage, jedoch entgegengesetzt gerichtet zur Gewichtskraft. Die Flüssigkeitseinsparung beträgt dabei über 66 %. Die Rotation des Schwimmkörpers verursacht eine stationäre Parallelströmung. Vorzugsweise wird den Maschinen so viel Energie entzogen, dass die Periodendauer des Schwimmkörpers sehr groß ist, woraus eine sehr geringe Flüssigkeitsreibung resultiert. Diese wird entsprechend dem Newton'schen Reibungsgesetz berechnet. „Die Reibungskraft ist dabei dem Geschwindigkeitsgefälle und der Fläche A, mit der die Zylinderwand die Flüssigkeit berührt, proportional.“⁷

Interessant: Ist die Gewichtskraft eines gesamten Systems bestehend aus Gefäß, Schwimmkörper, Hebeln und Flüssigkeit kleiner als die Auftriebskraft, könnte sich das gesamte System von allein in die Höhe heben. Wie auch beim aufwärtsrollenden **Doppelkegel** würde dabei aber der Schwerpunkt des gesamten Systems an Höhe verlieren.

$$F_R = \eta * A * \frac{dv}{dh} \quad \begin{array}{l} \eta = 1,005 \text{ (mPa * s) bei } 20^\circ \text{ C} \\ \eta = \text{dynamische Viskosität in (1Ns / m}^2\text{) bzw. (1 Pa * s)} \end{array}$$



Abbildungen 12 und 13:
weitere Anwendungsbereiche für die beschriebene hydrostatische Lagerung („*Extension of the Archimedes Principle*“; R. Stach“)

⁷ Physik für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften, 15. Auflage
Prof. Dr. sc. nat Dr.- Ing. Heribert Stroppe, Carl Hanser Verlag München, 2012, S. 128

	Volumen Schwimmkörper (m³)	Schwimmkörperhöhe (m)	Fläche Schwimmkörper (m²) horizontal	Radius Schwimmkörper (m)	Fläche Schwimmkörper (m²) vertikal	Radius Behälter (m)	Winkelgeschwindigkeit; Kreuz (rad/s)	Umfangsgeschwindigkeit (m/s)	Abstand Schwimmkörper.- Behält. wand:horiz. u. vertikal (m)	Reibungskraft Fr H2O vertikal (N)	Reibungskraft Fr H2O horizontal (N)	Reibungskraft gesamt (N)	Volumen Behälter (m³)	Volumen H2O (m³)	Einsparung an H2O in %; f(x)
3	0,1	30,00	3,09	11,71	3,19	0,07	0,220	0,1	25,746	8,112	33,858	6,395	3,395	-13,15	
3	0,2	15,00	2,19	9,74	2,29	0,07	0,156	0,1	15,233	2,868	18,101	4,921	1,921	35,96	
3	0,3	10,00	1,78	9,16	1,88	0,07	0,128	0,1	11,756	1,561	13,317	4,461	1,461	51,30	
3	0,4	7,50	1,55	8,99	1,65	0,07	0,112	0,1	10,036	1,014	11,050	4,251	1,251	58,30	
3	0,5	6,00	1,38	9,00	1,48	0,07	0,100	0,1	9,019	0,726	9,744	4,140	1,140	62,01	
3	0,6	5,00	1,26	9,10	1,36	0,07	0,092	0,1	8,351	0,552	8,903	4,077	1,077	64,10	
3	0,7	4,29	1,17	9,25	1,27	0,07	0,085	0,1	7,883	0,438	8,321	4,041	1,041	65,31	
3	0,8	3,75	1,09	9,43	1,19	0,07	0,080	0,1	7,539	0,358	7,898	4,021	1,021	65,96	
3	0,9	3,33	1,03	9,63	1,13	0,07	0,076	0,1	7,278	0,300	7,578	4,012	1,012	66,27	
3	1	3,00	0,98	9,84	1,08	0,07	0,072	0,1	7,074	0,257	7,331	4,010	1,010	66,33	
3	1,1	2,73	0,93	10,06	1,03	0,07	0,069	0,1	6,912	0,222	7,134	4,013	1,013	66,24	
3	1,2	2,50	0,89	10,28	0,99	0,07	0,066	0,1	6,781	0,195	6,976	4,019	1,019	66,02	
3	1,3	2,31	0,86	10,51	0,96	0,07	0,063	0,1	6,673	0,173	6,846	4,029	1,029	65,71	
3	1,4	2,14	0,83	10,74	0,93	0,07	0,061	0,1	6,584	0,155	6,739	4,040	1,040	65,34	
3	1,5	2,00	0,80	10,97	0,90	0,07	0,059	0,1	6,510	0,140	6,650	4,052	1,052	64,92	
3	1,6	1,88	0,77	11,20	0,87	0,07	0,058	0,1	6,448	0,127	6,575	4,066	1,066	64,46	
3	1,7	1,76	0,75	11,43	0,85	0,07	0,056	0,1	6,396	0,116	6,511	4,081	1,081	63,98	
3	1,8	1,67	0,73	11,66	0,83	0,07	0,054	0,1	6,351	0,106	6,458	4,096	1,096	63,47	
3	1,9	1,58	0,71	11,88	0,81	0,07	0,053	0,1	6,314	0,098	6,412	4,112	1,112	62,95	
3	2	1,50	0,69	12,11	0,79	0,07	0,052	0,1	6,282	0,091	6,372	4,128	1,128	62,41	
3	2,1	1,43	0,67	12,34	0,77	0,07	0,051	0,1	6,255	0,084	6,339	4,144	1,144	61,86	
3	2,2	1,36	0,66	12,56	0,76	0,07	0,050	0,1	6,232	0,079	6,310	4,161	1,161	61,31	
3	2,3	1,30	0,64	12,78	0,74	0,07	0,049	0,1	6,212	0,074	6,286	4,177	1,177	60,75	
3	2,4	1,25	0,63	13,00	0,73	0,07	0,048	0,1	6,196	0,069	6,265	4,194	1,194	60,19	
3	2,5	1,20	0,62	13,22	0,72	0,07	0,047	0,1	6,182	0,065	6,247	4,211	1,211	59,62	
3	2,6	1,15	0,61	13,44	0,71	0,07	0,046	0,1	6,171	0,061	6,232	4,228	1,228	59,06	
3	2,7	1,11	0,59	13,65	0,69	0,07	0,045	0,1	6,162	0,058	6,220	4,245	1,245	58,49	
3	2,8	1,07	0,58	13,87	0,68	0,07	0,044	0,1	6,155	0,055	6,209	4,262	1,262	57,92	
3	2,9	1,03	0,57	14,08	0,67	0,07	0,044	0,1	6,149	0,052	6,201	4,279	1,279	57,36	
3	3	1,00	0,56	14,29	0,66	0,07	0,043	0,1	6,145	0,049	6,194	4,296	1,296	56,79	

