Die relativen

Bewegungen auf der Erdoberfläche.

Von

Dr. Josef Finger,

o. ö. Professor an der k. k. techn. Hochschule in Wien.

Vortrag, gehalten den 21. December 1887.

Mit sechs Abbildungen im Texte.

Ich lade Sie, meine Herren und Damen, ein, in meiner Gesellschaft eine Lustfahrt in einem Schnellzuge zu unternehmen. Wir sitzen bequem im Coupé und blicken in Ermanglung einer andern Beschäftigung durch das Waggonfenster ins Freie. Da sehen wir die längs des Schienenstranges aufgerichteten Telegraphenstangen, die Bäume des Waldes, durch den unser Eisenbahnzug dahinfährt, die Bahnwächterhäuschen, kurz alle ruhenden Objecte, die wir da draußen wahrnehmen, rasch an uns vorüberhuschen, und zwar scheinen sie sämmtlich dahinzueilen in einer der Richtung unserer Fahrt entgegengesetzten Richtung und mit einer Geschwindigkeit, die gleich ist jener, mit der sich die Waggons unseres Zuges und wir mit ihnen bewegen. Die Feldraine der Äcker und Wiesen, an denen wir vorüberfahren, scheinen sich zu drehen, und zwar gleichfalls in einem unserer Fahrrichtung entgegengesetzten Sinne.

Aus dieser allbekannten Erscheinung entnehmen wir folgende Thatsache: Sobald ein Beobachter an der fortschreitenden Bewegung eines Raumes, wie z. B. in unserm Falle an der Bewegung des Eisenbahnzuges, theilnimmt, so scheinen diesem Beobachter alle ruhenden Gegenstände, die an dieser Bewegung nicht theilnehmen, sich in gerade entgegengesetzter Richtung mit einer der Geschwindigkeit v dieses Raumes gleichen Geschwindigkeit zu bewegen, was wir kurz dadurch ausdrücken wollen, dass wir diese Geschwindigkeit, indem wir das negative Vorzeichen (—) zur Kennzeichnung ihrer entgegengesetzten Richtung anwenden, als die Geschwindigkeit ($-v$), d. h. als eine der Geschwindigkeit v des Raumes entgegengesetzt gleiche bezeichnen. Die von dem Beobachter wahrgenommene Bewegung nennen wir aus leicht begreiflichem Grunde eine scheinbare Bewegung oder wir bezeichnen dieselbe als eine relative Bewegung, insofern sie sich lediglich bezieht auf den Raum, an dessen Bewegung der Beobachter theilnimmt; die Geschwindigkeit ($-v$) dieser scheinbaren Bewegung nennen wir demgemäß auch die scheinbare oder relative Geschwindigkeit. Diese letztere ist, wie wir gesehen haben, wenn der beobachtete Gegenstand sich in Ruhe befindet, der Geschwindigkeit v des Raumes entgegengesetzt gleich.

Dass bei unserer Fahrt im Eisenbahnwaggon sich die Feldraine scheinbar gewissermaßen drehen, dass mit anderen Worten, je weiter irgend eine Stelle $A\,A'\,A''$ (Fig. 1) des Raines vom Beobachter O entfernt ist, dieselbe sich desto langsamer zu bewegen scheint, lässt sich leicht erklären, wofern man auch den Eindruck der perspectivischen Ansicht für den Beobachter in Betracht zieht. Indem nämlich die thatsächliche relative Geschwindigkeit AB, $A'B'$, $A''B''$ dieser verschiedenen Punkte $A\ A'\ A''$, welche sich sämmtlich in einer der Fahrrichtung ab entgegengesetzten Richtung AB, $A'B'$, $A''B''$ zu bewegen scheinen, die gleiche, nämlich $(-v)$ ist, so ist der Sehwinkel AOB, $A'OB'$, $A''OB''$, unter welchem uns diese Geschwindigkeit $(-v)$ erscheint, um so kleiner, je weiter $AA'A''$ von uns entfernt ist. Wir empfangen demgemäß den perspectivischen Eindruck, als ob die weiteren Punkte sich langsamer, die näheren dagegen sich schneller bewegen würden, in ähnlicher Weise, wie dem am Geleise einer in gerader Richtung dahinlaufenden Eisenbahn stehenden Beobachter sich die beiden Schienen in der Ferne zu nähern, oder bei einer geraden Allee die beiden Baumreihen gegen einander zu convergieren scheinen.

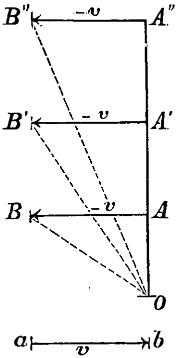

Fig. 1.

Wenden wir nun, meine Herren und Damen, während wir in unserem Eisenbahncoupé dahinfahren, unsere Aufmerksamkeit nicht, wie bisher, ruhenden, sondern beweglichen äußeren Gegenständen zu.

