

Liebe Leserin, lieber Leser,

die mathematisch-naturwissenschaftlich gebildete Welt beging kürzlich den 300sten Geburtstag von Leonhard Euler. Der zu Basel Geborene wirkte von 1741 bis 1766, ein Vierteljahrhundert lang, an der Akademie zu Berlin und gilt als der bedeutendste Mathematiker vor Gauss. Euler war ein Gigant, und sehr fleißig soll er auch gewesen sein. Ihm verdanken wir u. a. viele heute gebräuchliche Symbole und Bezeichnungen: π für 3.1415926..., e für 2.7182818..., i für $\sqrt{-1}$, $f(x)$, ... (Das e -Symbol soll ursprünglich nicht für Euler gestanden haben.) Geholt wurde er von Friedrich II., der sein Berlin gerne zu einem „Spreethen“ aufgewertet gesehen hätte. Aber Euler ließ den französischen *esprit* vermissen, den der König höher schätzte als alle mathematische Genialität. Euler ging schließlich, frustriert, nach St. Petersburg zurück, in Ungnade entlassen. Hinzu kam der königliche Spott: Euler hatte sich interessehalber mit dem Projekt der königlichen Wasserspiele im Park von Sanssouci befasst, als Mathematiker und Physiker, und getreu dem Leibniz'schen Wahlspruch für die Akademie: „*theoria cum praxi*“. Seine Warnungen hatte der große König in den Wind geschlagen. Und der Dank dafür? Der König verspottete noch 1778 in einem Brief an Voltaire den halberblindeten Euler als Zyklopen (*ein*äugige Riesen der gr. Sagenwelt) und erhob die Mathematik zur eitelsten der Wissenschaften. Es war schlicht königlich-preußischer Geiz, der das Projekt immer wieder scheitern ließ, nicht Euler! Der König hatte „Experten“ vertraut, anstatt sich Fachleute zu leisten. Er hatte hölzerne (!) Rohre verlegen lassen, von eisernen Bändern zusammengehalten, anstatt gusseiserne Rohre wie beispielsweise im Park von Versailles.

Es sei hier angemerkt, dass selbst heute die Mathematik nicht in der Lage ist, die komplizierten Strömungsverhältnisse in einem Rohrsystem in Gänze zu berechnen, wird die *Reibung* berücksichtigt. Die Gleichung ist seit 150 Jahren bekannt, nicht aber ihre Lösung! Ein erfahrener Ingenieur ist halt nicht durch einen begnadeten Mathematiker ersetzbar, auch in Zukunft nicht. (Röhren haben es in sich. Denken Sie an einen Baum. Wie können die Säfte höher als 10 m steigen, wo doch eine Saugpumpe höchstens einen Höhenunterschied von 10 m bewältigt?)

Euler war nicht nur Mathematiker und Physiker. Die Astronomie verdankt ihm Beiträge, beispielsweise zur Störungsrechnung. Dann hat er bereits 1747 auf die Möglichkeit achromatischer Linsen hingewiesen. Ein Jahrzehnt später erhielt der Engländer John Dollond ein Patent auf die Herstellung farbfehlerfreier Objektive.

Wenn ich den Namen Euler höre, fällt mir dazu die Kreiselbewegung ein. Und um den Erdkreisel soll es diesmal gehen. Zwar war schon des öfteren vom Kreisel Erde die Rede, aber immer nur von dem Kreisel, den Mond, Sonne und Planeten mittels ihres kombinierten Kippmoments aufrichten wollen, was aber so ein Kreisel partout nicht tut und was zu der bekannten Präzession führt, der Wanderung des Himmelspols mit einer Periode von etwa 25 800 Jahren. Die Wintersternbilder von heute sind in 13 Tausend Jahren die Sommersternbilder. Erst in 25 800 Jahren ist der Polarstern wieder Polarstern.

Für „menschliche“ Zeiträume, die klein sind, verglichen mit dem sog. Platonischen Weltjahr von 25 800 Jahren, darf der Erdkreisel als *kräftefrei* angesehen werden. Dieser Fall ist uninteressant, solange Rotationsachse und Figurenachse zusammenfallen. Doch was, tun sie das nicht? Nun, dann kommen die Wahlberliner Euler und Küstner ins Spiel.