Berechnungsbeispiel: hydrostatische Lagerung

In der obigen Tabelle sind die lohnenswerten Bereiche grün hinterlegt. Die Werte für die Wassereinsparung (Spalte ganz rechts) werden durch den folgenden Funktionsterm repräsentiert (x- Werte = Schwimmkörperhöhe).

$$f(x) = 100 - \left(\frac{100}{3} * \left(\left(\sqrt{\frac{3}{\pi * x}} + 0,1 \right)^2 * \pi * (x + 0,1) - 3 \right) \right)$$

Wird hieraus die 1. Ableitung gebildet, entspricht die Nullstelle einer oberen Wendestelle. Die Tangente am Funktionsgraphen verläuft an dieser Stelle horizontal, mit einem Anstieg von null. ⁸

⁸ Mathematik Leistungskurs; paetec Gesellschaft für Bildung und Technik mbH, Berlin, 2004, S. 103

4. Abschluss:

Die Gravitationskräfte zwischen Erde, Mond und Sonne lassen in gegenseitiger Wechselwirkung die Gezeitenkräfte entstehen. Gewaltige Wassermassen entfernen sich dabei vertikal von der Erdoberfläche und werden anschließend wieder vom Erdschwerefeld herangezogen. „Die Gezeitenwelle hat auf offener See einen Höhenunterschied von etwas mehr als 1 Meter.“⁹ Auf Grundlage des Drehimpulserhaltungssatzes verkleinert sich die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation, wenn sich das Trägheitsmoment der Erde vergrößert (z.B. durch die Vergrößerung des Abstandes der Wassermassen von ihrer Rotationsachse). Die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation erhöht und verlangsamt sich fortlaufend durch das Entstehen und Verschwinden der Wasserberge. Nach dem Drehimpulserhaltungssatz würde dabei die Energie der Erdrotation fortlaufend erhalten bleiben. Lediglich die dabei auftretenden Reibungskräfte entziehen somit der Erdrotation Energie und sorgen für eine fortlaufend kleiner werdende Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation. „Die Ozeanoberflächen und der feste Erdboden heben und senken sich täglich im Mittel um ca. 30 Zentimeter.“¹⁰ „Die Tageslänge nimmt aufgrund der „Gezeitenreibung“ jährlich allerdings um nur rund 18 μ s pro Jahr zu.“¹¹ Die Dauer einer Erdrotation erhöht sich somit in 100.000 Jahren um nur ungefähr 1,8 Sekunden.