Es fängt während unserer Fahrt an zu regnen, wie dies ja bei einer verabredeten Landpartie nicht ungewöhnlich ist.

Trotzdem bei der draußen herrschenden vollkommenen Windstille die Regentropfen thatsächlich vertical herabfallen, etwa in einer Secunde von A nach C (Fig. 2), so bietet sich uns ein Anblick dar, als ob gleichzeitig ein unserer Fahrrichtung entgegengesetzter Wind, der die Regentropfen in der Secunde von A nach B bewegt, den Regen uns entgegentreiben würde. Es setzt sich nämlich die wirkliche Geschwindigkeit AC der fallenden Tropfen zusammen mit der früher betrachteten, der Fahrgeschwindigkeit ab entgegengesetzt gleichen Geschwindigkeit AB, so dass aus dieser Zusammensetzung mittels des Ihnen aus früheren Vorträgen bekannten Geschwindigkeitsparallelogramms $ABDC$ als relative oder scheinbare Geschwindigkeit die Diagonale AD resultiert, die uns als thatsächliche Geschwindigkeit erscheint.

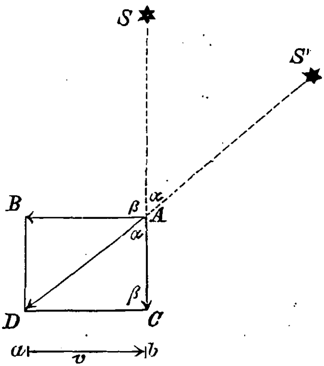

Fig. 2.

Sie können sich, meine Herren und Damen, diese Erscheinung auch in anderer Weise erklären. Denken Sie sich, AB sei die Decke und CD der Boden des Waggons, in dem wir dahinfahren. Ein Reisegenosse — selbstverständlich keiner von uns — ist so boshaft und bohrt zu seinem, nicht zu unserm Vergnügen bei A und D Löcher in die Decke und den Fußboden. In jener Zeit nun, in welcher der Regentropfen, der durch die

Öffnung bei A in das Innere des Coupés eingetreten ist, von A nach C herabfällt, hat sich die Stelle D des Fußbodens infolge unserer Fahrt von D nach C bewegt, so dass nach Verlauf dieser Zeit das Loch D sich an der Stelle von C befindet. Es tritt also der Tropfen, der durch die Öffnung A in den Waggon hineingefallen ist, in der That durch die Öffnung D ins Freie, bewegt sich also scheinbar (relativ) in der Richtung AD.

Doch nun regnet es continuirlich durch die Öffnung A in den Waggon. Schon rufen die darüber ungehaltenen Damen nach dem Conducteur um Abhilfe dieses Übelstandes. Da greift nun unser fataler Reisecollege schnell entschlossen in seiner Verlegenheit nach einem Gasrohr, das sich — natürlich zufällig — in unserem Coupé vorfindet und stellt dasselbe genau in die Lage AD. Die Regentropfen bewegen sich nun längs der Achse des Rohres AD. — Sie fragen mich erstaunt, meine Herren und Damen, warum ich diese Schauermär erzähle? Bloß deshalb, um von derselben eine Nutzanwendung auf die einfache Erklärung einer interessanten kosmischen Erscheinung zu machen. Denken Sie sich nämlich nun statt des Regentropfens das Licht, das von einem Sterne S (Fig. 2) ausgeht und das sich bekanntlich mit einer Geschwindigkeit AC von 42.505 Meilen in der Secunde fortpflanzt; denken Sie sich ferner statt des Waggons unsere Erde auf ihrem Laufe um die Sonne, die sich dabei in einer elliptischen Bahn (der sogenannten Ekliptik) mit einer mittleren Geschwindigkeit ab von 4·1 Meilen pro Secunde bewegt, und denken Sie sich schließlich statt des früheren Gasrohres AD ein Fernrohr, mit welchem der Stern S betrachtet wird, so haben Sie vor sich die Erklärung der unter dem Namen „Aberration des Lichtes“ bekannten Erscheinung. Soll man nämlich den Stern S in der Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohres sehen, so muss das ungebrochene Licht, das von dem Sterne S kommt, genau längs der Achse des Rohres sich fortpflanzen, was, wie wir soeben gesehen haben, nur dann möglich ist, wenn das Fernrohr die Lage AD hat, die nicht gegen den Stern S, sondern gegen einen andern Punkt S' des scheinbaren Himmelsgewölbes gerichtet ist. Man sieht also den Stern im allgemeinen nicht in seiner wahren Lage S, sondern nach der Bewegungsrichtung der Erde (in der Zeichnung nach rechts) aus seiner Lage verrückt, und zwar sehen wir denselben in S'. Den Ablenkungswinkel $\sphericalangle SAS' = \alpha$, der seinem Scheitelwinkel CAD an Größe gleich ist, nennt man den Aberrationswinkel. Aus dem Dreiecke ACD lässt sich die Größe dieses Winkels bestimmen, da in demselben die Seiten $AC = 42.505$ Meilen, $CD = 4{\cdot}1$ Meilen und der von demselben eingeschlossene, dem Winkel β oder $\sphericalangle SAB$ gleiche Winkel ACD bekannt sind. Ist wie in dem früheren Beispiele β ein rechter Winkel, d. h. befindet sich der Stern S thatsächlich in der zur Ebene der Ekliptik senkrechten Richtung AS, mit anderen Worten im sogenannten Pole der Ekliptik, so ist stets die Aberration $\alpha = 20$ Secunden. Da nun im Laufe des Jahres die Bewegungsrichtung ab der Erde während der Bewegung der letzteren in ihrer elliptischen Bahn um die Sonne allmählich eine jede zu SA senkrechte Lage annimmt, so dreht sich AB, daher auch AS' um AS, so dass der Stern S' im Laufe des Jahres eine Kreisbahn zu beschreiben scheint. Ist β dagegen kein rechter Winkel, so hat man sich nur das Rechteck $ABDC$ zu einem Rhomboid verschoben zu denken, um sofort einzusehen, dass die Aberration α kleiner wird als 20 Secunden, und zwar um so kleiner, je mehr β von einem rechten Winkel abweicht; es beschreibt dann S' scheinbar eine elliptische Bahn, die in eine gerade Linie dann übergeht, wenn der Stern S in der Ebene der Ekliptik selbst gelegen ist. Im letzteren Falle wird der Winkel α dann verschwinden, d. h. es wird der Stern S in jenen zwei Zeitpunkten im Laufe eines Jahres an seinem wahren Orte gesehen werden, für welche das Viereck $ABCD$ in eine Gerade übergeht, also $\beta = 180^0$ oder $\beta = 0$ ist, wenn, mit anderen Worten, die Erde sich in der Richtung gegen den Stern S hin bewegt oder die gerade entgegengesetzte Bewegungsrichtung hat.