Kommen Sie gut in den Mai! Das wünscht Ihnen

Ihr Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Mai

Falls Sie jemand fragt, was denn da Abend für Abend am Abendhimmel los ist, können Sie ruhig auf Venus tippen. Sie wird immer heller und geht um die Monatsmitte kurz vor Mitternacht erst unter. Sie posiert derzeit schon als „Halbweltdame“, was schon mit einem kleinen Fernrohr zu sehen ist. Am 9. Juni erreicht sie ihren größten Winkelabstand zur Sonne und ist dann als Halbvenus zu sehen.

Sie haben noch nie den Merkur gesehen, den Götterboten und Venusbruder? Nutzen Sie die Gelegenheit Ende Mai. Wie Venus geht auch er auf Distanz zur Sonne, d.h. bis zu zwei Stunden nach ihr erst unter.

Und die anderen? Jupiter wird immer besser. Seine Opposition feiern wir am 6. Juni. Schauen Sie sich ihn im Fernrohr an. Zum „Großen Roten Fleck“, der seit Jahrhunderten zum Jupiter-Outfit gehört, hat sich ein „Kleiner Roter Fleck“

hinzugesellt. Was heißt hier „klein“? Beim Jupiter meint „klein“ erdgroß! Alles ist relativ.

Saturn hingegen hat seine Oppositionsschleife bereits beendet und verschwindet Ende Mai kurz nach Mitternacht.

Worum dreht sich die Erde?

Wer sich an den Physikunterricht erinnert, und wir tun das ja alle gerne, der weiß vielleicht noch, dass Impuls das Produkt von Masse und Geschwindigkeit ist und Drehimpuls das aus Massenträgheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit. So ein „Massenträgheitsmoment“ ist mathematisch eine viel reichhaltigere Angelegenheit als die Masse, keine simple Zahl, vielmehr eine Ansammlung von Zahlen. Das hat Konsequenzen (nicht nur für die Multiplikation). Eine ist, dass Drehrichtung (Rotationsachse) und Drehimpulsrichtung nicht zusammenfallen müssen. Für den Drehimpuls gilt, falls kein Drehmoment wirkt, ein Erhaltungssatz, für die Rotationsachse nicht! Kurz, beim kräftefreien Kreisel kann die Rotationsachse bezüglich des festen Körpers wandern. Euler, der sich in der Theorie des starren Kreisels auskennt – er hat sie schließlich geschaffen –, hat diesen Effekt für die Erde beziffert. Die Erde ist ja keine Kugel, sondern in erster Näherung ein Rotationsellipsoid. Sie hat mithin zumindest eine ausgezeichnete Figurenachse! Rotations- und Figurenachse sollten danach binnen 305 Tagen die raumfeste Drehimpulsachse umrunden. Wie groß der Winkelabstand zwischen den Achsen ist, kann nicht ausgerechnet werden. Den kann man nur messen. Alle Achsen liegen in einer Ebene, die sich um die Drehimpulsachse dreht, wobei letztere im Falle des Erdkreisels zwischen Rotations- und Figurenachse liegt. Weicht die Rotationsachse in einer Richtung von der Drehimpulsachse ab, so tut dies die Figurenachse in Gegenrichtung. Wenn von Polbewegung die Rede ist, so ist dies bezüglich des Erdkörpers gemeint. In Wirklichkeit, bezogen auf die Sterne, ist die Rotationsachse *ziemlich* raumfest. (Die Rotationsachse fällt *fast* mit der Drehimpulsachse zusammen. Der Abstand beläuft sich an der Erdoberfläche auf wenige Zentimeter.) Was merklich taumelt, um viele Meter, ist der Erdkörper!

Wie jeder Amateurastronom weiß, bestimmt die Polhöhe die geographische Breite. Selbst wenn man an der gleichen Stelle bleibt, sollte, so Euler, die geographische Breite (und Länge) zyklisch schwanken!