Die Rotationsenergie der Erde beträgt ca.:¹² $E_{Rotation} \approx 2,14 * 10^{29} J$

„Der weltweit jährliche Energieverbrauch betrug Ende 2015 ca. **550 EJ**“¹³ und Ende 2016 „ca. **600 EJ**“¹⁴. Die Rotationsenergie der Erde entspricht somit noch dem circa **350**-millionenfachen des weltweit jährlichen Energiebedarfs.

⁹ Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Volker Quaschnig, Carl Hanser Verlag München, 2008, S. 224

¹⁰ Kosmos Himmelsjahr 2014, Glossar, Gezeiten

¹¹ Wikipedia, Erdrotation, Aufruf am 20.11.2016

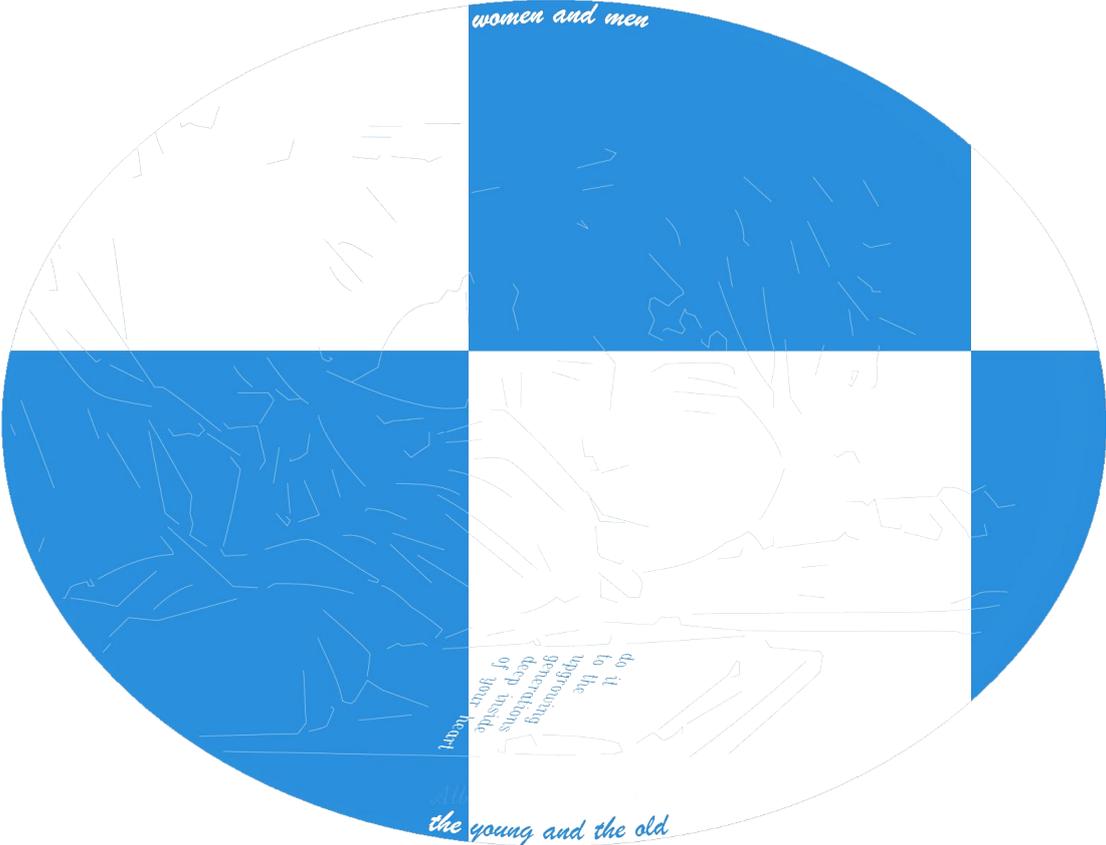
¹² ESRI Portal, 2016

¹³ Energiestudie 2016, Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen, BGR, S. 37

¹⁴ Energiestudie 2017, Daten und Entwicklungen der deutschen und globalen Energieversorgung, BGR, S. 42

Angesichts klimatischer Herausforderungen (anthropogene Klimawandel) und wachsenden politischen Spannungen aufgrund von schwindenden fossilen Brennstoffen möchte ich festhalten:

mit Vernunft und mit Verstand
für den Frieden schaffen
Hand in Hand



Anhang

Michelson- Experiment, Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Wahl der Bezugssysteme, Lichtquanten