All das bisher Gesagte hatte, meine Herren und Damen, vor allem den Zweck, Ihnen folgende Thatsache klar zu machen:

Sobald wir an der Bewegung eines Raumes theilnehmen, so erscheint uns eine jede Bewegung irgend eines Körpers ganz anders, als dieselbe Bewegung von einem an der Bewegung dieses Raumes nicht theilnehmenden Beobachter gesehen würde. Wir können nämlich immer nur die relative Bewegung in Bezug auf jenen Raum wahrnehmen, mit dem wir uns selbst bewegen. Diese von dem Beobachter wahrgenommene scheinbare oder relative Bewegung und auch die Geschwindigkeit derselben, die man, wie schon erwähnt wurde, die scheinbare oder relative Geschwindigkeit nennt, hängt wesentlich ab von der Bewegung des Raumes, auf welchen sich die relative Bewegung bezieht und an dessen Bewegung der Beobachter theilnimmt. Strenggenommen ist eine jede Bewegung eine relative, indem sich ja jede Bewegung auf einen Raum, auf ein System beziehen muss, nämlich auf jenes räumliche System, welches der Bestimmung der veränderlichen Lage des Punktes zugrunde gelegt ist. Doch sei es mir im Folgenden der Kürze der Rede wegen gestattet, jene Bewegung, die der ins Auge gefasste, an der Bewegung eines Raumes theilnehmende Beobachter wahrnimmt, im besonderen als die relative oder scheinbare zu bezeichnen, zum Unterschiede von jener Bewegung, die ein an der Bewegung dieses Raumes nicht theilnehmender Beobachter wahrnehmen würde, welche letztere ich der Kürze halber die wirkliche Bewegung und deren Geschwindigkeit ich die wirkliche Geschwindigkeit nennen will.

Nach der früheren Regel (Fig. 2) ergibt sich die scheinbare oder relative Geschwindigkeit AD, die sich auf irgend einen fortschreitenden Raum bezieht, durch Zusammensetzung der wirklichen Geschwindigkeit AC mit einer der Geschwindigkeit v oder ab des Raumes entgegengesetzt gleichen Geschwindigkeit AB. Führen wir in diese Regel statt des Wortes „Geschwindigkeit“ überall das Wort „Beschleunigung“ (d. i., wie Ihnen bekannt ist, die Geschwindigkeitsänderung pro Secunde), oder aber das Wort „Kraft“ ein — welche letztere bekanntlich durch Multiplication der entsprechenden Beschleunigung mit der sich nicht ändernden Masse m des bewegten Körpers gefunden wird — so erhalten wir zwei andere Regeln, die ebenfalls streng richtig sind, wofern nur vorausgesetzt ist, dass der Raum, auf welchen sich die relative Kraft, beziehungsweise die relative Beschleunigung bezieht, in fortschreitender Bewegung begriffen ist. Als relative Kraft ist hier in Übereinstimmung mit den früheren Begriffen jene Kraft zu verstehen, die in einem als ruhend vorausgesetzten Raume dem Körper eine Bewegung ertheilen würde, die genau übereinstimmt mit der betrachteten relativen Bewegung in Bezug auf den fortschreitenden Raum, oder mit anderen Worten jene Kraft, die einem an der Bewegung des Raumes theilnehmenden Beobachter als auf den Körper wirkende Kraft vorkommt.

