

Ther. 182



Beschreibung
einer Maschine

zur

Erläuterung der Gesetze der Umdrehung
der Erde um ihre Ase,

und

der Veränderung der Lage der letzteren,

von

Professor J. G. F. von Bohnenberger.



Nebst einer-Abbildung.

(Aus den Tübinger Blättern für Naturwissenschaften
und Arzneykunde abgedruckt.)

T ü b i n g e n,
b e y C. F. O s t a n d e r.

1 8 1 7.



Ich würde mich nicht entschlossen haben, einen eigentlich in die physische Astronomie gehörenden Gegenstand in diesen Blättern abzuhandeln, wenn nicht die Maschine, welche ich hier beschreiben werde, auch abgesehen von ihrer Anwendung zur Erläuterung einer merkwürdigen Bewegung in unserem Sonnensystem, sobald sie gehörig in Bewegung gesetzt ist, Erscheinungen darböte, welche auffallend genug sind, um die Aufmerksamkeit eines Physikers zu verdienen. Hiezu kommt noch der von vielen, welche sich eine solche Maschine angeschafft haben, geäußerte Wunsch, daß ich eine deutliche Anweisung zum Gebrauche derselben geben, und so weit es ohne Calcul möglich ist, die Gründe ihrer Bewegungen entwickeln möchte. Das letztere kann freylich ohne höhere Analysis nur sehr unvollständig geschehen. Wer aber die nöthigen Vorkennnisse hat, findet eine ausführliche Theorie dieser Maschine in dem Journal de l'école polytechnique, seizième cahier, Tome IX. pag. 247. Mémoire sur un cas particulier du mouvement de rotation des corps pesans; par M. Poisson.

Die Maschine besteht aus einem um die Axc ef sehr leicht beweglichen abgeplatteten runden Körper K , welcher mittelst der drey metallenen Ringe AB , CD , EF so aufgehängt ist, daß nur sein Mittelpunkt, in welchem man sich das ganze Gewicht desselben vereinigt denken kann, unterstützt ist, und seine Axc ef nach allen Richtungen eine sehr freye Bewegung hat. Der Ring AB nämlich hängt mit dem Fuß H der Maschine zusammen, und innerhalb desselben dreht sich der zweyte Ring CD um die an den Endpunkten des in der gewöhnlichen Lage der Maschine vertikal stehenden Durchmessers des ersten angebrachten stählernen Spizen a und b . Der dritte Ring EF dreht sich auf ähnliche Art innerhalb des zweyten um zwey stählerne Spizen, die an dem letzteren angebracht sind, wovon aber nur die eine bey c in der Figur sichtbar ist, und zwar so, daß die gerade Linie, welche diese zwey Spizen mit einander verbindet, mit der durch die Spizen a und b gezogenen einen rechten Winkel macht. Endlich ist der kugelförmige Körper K , welchen ich in der Folge seiner Abweichung von der Kugelgestalt ungeachtet der Kürze wegen die Kugel nennen werde, mittelst der stählernen Axc ef in dem dritten Ring EF

aufgehängt, so daß diese Axc mit der durch die Spitze c und ihre gegenüberliegende gezogenen geraden Linie einen rechten Winkel macht. Da nun der Ring EF sich um eine horizontale Axc drehen kann, so wird die Axc ef der Kugel jeden beliebigen Winkel mit dem Horizont machen können. Und weil sich zugleich der Ring CD um eine vertikale Axc drehen kann, so wird sich die Axc der Kugel nach allen Richtungen bewegen und in die Lage einer jeden geraden Linie kommen können, welche man sich durch der Kugel Mittelpunkt gezogen denken mag. Mit der Axc der Kugel hängt an ihrem einen Ende f eine messingene mit einem kurzen Stift versehenen Rolle, welche in der Figur nur zum Theil sichtbar ist, zusammen. Macht man nun an einen starken Seidenfaden eine Schlaufe, hängt ihn mittelst derselben an den Stift, und wickelt ihn durch Umdrehung der Kugel auf die Rolle auf, so wird, wenn man mit der linken Hand die drey Ringe zusammenhält, ohne die Kugel oder ihre Axc selbst zu berühren, und mit der rechten Hand den Faden durch starkes Anziehen schnell von der Rolle abwickelt, der Kugel eine sehr schnelle und eine geraume Zeit fortdauernde Umdrehungsbewegung mitge-

theilt werden. Damit diese Bewegung desto länger dauere, ist die Kugel von innen in der Nähe ihres Aequators, welcher auf ihrer Oberfläche an dem metallenen Streifen *mn* sichtbar ist, mit Bley versehen, so daß die Kugel nicht allein bey jeder Lage im Gleichgewicht bleibt, sondern auch ihre gesammte Masse in Beziehung auf die Ase der Kugel gleichförmig vertheilt ist, oder die Umdrehungsaxe der Kugel eine in der Mechanik sogenannte freie Ase wird. Auf den letzteren Umstand hat ein Künstler, welcher eine solche Maschine verfertigen will, besonders Rücksicht zu nehmen. Eine kleine Luftblase, welche sich leicht bey dem Gießen der Bleymasse bilden kann, bringt Irregularitäten in der Bewegung der Maschine, ein starkes Geräusch und eine beträchtliche Erschütterung des Gestelles hervor, welches die Kugel unterstützt.