Der Drehsinn der Erdrotation und die Bewegung der Erde auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne in Hinblick auf das Michelson- Experiment (Wahl der Bezugssysteme) und das 2. Postulat - Konstanz der Lichtgeschwindigkeit:

Für einen Fußgänger ist es ohne großen Kraftaufwand möglich, sich entgegen der Drehrichtung unserer Galaxis zu bewegen. Diese bewegt sich immerhin mit *ca. 250 km/s (ca. 900.000 km/h)* ⁹. Die Geschwindigkeiten überlagern sich hierbei ungestört. Auf ein mit nahezu konstanter Geschwindigkeit geradeaus schnell fahrendes Fahrzeug wirkt ebenfalls fast keine Beschleunigungskraft- es findet kaum eine Richtungs- / Geschwindigkeitsänderung statt. In Analogie zum Michelson- Experiment werden im fahrenden Fahrzeug (Fahrzeug = Erde) Wurfexperimente mit einem Ball durchgeführt. Ein Wurf erfolgt dabei vom Ende des Fahrzeuges in Richtung des Fahrers und ein Wurf erfolgt quer zur Fahrtrichtung. Der Wurf des Balles erfolgt bei beiden Vorgängen mit gleicher Anfangskraft und mit gleichem Neigungswinkel aus einer entsprechenden Abwurfvorrichtung heraus. Die im Fahrzeug gemessenen Wurfgeschwindigkeiten / die Wurfweiten des Balles bleiben bei beiden Vorgängen unverändert. Die Addition / Subtraktion der Geschwindigkeiten von Fahrzeug und Ball lassen sich nur außerhalb des Fahrzeuges von einem festen Bezugspunkt aus messen, weil ansonsten die Geschwindigkeit des Fahrzeuges immer unberücksichtigt bleibt. Im Michelson- Experiment bleiben auch die Geschwindigkeit der Erdrotation, sowie die Geschwindigkeit der Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne unberücksichtigt, wenn die Lichtgeschwindigkeit dabei immer nur auf der Erde und nicht von einem festen Bezugspunkt aus gemessen wird.

„Da die beiden Teilbündel im Fernrohr interferieren, sollte sich die Interferenzerscheinung ändern und je nach der ursprünglichen Phasenlage eine Aufhellung oder Verdunkelung beobachtet werden. Es war aber keine Veränderung zu erkennen...Das Experiment wurde zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten der Erde wiederholt; stets war das Ergebnis negativ“ ^a

*„**Michelson** selbst bezeichnete den Versuch enttäuscht als Fehlschlag und meinte, dass **in der Theorie** selbst noch **ein Problem** stecke, das noch **nicht genügend** geklärt sei.“* ^a

Das Galilei' sche Relativitätsgesetz:

*„Es gibt unendlich viele gleichberechtigte Inertialsysteme. Mit **keinem** Experiment der Mechanik lässt sich feststellen, ob ein Inertialsystem in Ruhe oder in Bewegung ist.“* ⁱ

Es wird deutlich, dass das Michelson- Experiment **nicht** beweisen kann, dass die Lichtgeschwindigkeit tatsächlich immer **konstant** ist und auch noch bei zusätzlichen Beschleunigungskräften **konstant** bleibt.

^a Metzler Physik, 3. Auflage, Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1998, S. 344

⁹ Kosmos Himmelsjahr 2014

ⁱ Metzler Physik, 3. Auflage, Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1998, S. 39

Dies gilt es zu **überprüfen**, denn Albert Einstein bezog sich beim Aufstellen der Relativitätstheorie auf das Michelson- Experiment (2. Postulat - Konstanz der Lichtgeschwindigkeit).^d

*„Emittiertes Licht ist eine elektromagnetische Strahlung im sichtbaren elektromagnetischen Spektrum mit zeitlich und räumlich periodischen Änderungen der elektrischen und magnetischen Feldstärke. “Es wird elektromagnetische Feldenergie in Form von Photonen (Lichtquanten) transportiert, aber keine Materie.“^b In Teilchenbeschleunigern können Elementarteilchen aufgrund ihrer Masse nicht auf und über die Lichtgeschwindigkeit hinaus beschleunigt werden. Im Gegensatz dazu besitzen Photonen (Lichtquanten) jedoch **keine Ruhemasse**, sie bestehen **nicht** aus Masseteilchen, sondern **nur aus Energie**. „Entsprechend dem Compton- Effekt können dabei Photonen z.B. bei Stoßvorgängen ihre kinetische Energie an Elektronen abgeben.“^c*

Eine neue Experimentieranordnung könnte wie folgt stattfinden:

Zu Beginn befinden sich beide Lichtquellen parallel nebeneinander angeordnet und zeigen in die gleiche Richtung. Anschließend werden diese gleichzeitig jedoch in entgegengesetzte Richtungen beschleunigt. Durch das Interferometer wird beobachtet, ob sich die Interferenzerscheinungen ändern.