Um Ihnen, meine Herren und Damen, dies anschaulich zu machen, muss ich Sie schon ersuchen, aus dem Waggon, in welchem wir bis nun gefahren sind, auszusteigen und mit mir in die Tiefe der Erde sich herabzulassen. Wir sind nämlich auf unserer Fahrt zu einem Bergwerke gelangt, das wir besichtigen wollen. Wir stellen uns auf eine Förderschale, die uns in den verticalen Schacht hinabführen soll.

Ich stehe auf einer automatischen Wage, wie wir solche heutzutage überall, also, wie wir annehmen wollen, auch auf unserer Förderschale vorfinden. Ich werfe den obligaten Obulus von drei Kreuzern in die bewusste Spalte, die Feder der Wage kommt dadurch in Action und der Zeiger der Wage zeigt mein ziemlich respectables Gewicht von 100 *kg* an. Nun setzt sich die Schale plötzlich in Bewegung nach abwärts in den dunklen Schacht, und zwar findet die Bewegung vom Ruhezustande an immer rascher und rascher statt, mit anderen Worten, die Bewegung ist eine beschleunigte. Angenommen, die Geschwindigkeit nehme durch eine gewisse Zeit gleichförmig zu, etwa in jeder Secunde um $p = 2{\cdot}5\ m$, d. i. etwa um ein Viertel der Beschleunigung der Schwere. Während dieser ganzen Zeit ist die relative oder scheinbare Beschleunigung der Schwere zufolge der früheren Regel zusammengesetzt aus der wirklichen, vertical nach abwärts gerichteten Beschleunigung des freien Falles, die bekanntlich etwa 10 *m*, genauer $9{\cdot}81\ m$ ist, und aus der der Beschleunigung p des sich bewegenden Raumes, d. i. der Förderschale entgegengesetzt gleichen, also vertical nach aufwärts gerichteten Beschleunigung von $2{\cdot}5\ m$. Es ist demnach die relative Beschleunigung, mit der ein fallen gelassener Körper in der Förderschale zu Boden fällt, nur $7{\cdot}5\ m$; dieselbe hat sich durch die Bewegung der Schale um ein Viertel, d. i. um $2{\cdot}5\ m$ verringert. Ebenso hat sich aus gleichem Grunde die relative Schwerkraft um ein Viertel verringert. Die Zunge auf der automatischen