Diese Maschine wird nun auf folgende Art gebraucht. Nachdem man der Kugel mittelst des Fadens auf die schon gezeigte Weise eine schnelle Umdrehungsbewegung um ihre Ase *ef* mitgetheilt hat, wobey immer der Faden ganz von der Rolle abgezogen werden muß, so daß er den Stift der Rolle

verläßt, bringe man dadurch, daß man den Ring *EF* anfaßt, ohne die Bewegung der Kugel zu hemmen, in eine beliebige Lage. Man wird finden, daß jetzt schon einige Kraft erfordert wird, um diese Bewegung des Rings *EF* und der Ase der Kugel hervorzubringen, ungeachtet, so lange die Kugel noch keine drehende Bewegung hatte, ein sehr kleiner Druck hinreicht, diesen Ring zu bewegen, und die kleine Reibung an den Zapfen desselben zu überwinden. Während sich die Kugel um ihre Ase dreht, wird diese Ase beständig diejenige Lage, welche man ihr gegeben hat, beybehalten. Diß wird auch alsdenn geschehen, wenn man die ganze Maschine an ihrem Fuß *H* anfaßt, und sie in Bewegung setzt. Man kann sich, indem man die Maschine herumträgt, nach beliebigen Richtungen und mit beliebigen Geschwindigkeiten bewegen, und es wird dabey die Ase der Kugel sich beständig parallel bleiben, und sich, wenn man sie zum Beispiel anfänglich gegen Norden gerichtet hat, wie eine Magnetnadel beständig gegen Norden richten. Die Kugel setzt also nicht allein die ihr mitgetheilte Umdrehungsbewegung ungestört fort, sondern behält auch diejenige Lage ihrer Ase bey, welche man ihr anfangs

gegeben hat, man mag die Maschine bewegen, wie man will, wenn man nur keinen Druck auf die Axe selbst, oder auf die sie unterstützenden Ringe CD und EF hervorbringt.

Man befestige jetzt das kleine in der Figur mit G bezeichnete Gewicht auf den Ring EF in der Nähe des Endpunkts f der Axe, welches dadurch bewerkstelligt wird, daß man dieses Gewicht mittelst der Stifte g und h, die in zwey in dem Ring angebrachte und daselbst mit denselben Buchstaben g und h bezeichnete Löcher passen, aufsteckt. So lange die Kugel keine Umdrehung hat, wird dieses Gewicht den Ring EF auf die Seite F herabdrücken, welcher nach einigen Schwingungen nur in einer vertikalen Stellung zur Ruhe kommen, folglich auch die Umdrehungsaxe der Kugel in eine vertikale Lage bringen wird. Theilt man aber der Kugel mittelst des Fadens eine Umdrehungsbewegung mit, und stellt hierauf den Ring so, daß er um einen beliebigen Winkel gegen den Horizont geneigt ist, und die beschwehrt Seite desselben die tiefer liegende ist, so wird man bemerken, daß der Neigungswinkel dieses Ringes, folglich auch der Axe der Kugel gegen den Horizont unverändert bleibt, die Axe aber nicht

mehr sich selbst parallel bleibt, sondern sich mit dem Ring CD zugleich nach einer Richtung sehr langsam herumbewegt, welche der Richtung der Umdrehungsbewegung der Kugel entgegengesetzt ist. Die letztere Richtung kann man wegen der Geschwindigkeit der Umdrehung der Kugel nur nach der Richtung beurtheilen, nach welcher man den Faden auf die Rolle der Axe aufgewickelt hat. Es wird sich nämlich die Kugel nach einer Richtung drehen, welche derjenigen entgegengesetzt ist, nach welcher man den Faden aufgewickelt hat. So wie die Umdrehung der Kugel nach und nach langsamer wird, beschleunigt sich die rückgängige Bewegung der Axe immer mehr, und man bemerkt auch, daß sich der Ring EF nach und nach der vertikalen nähert, welche letztere Veränderung übrigens bloß der Reibung an den Zapfen a und b des Ringes CD zuzuschreiben ist. Man wird bemerken, daß der Winkel des Ringes EF mit einer Vertikalebene schnell abnehmen wird, wenn man der Bewegung des Ringes CD nur einen kleinen Widerstand entgegensezt, hingegen wird jener Winkel sogleich zunehmen, wenn man auf den Ring CD nach der Richtung seiner Bewegung wirkt, mithin seine Bewegung beschleunigt. Sezt man endlich wie vor-