Interessant:

„By measuring the brightness of the supernova as seen from Earth, astronomers could then determine the distance to the supernova. From the redshift of the light from the galaxy containing the supernova, astronomers could also determine how fast the galaxy is receding from us. Combining all this information, they could then calculate the expansion rate of the universe. The conclusion is that the expansion is indeed accelerating as predicted by the theory of dark energy (Fig. 44-6). However, we still scarcely have a clue as to what this dark energy is.“^f

1. Theorie

„One explanation for dark energy is that it is a property of space. Albert Einstein was the first person to realize that empty space is not nothing. Space has amazing properties, many of which are just beginning to be understood. The first property that Einstein discovered is that it is possible for more space to come into existence. Then one version of Einstein’s gravity theory, the version that contains a cosmological constant, makes a second prediction: “empty space“ can possess its own energy. Because this energy is a property of space itself, it would not be diluted as space expands. As more space comes into existence, more of this energy-of-space would appear. As a result, this form of energy cause the universe to expand faster and faster. Unfortunately, no one understands why the cosmological constant should even be there, much less why it would have exactly the right value to cause the observed acceleration of the universe.“^h

^d Metzler Physik, 3. Auflage, Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1998, S. 345

^b Physik für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften, 15. Auflage
Prof. Dr. sc. nat Dr.- Ing. Heribert Stroppe, Carl Hanser Verlag München, 2012, S. 347

^c Duden, Physik, Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2001, S. 93, 95,

^e Metzler Physik, 3. Auflage, Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1998, S. 358

^f Fundamentals of physics, Halliday & Resnick, Jearl Walker, 9.th Edition, S. 1243

^h <https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-is-dark-energy> (Internetaufruf am 03.10.2018)

2.

„Another explanation for how space acquires energy comes from the quantum theory of matter. In this theory, „empty space“ is actually full of temporary („virtual“) particles that continually form and then disappear. But when physicists tried to calculate how much energy this would give empty space, the answer came out wrong- wrong by a lot. The number came out 10^{120} times too big...

3.

Another explanation for dark energy is that it is a new kind of dynamical energy fluid or field, something that fills all of space but something whose effect on the expansion of the universe is the opposite of that of matter and normal energy. Some theorists have named this „quintessence“, after the fifth element of Greek philosophers. But if quintessence is the answer, we still don't know what it is like, what it interacts with, or why it exists...

4.

A last possibility is that Einstein's theory of gravity is not correct. That would not only affect the expansion of the universe, but it would also affect the way that normal matter in galaxies and clusters of galaxies behaved. This fact would provide a way to decide if the solution to the dark energy problem is a new gravity theory or not: we could observe how galaxies come together in clusters. ...“^h

„Entfernen sich Lichtquelle und Empfänger relativ voneinander, so ist die empfangene Wellenlänge gegenüber der ausgesandten Wellenlänge rotverschoben (optische Doppler- Effekt). Aus der Rotverschiebung lässt sich eine Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien berechnen. Hubble machte die überraschende Feststellung, dass die relative Fluchtgeschwindigkeit umso größer ist, je weiter die Galaxien voneinander entfernt sind. Man erklärt dies heute mit der Expansion des Universums. Aus der Rotverschiebung sehr weit entfernter Galaxien ergeben sich Fluchtgeschwindigkeiten, die immer mehr an die Lichtgeschwindigkeit heranreichen.“^e

„Astronomers theorize that the faster expansion rate is due to a mysterious dark force that is pulling galaxies apart.“^h

Steigt die Fluchtgeschwindigkeit der elektromagnetischen Strahlung darüber hinaus weiter an, verringert sich vielleicht auch die Frequenz entsprechend der Rotverschiebung fortlaufend, bis diese nicht mehr messbar wird (Dunkle Energie).

^h <https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/what-is-dark-energy> (Internetaufruf am 03.10.2018)

Selbstständigkeitserklärung:

Hiermit erkläre ich, Robert Stach, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Technische Anwendungen zur Umwandlung der Rotationsenergie der Erde in elektrische Energie in Theorie und Praxis“, 15., Auflage, selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel und Quellen angefertigt habe.

Magdeburg, 14.07.2019
Deutschland