Wage zeigt bei dem trüben Lichte der Grubenlampe bloß ein scheinbares oder relatives Gewicht von 75 *kg* anstatt meines früheren wirklichen Gewichtes von 100 *kg*. Aus demselben Grunde geht auch die Pendeluhr, die sich — offenbar zufällig — in der Förderschale befindet, langsamer, da ja die relative Schwere welche das Pendel bewegt, kleiner geworden ist. Zu unserm Glücke ist die Beschleunigung p der Schale nicht größer als 10 m, sonst würde es uns schlecht ergehen! Wäre nämlich p größer als die wirkliche Beschleunigung der Schwere, so würde aus der letzteren und aus der der Beschleunigung p der Schale entgegengesetzt gleichen, also nach aufwärts gerichteten Beschleunigung $(-p)$ offenbar eine nach aufwärts gerichtete relative Beschleunigung resultieren. Der losgelassene Stein würde daher in der Schale nach aufwärts fallen mit der Beschleunigung von $(p - 10)\,m$, ein Fadenpendel, d. i. ein an einem Faden hängender schwerer Körper würde die Lage vertical nach aufwärts annehmen und um diese jedenfalls ungewöhnliche Gleichgewichtslage hin- und herschwingen. Auch wir könnten in diesem Falle, wenn wir es nicht vorziehen würden, uns auf den Kopf zu stellen, nur dann sicher stehen, wenn wir die gleiche Lage annehmen würden, wie die Stubenfliegen an der Zimmerdecke, nämlich mit den Füßen an der Decke der Schale und mit dem Kopfe nach abwärts, ohne dass wir jedoch deshalb befürchten müssten, dass uns das Blut infolge seiner Schwere zu Kopfe steigt, da ja die relative Schwere das Blut nach aufwärts treiben würde. Doch zum Glücke ist uns diese keineswegs angenehme Situation erspart, da ja p kleiner als 10 m ist. Endlich hat bei unserer Fahrt in die Tiefe die Zunahme der Geschwindigkeit der Förderschale aufgehört, die Beschleunigung p ist Null geworden, wir bewegen uns mit anderen Worten gleichförmig mit gleichbleibender Geschwindigkeit nach abwärts; die relative Beschleunigung der Schwere ist nun dieselbe wie im ruhenden Raume, nämlich 10 m, die Zunge auf der automatischen Wage weist wieder auf 100 *kg*. Doch nun nimmt die Geschwindigkeit gegen Ende unserer Fahrt ab, die Bewegung der Förderschale ist verzögert. Es müssen dementsprechend die Erscheinungen entgegengesetzt sein jenen, die bei der anfänglichen beschleunigten Bewegung wahrgenommen wurden, nämlich die Federwage gibt ein größeres Gewicht, als 100 *kg* an, der Stein fällt rascher zu Boden, als im ruhenden Raume, die Pendeluhr geht schneller. Endlich sind wir bei unserer unheimlichen Tieffahrt durch den dunklen Schacht zu jenem Stollen gelangt, den wir besichtigen wollten. Nach Besichtigung desselben geben wir das Zeichen zur Auffahrt. Da nun die Bewegung der Förderschale bei der Auffahrt zu Tage der früheren Bewegung entgegengesetzt gerichtet ist, so müssen sich nun wohl die gleichen Erscheinungen wie früher, jedoch in umgekehrter Reihenfolge darbieten. Das scheinbare Gewicht ist zu Anfang, so lange die Bewegung eine beschleunigte ist, größer, bei der folgenden gleichförmigen Bewegung ebenso groß und bei der schließlichen verzögerten Bewegung kleiner als im ruhenden Raume. Erleichtert athmen wir in freier Luft auf, nachdem wir aus der Nacht des Schachtes wieder in des Tages Helle gelangt sind. Auf dem Wege zum Eisenbahnzuge, der unser harrt, benütze ich die Gelegenheit, um auseinanderzusetzen, dass auch dann, wenn die Beschleunigung p der fortschreitenden Bewegung des Raumes weder, wie im früheren Falle, mit der wirklichen Beschleunigung des Körpers gleich —, noch auch derselben entgegengesetzt gerichtet ist, sondern mit derselben einen Winkel einschließt, die relative Kraft ebenso wie früher sich zusammensetzt aus der wirklichen Kraft und der der Beschleunigung p entgegengesetzt gerichteten Kraft ($-mp$). Wenn also bei der Rückfahrt unseres Zuges nach Wien in der Richtung x (Fig. 3) die Bewegung zu Anfang der Fahrt eine beschleunigte ist, und zwar die Geschwindigkeit vom

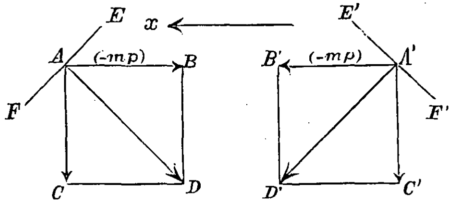

Fig. 3.

Ruhezustande aus in jeder Secunde um p zunimmt, so muss die relative Schwere AD durch die Diagonale des Kräfteparallelogramms $ABDC$ dargestellt sein, in welchem die verticale Seite AC die wirkliche Schwere und die horizontale Seite AB die Kraft $(-mp)$ darstellt. Da nun unser Körper, wenn er im Gleichgewichte sich erhalten soll, nothwendigerweise die Richtung dieser resultierenden Kraft AD annehmen muss, so sucht sich unser Körper unwillkürlich in der Richtung AD, d. h. in der Richtung der Fahrt zu neigen und so lange in dieser Stellung zu verharren, als die Bewegung beschleunigt ist. Dies ist, meine Herren und Damen, der Grund, warum unser Oberkörper, wofern wir mit dem Gesichte nach der Richtung der Fahrt gewendet sind, sich beim Beginne der Fahrt stets nach vorn zu neigen bestrebt ist, um eben ein Umfallen nach rückwärts zu verhindern. Ein während dieser beschleunigten Fahrt im Waggon losgelassener Stein fällt in der relativen Richtung AD, ein Fadenpendel schwingt um die relative Ruhelage AD und die Oberfläche des Wassers, die, wofern das Wasser in relativem Gleichgewicht erhalten werden soll, stets in einer zur resultierenden relativen Kraft senkrechten Lage sich befinden muss, nimmt in dem in unserem Coupé befindlichen Trinkglase die zu AD senkrechte Lage EF an. Sobald der Eisenbahnzug die normale Geschwindigkeit erreicht hat und sich diese Geschwindigkeit von nun an nicht ändert, ist die Beschleunigung p verschwunden, die relative Schwere hat wieder die verticale Richtung, die Oberfläche des Wassers wird wagrecht u. s. w., geradeso wie im ruhenden Raume. Jedoch zu Ende unserer Fahrt, beim Einfahren in die Ausgangsstation wird die Bewegung des Waggons eine verzögerte, die

Geschwindigkeit nimmt ab, es hat daher die Kraft ($-mp$) die Richtung $A'B'$ (Fig. 3), und die aus dieser Kraft $A'B'$ und der wirklichen Schwere $A'C'$ resultierende relative Schwere hat die Richtung $A'D'$. Nun fällt der losgelassene Stein in dieser Richtung $A'D'$, unser Oberkörper muss nun trachten, um einem Fallen nach vorwärts vorzubeugen, sich nach rückwärts zu halten, und die Oberfläche des Wassers im Trinkglase nimmt die zu $A'D'$ senkrechte Lage $E'F'$ an u. s. w.