1885 kam die Bestätigung. Sie kam aus Berlin. Ein Herr Küstner, Obser-

vator an der Berliner Sternwarte, hatte die Polhöhenchwankung gemessen. Sie macht weniger als eine Bogensekunde aus. (Bereits um 1820 hatte der Königsberger Astronom Bessel danach gesucht gehabt, allerdings erfolglos.) Es ist komplizierter als sich das der Herr Euler dachte: Der *kinematische* Nordpol (momentane Rotationsachse) durchläuft keine reine Kreisbahn um den *geometrischen* Nordpol (Durchstoßpunkt der Figurenaxe), vielmehr eine Art Spiralbahn. Ein anderer Astronom, ein Mr. Chandler aus den USA bestätigte 1891 den Effekt. Auch die Periode stimmte nicht mit Eulers Vorhersage überein. Die sog. Chandlersche Periode liegt bei 434 Tage. Schuld an der Diskrepanz: Die Erde ist kein starrer Kreisel, vielmehr ein elastischer. Hinzu kommt, dass sich im jahreszeitlichen Rhythmus Luftmassen bewegen, dass es im Inneren der Erde rumpelt, ...

Die endgültige Bestätigung kam übrigens aus Honolulu, von der anderen Seite der Erde. Näherte sich Berlin der momentanen Rotationsachse, so entfernte sich Honolulu von dieser. Genau, wie zu erwarten. Die Polhöhenchwankung ist kein lokaler Berliner Effekt, wie von Skeptikern zunächst vermutet.

Durchaus rätselhaft bleibt, warum Rotations- und Figurenaxe nicht schon längst zur Drehimpulsachse zusammengefallen sind. So ein Taumeln sollte nämlich im Laufe der Zeiten von selbst verschwinden, weggedämpft werden. Irgendetwas in oder auf der Erde ist daran nicht interessiert und regeneriert diese Taumelbewegung. Genaueres weiß man immer noch nicht. (Anfang 2006 kam sie übrigens fast zum Erliegen, aber nur für wenige Wochen. Dann begann die Taumelei von neuem.)

Groß kann die Polbewegung natürlich nicht sei, sonst müsste man ein paralaktisch aufgestelltes Fernrohr aller paar Tage neu justieren. Ein Bild (Quelle: Wikipedia) ist mehr als Tausend Worte. Es zeigt die Bewegung der Rotationsachse relativ zum Erdkörper. Komplizierte Verhältnisse, wie man sieht. Die Figurenaxe der Erde kann sich demnach bis zu 20 m von der Rotationsachse entfernen. Im Zeitalter von GPS, wo im Prinzip cm-genau gemessen werden kann, ist das ein grober Effekt. So etwas muss überwacht werden. Schon 1899 wurde deshalb der „Internationale Erdrotationsdienst“ ins Leben gerufen und ein Netz von fünf Überwachungsstationen rund um den Globus errichtet. Damals nannte sich das ganze allerdings noch „Internationaler Breitendienst“. Ein Gründungsvater ist der rührige Direktor der Berliner Sternwarte Wilhelm Foerster gewesen, ein Wissenschaftsorganisator ersten Ranges und ein Mann von Welt. Heute hat der Dienst sein Büro in Frankfurt am Main und nennt sich „International Earth Rotation and Reference Systems Service“ (IERS).

Dazu gibt's diverse Außenstellen.

Nur der Vollständigkeit halber: Der mehr oder weniger zyklischen Bewegung der Rotationsachse ist eine säkulare überlagert, ein Trend. Die Nordamerikaner haben sich danach seit den Tagen Chandlers dem (über die Chandlersche Periode gemittelten) nördlichen Durchstoßpunkt der Rotationsachse durch die Erdoberfläche um ca. 10 m genähert. Hält die Polwanderung an, wären das in einer Millionen Jahre bereits 100 km.

Da wir schon einmal bei der Zukunft sind. Was passiert, verfestigt sich die Erde im Laufe der Zeit? Die Periode sollte sich entsprechend von 430 Tagen auf den Eulerschen Wert von 305 Tagen verkürzen. (Wir nehmen hier an, dass die Chandlersche Periode *nur* eine Folge der Elastizität des Erdkörpers ist.) Dazwischen aber liegt das Jahr mit seinen meteorologisch bedingten jahreszeitlich Störungen. In diesem Falle wäre mit starken Resonanzeffekten zu rechnen mit unabsehbaren Auswirkungen auf die Polbewegung. Nun, die Zukunft wird es zeigen.