hin die ganze Maschine in Bewegung, so wird dadurch keine Aenderung weder in der Umdrehung der Kugel, noch in der rückgängigen Bewegung ihrer Aze hervorgebracht werden. Man gebe z. B. auf ein entferntes Objekt Achtung, welchem einer der Pole der Kugel zugekehrt war, ehe man die ganze Maschine fortbewegte, so wird man beobachten, daß dieser Pol seine Lage gegen jenes Object eben so verändern wird, wie man es beobachtet, wenn die Maschine an einerley Ort bleibt, vorausgesetzt, daß die Kugel während der Zwischenzeit nahe dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit beybehalten habe.

Diese Maschine zeigt also deutlich, daß, wenn einer Kugel eine Umdrehungsbewegung und zugleich eine fortrückende Bewegung mitgetheilt wird, die Umdrehungsaxe während dieser fortrückenden Bewegung sich beständig parallel bleibt, so lange keine Kraft da ist, welche sich bestrebt, die Lage ihrer Aze zu verändern. Selbst ein Stoß ist nicht vermögend, eine beträchtliche Veränderung in der Lage dieser Aze hervorzubringen, wenn er nicht ziemlich stark ist. Man kann, wenn die Kugel sich geschwind dreht, auf den Ring EF kleine Ge-

wichte auffallen lassen, welche ihn nach dem Stoß sogleich wieder verlassen, ohne daß dadurch die Lage der Aze merklich geändert würde. Wirkt hingegen fortdauernd eine Kraft auf die Aze, wie an dieser Maschine das aufgelegte Gewicht G, so bleibt zwar der Winkel ungeändert, welchen die Umdrehungsaxe mit einer als unbeweglich angenommenen Ebene, bey dieser Maschine z. B. mit einer Horizontalebene macht, aber es entsteht eine andere Bewegung der Aze, als diejenige ist, welche man bey dem ersten Anblick von der auf sie wirkenden Kraft erwartet haben würde. Sie bewegt sich nämlich so, daß sie die Oberfläche eines Kegels beschreibt, dessen Aze mit der Richtung jener störenden Kraft parallel läuft, mithin bey der hier beschriebenen Maschine lotrecht oder auf der Horizontalebene senkrecht ist.

Der Grund dieser sonderbaren Modification der Bewegung liegt in der sogenannten *Trägheit* der Körper, in ihrem Bestreben, in dem Zustand der Ruhe oder der Bewegung, worinn sie sich befinden, zu beharren. So lassen sich z. B. die Theilchen des aus der Gußröhre einer Feuerspritze ausströmenden Wassers nicht leicht von der geradlinichten Richtung ihrer Bewegung ablenken, und der ausströmende

Wasserstral fñhlt sich in der Nñhe der Mñndung ganz hart an, als ob er in Eis verwandelt wñre. Auf ãhnliche Art setzt die Kugel der vorhin beschriebenen Maschine die ihr mitgetheilte Umdrehungsbewegung nach dem Gesetz der Trãgheit fort, die Theilchen derselben beschreiben mit einander parallellaufende grõßere oder kleinere Kreise, und es gehõrt eine Kraft dazu, sie von diesen Kreisen abzulenken. Aus der Bewegung, welche jedes dieser Theilchen hat, und aus derjenigen, welche die stõrende Kraft, das aufgelegte Gewicht G , hervorzubringen strebt, setzt sich, da die Kugel bejden zugleich gehorchen muõ, eine mittlere Bewegung zusammen, welcher die Theilchen der Kugel nicht folgen kõnnen, ohne daõ sich die Lage der Umdrehungsaxe verãndert. Eine genauere Entwicklung dieser Bewegungen muõ ich hier ùbergehen, und ich verweise diejenigen, welche eine Berechnung derselben wñnschen, auf die schon oben angefñhrte Abhandlung von Poisson.