Auch wir Erdbewohner, meine Herren und Damen, sind in einer ähnlichen Lage wie der Reisende in dem Eisenbahnwaggon, denn auch wir nehmen theil an jeder Bewegung unserer Erde, sowohl an der Drehung der Erde um ihre Achse, als auch an der fortschreitenden Bewegung derselben in der Ekliptik. Es müssen uns daher alle Bewegungen, die wir zu betrachten Gelegenheit haben, ganz anders erscheinen, als dieselben ein an der Bewegung der Erde nicht theilnehmender Beobachter wahrnehmen würde. Kurz, jede von uns beobachtete Bewegung ist nur eine scheinbare oder relative Bewegung; die Erde ist nämlich jener Raum, auf welchen sich die von uns wahrgenommenen Bewegungen beziehen müssen. Ich will nun im Folgenden bloß den Einfluss der Erddrehung allein auf den relativen Bewegungszustand der von uns beobachteten Körper in Untersuchung ziehen, also von der fortschreitenden Bewegung der Erde um die Sonne, deren Einfluss aus dem Obgesagten sich ja leicht bestimmen lässt, absehen.

Eine wohlbekannte Folge der täglichen Drehung, welche die Erde stets in vierundzwanzig Stunden um die Erdachse, und zwar bekanntlich in der Richtung von West nach Ost, mit gleichbleibender Geschwindigkeit vollzieht, ist es, dass wir sämmtliche Himmelskörper und mit ihnen das ganze scheinbare Himmelsgewölbe um dieselbe Achse in gerade entgegengesetzter Richtung, also von Ost nach West, und zwar stets in vierundzwanzig Stunden, eine Drehung vollziehen sehen.

Aber nicht auf die scheinbaren Bewegungen der Gestirne will ich Ihre Aufmerksamkeit lenken, sondern auf die scheinbaren oder relativen Bewegungen, die wir auf der Erdoberfläche und in ihrer Nähe wahrnehmen.

Schon die einfachste, alltäglich beobachtete Bewegung des freien Falles, die nach bekannten Gesetzen in einer verticalen Geraden vor sich geht, ist eine solche relative Bewegung. Ganz anders würde dieselbe Bewegung von einem Beobachter gesehen werden, der an der Erddrehung nicht theilnimmt, etwa von einem Engel, der aus den oberirdischen Gefilden mit einem Fernrohr auf die Bewohner dieses irdischen Jammerthales herabsieht. Dieser würde, wie ich dies schon in einem früheren Vortrage „über terrestrische Gravitation“ im Jahre 1882 (S. 235) Ihnen auseinanderzusetzen Gelegenheit hatte, den fallenden Stein in einer Ellipse herabfallen sehen, die nur sehr wenig von einer Parabel verschieden ist.

Bei allen den von uns Erdbewohnern wahrgenommenen relativen Bewegungen resultiert wohl, wie bei allen in dem heutigen Vortrage in Untersuchung gezogenen Bewegungen, die relative (scheinbare) Geschwindigkeit des beobachteten Körpers aus der wirklichen Geschwindigkeit und aus jener Geschwindigkeit ($-v$), die entgegengesetzt gleich ist der Geschwindigkeit der correspondierenden Stelle des Raumes, d. i. im vorliegenden Falle jener Geschwindigkeit v, mit der derselbe Körper in der Lage, die er eben annimmt, sich drehen würde, wofern er in relativer Ruhe zur Erde sich befinden würde, also keine Änderung seiner Lage zur Erde erführe. Aber nicht das Gleiche gilt von der relativen Beschleunigung der relativen Kraft.

Ist nämlich m die Masse eines materiellen Punktes des bewegten Körpers und p die Beschleunigung, welche dieser materielle Punkt m besitzen würde, wofern er in relativer Ruhe zur Erde beharren, also bloß an der gleichförmigen Erddrehung theilnehmen würde, ist mit anderen Worten p die aus früheren Vorträgen bekannte sogenannte centripetale Beschleunigung, welche gegen den Mittelpunkt des unter diesen Voraussetzungen von m im Laufe eines Tages durchlaufenen Parallelkreises der Erde gerichtet ist, so resultiert nicht wie in den früher betrachteten Fällen die relative Kraft aus der wirklichen, den materiellen Punkt m angreifenden Kraft (z. B. der Anziehungskraft der Erde) und aus der der Beschleunigung p entgegengesetzt gerichteten Kraft ($-mp$), die man bekanntlich die

Fliehkraft nennt, sondern es tritt infolge des Umstandes, dass die Bewegung der Erde nicht eine fortschreitende, sondern eine Rotationsbewegung ist, zu der wirklichen Kraft und zur Fliehkraft ($-mp$) noch eine dritte Kraft hinzu.

Um Ihnen, meine Herren und Damen, dies klar zu machen, erlauben Sie, dass ich Sie an einen Ihnen gewiss lieben Ort führe, in unseren Prater, den Wiener Belustigungsort. Ich lade Sie hier ein — wir sind ja unter uns — an einer lustigen Fahrt auf einer der hier in großer Zahl befindlichen Drehscheiben (Caroussels) theilzunehmen. Die Drehscheibe, welche wir in Beschlag genommen haben, dreht sich mit uns im Sinne des Pfeils in Fig. 4, also in einem der Bewegung des Uhrzeigers entgegengesetzten Sinne. Ich habe einen Pegasus bestiegen (was wohl in Wirklichkeit — Sie werden dies einem prosaischen Mathematiker aufs Wort glauben — noch nicht vorgekommen ist), der sich nahe am Rande der Scheibe bei A (Fig. 4) befindet und fordere den Herrn Y, der nahe der Achse O der Drescheibe in B seinen Standpunkt gewählt hat, auf, mich mit einem geworfenen Balle zu

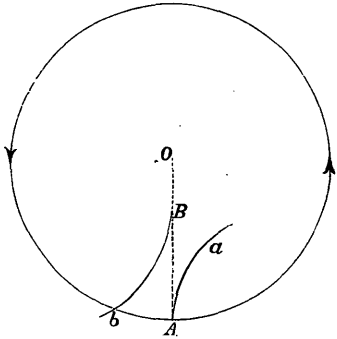

Fig. 4.

treffen. Trotzdem Herr Y — bekannt als guter Schütze — sein Ziel A genau nimmt, trifft mich sein Ball nicht, sondern weicht bei seiner Bewegung nach b, d. i. rechts von der ursprünglichen Wurfrichtung BA ab. Ich werfe einen zweiten Ball zurück, genau in der Richtung AB, und auch dieser Ball geht an dem Ziele B vorüber, und zwar findet auch hier eine Ablenkung nach der rechten Seite der Bewegungsrichtung, nämlich nach a statt. Würde der Ball bei seiner Bewegung überall eine Spur zurücklassen, hätte etwa der Ball ein Loch, aus dem stets Wasser herausfließt, so dass diese Wasserspuren auf dem Boden der Drehscheibe die relative Bahn des Balles erkennen ließen, so würde man wahrnehmen, dass die relative Bahn des Balles im ersten Falle die Form der Curve Bb (Fig. 4), im zweiten Falle aber die Gestalt Aa hat. Wie ist nun diese auffallende Erscheinung, nämlich die stete Ablenkung nach rechts, falls die Scheibe in einem der Bewegung des Uhrzeigers entgegengesetzten Sinne sich dreht, zu erklären?

Angenommen, durch t sei jene Zeit bezeichnet, in welcher, wenn die Drehscheibe in Ruhe wäre, der Ball infolge der ihm durch den Wurf ertheilten Geschwindigkeit den Weg von B nach A (Fig. 5) zurücklegen würde. In dieser Zeit t wird sich die Scheibe um einen gewissen Winkel α in der Richtung des Pfeils gedreht haben, so dass der Radius OBA der Scheibe in die Lage $OB'A'$, also B nach B' und A nach A' gelangt. Unmittelbar vor dem Momente nun, in welchem der Ball in B die Hand des Herrn Y verlassen hat, theilt er noch die Bewegung der Drehscheibe, bewegt sich also in der Richtung des letzten an B grenzenden Elementes der Kreisbahn, die der Punkt B beschreibt, mit anderen Worten, er bewegt sich in der Richtung BC der dem Punkte B entsprechenden Kreistangente senkrecht zu OB mit der Geschwindigkeit dieses Punktes B. Der Ball behält nun infolge der Trägheit diese Geschwindigkeit und diese Bewegungsrichtung, auch nachdem er die Hand verlassen hat, bei, so dass er schon infolge dieses Umstandes allein während der Zeit t in dieser Richtung BC einen Weg BC zurücklegen würde, der dem gleichzeitigen Wege des Punktes B, d. i. dem Kreisbogen BB', an Größe gleich ist. Da sich also der Ball in derselben Zeit t infolge des Wurfes von B nach A und gleichzeitig infolge der Trägheit von B nach C zu bewegen sucht, so bewegt er sich thatsächlich in der Richtung Bb' der Diagonale jenes Rechtecks $ABCb'$, dessen Seiten die gleichzeitigen componentalen Wege BA und BC sind. Es befindet sich also thatsächlich der Ball nach der Zeit t im Endpunkte b' der Diagonale dieses Rechtecks. Die-