Es ist nun leicht, von dem biõher gesagten die Anwendung auf die Erde zu machen. Wãhrend sie einen Umlauf um die Sonne macht, dreht sie sich 365½mal um ihre Axe, und es gehõrt weiter keine Kraft dazu, um diese Axe in einer sich bestãndig

parallel bleibenden Lage zu erhalten, mithin die Jahreszeiten nach Verfluõ eines jeden Umlaufs um die Sonne in derselben Ordnung wiederkehren zu machen. Nun hat aber die Erde eine unter den Polen zusammengedrückte, oder eine solche Gestalt, welche herauströmmen wñrde, wenn sie rund um mit einer Art von Ring umgeben wñrde, der unter dem Æquator am dicksten wñre, und auf bejden Seiten gegen die Pole hin so abnãhme, daõ seine Dicke daselbst verschwãnde. Die der Sonne und dem Mond zugekehrte Seite dieses mit der Erde einen Kõrper bildenden Ringes wird von denselben stãrker angezogen, als die andere Seite, und es bestreben sich daher diese anziehenden Krãfte, den Winkel zu vermindern, unter welchem der Erdaquator die Ebene der Erdbahn durchschneidet, mithin die Erdaxe einer senkrechten Lage auf der Ebene der Erdbahn nãher zu bringen, so wie an der vorhin beschriebenen Maschine das aufgelegte Gewicht G sich bestrebt, die Axe der Kugel in eine auf dem Horizont, welcher hier die Ekliptik vorstellt, senkrechte Lage zu bringen. Hãtte die Erde keine Ændrehung, so wñrde die schiefe Lage ihrer Axe eben so wenig bestehen kõnnen, als an der Maschine die Axe der Kugel in einer schie-

fen Lage verbleiben kann, wenn sich die Kugel nicht dreht, und das Gewicht G auf ihre Axe wirkt. Da sich aber die Erde um ihre Axe dreht, so bleibt der Winkel der letzteren mit der Ebene der Erdbahn nahe ungeändert, die Axe selbst aber erhält eine sehr langsame Bewegung, vermöge welcher sie von einer parallelen Lage nach und nach immer mehr nach einer Richtung abweicht, welche der Richtung der Axendrehung der Erde und ihres Umlaufs um die Sonne entgegengesetzt ist, wie die Maschine zeigt. Wegen der geringen Abweichung der Erde von der Kugelgestalt ist die oben erwähnte Erhöhung rund um ihren Aequator verhältnißmäßig klein, und daher auch die aus den Anziehungskräften der Sonne und des Monds entspringende Störung der Lage der Erdbare sehr klein, so daß sie erst nach etwa 72 Jahren einen Grad von der parallelen Lage abweicht, und eine Periode von mehr als 25800 Jahren zu einem vollen Umlauf gebraucht. Jedoch findet zwischen den auf die Erde wirkenden Anziehungskräften der Sonne und des Monds und der sie an der Maschine vorstellenden Wirkung des Gewichtes G der Unterschied statt, daß letztere unveränderlich ist, die ersteren aber theils wegen der verschiedenen mit der

Veränderung der Jahreszeiten und dem hohen und niederen Stand des Monds zusammenhängenden Stellungen der Erdbare gegen Sonne und Mond veränderlich sind, woraus statt einer gleichförmigen eine ungleichförmige Bewegung der Erdbare und ein kleines nur durch astronomische Beobachtungen bemerkbares Schwancken der Erdbare entsteht, welches übrigens auf die Jahreszeiten keinen merklichen Einfluß haben kann. Die einzige nach einer langen Reihe von Jahren selbst ohne Werkzeuge bemerkbare und daher auch den Alten nicht entgangene Veränderung besteht darinn, daß die Jahreszeiten, indem die Abweichung der Erdbare von einer parallelen Lage der Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne entgegenkommt, früher wiederkehren, als die Umlaufszeit der Erde um die Sonne in Beziehung auf die Fixsterne ausmacht. Man wird daher nach Verfluß von etwa 12900 Jahren zur Zeit des längsten Tages diejenigen Fixsterne um Mitternacht am Himmel stehen sehen, die man gegenwärtig um die Zeit des kürzesten Tages um Mitternacht am Himmel stehen sieht.

Ich bemerke noch in Beziehung auf die Maschine, daß, wenn man sich dieselbige auf einem Tisch stehend vorstellt, die Drehungspunkte a und b den

Polen der Ekliptik entsprechen. Der Ring AB stellt einen unbeweglichen auf der Ekliptik senkrechten größten Kreis der Himmelskugel vor, den man sich durch einen Fixstern gelegt denken kann, und der Ring CD den sogenannten Kolurus der Nacht gleichen. Der Punkt c und sein gegenüber liegender ist der Punkt der Frühlings- und Herbst-Nachgleiche. Endlich ist der Winkel, welchen die Axe *ct* mit der Vertikallinie macht, die Schiefe der Ekliptik.

Die Maschine ist in der Zeichnung auf $\frac{2}{3}$ ihrer wahren Größe reducirt, und wird von Hrn. Universitäts-Mechanikus *Buzengeiger* in Tübingen um den Preis von 18 Gulden sehr genau und niedlich verfertigt.

zu *Tüb. Bl. III. 1^o*