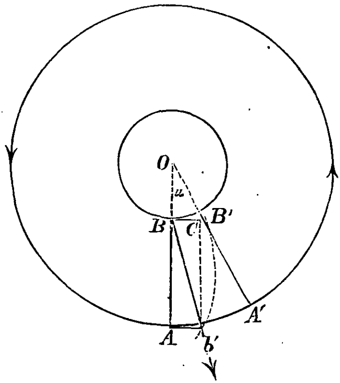

Fig. 5.

ser Punkt b' befindet sich nun auf jener Seite des Halbmessers $OB'A'$, die von dem zur Zeit t in B' befindlichen Herrn Y, der den Ball geworfen hat, als die rechte erscheint. (Die Lage des Punktes b' gegen die Punkte A' und B' in Fig. 5 muss dieselbe sein wie die Lage des entsprechenden Punktes b der relativen Bahn in Fig. 4 gegen B und A. Die punktierte Linie $B'b'$ in Fig. 5 stellt gleichfalls die relative Bahn Bb dar.) In ganz gleicher Weise dient die Fig. 6 zur Erklärung dessen, dass der von A nach B geworfene Ball zur Zeit t nach a' gelangt, also ebenfalls zur rechten Hand des Beobachters A abgelenkt wird, welcher nach der Bewegungsrichtung des Balls sein Gesicht hinwendet. Auch hier ist $A'B'$ die Lage des Halbmessers AB zur Zeit t, ferner die Seite AD des Rechteckes $ADBa'$ von derselben

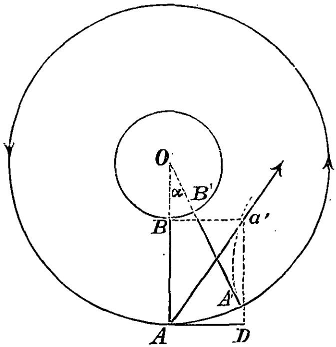

Fig. 6.

Größe wie der Bogen AA', den der Punkt A, von wo aus der Ball geworfen wurde, während der Zeit t beschreibt. (Der Punkt a' hat gegen A' und B' dieselbe Lage wie der entsprechende Punkt a der relativen Bahn in Fig. 4 gegen A und B; die punktierte Curve $A'a'$ ist die mit Aa in Fig. 4 übereinstimmende relative Bahn.)

Es verhält sich die ganze Sachlage ähnlich, wie wenn ein langsam mit der Geschwindigkeit BC (Fig. 5) fortschreitender Jäger auf einen fernen, schnell in der zu BC parallelen Richtung AA' dahineilenden Hasen A schießen würde. Das Projectil würde in diesem Falle den Hasen nicht treffen, sondern hinter dem Hasen zurückbleiben, mit anderen Worten eine Ablenkung nach rechts (vom Standpunkte des Jägers aus betrachtet) erfahren. Wenn umgekehrt aber, entsprechend der Fig. 6, ein in einem Eisenbahnwaggon mit der Geschwindigkeit AD rasch dahinfahrender Jäger auf ein langsam in derselben Richtung BB' sich bewegendes Wild schießt, so eilt das Projectil dem Wild voraus, erfährt also gleichfalls eine Ablenkung nach rechts.

Es bedarf nicht erst besonders erläutert zu werden, dass, falls unsere Drehscheibe nicht im Sinne der Pfeile in Fig. 4, 5, 6, sondern in entgegengesetzter Richtung, nämlich im Sinne des Uhrzeigers rotiert, auch die Ablenkung des Beweglichen nicht zur rechten, sondern zur linken Hand des nach der Bewegungsrichtung blickenden Beobachters erfolgen muss.

Aus diesem Umstande nun, dass das Bewegliche stets dann, wenn die in Betracht gezogene scheinbare oder relative Bewegung sich auf einen Raum bezieht, der um irgend eine Achse rotiert, in einer zur relativen Bewegungsrichtung und zur Drehachse senkrechten Richtung abgelenkt wird, ist zu entnehmen, dass auf das Bewegliche eine Kraft stetig in dieser Richtung wirkt. Man nennt diese Kraft nach der von

Coriolis gewählten Bezeichnungsweise die „zusammengesetzte Centrifugalkraft“. Diese Kraft tritt bei der Drehung irgend eines Raumes um eine Achse zu den früher betrachteten Kräften hinzu, d. h. es resultiert im Falle einer gleichförmigen Drehung um eine Achse die relative Kraft aus folgenden drei Kräften: *a)* der wirklichen Kraft, *b)* der Fliehkraft und *c)* der zusammengesetzten Centrifugalkraft.

Leider findet die letztere Kraft trotz ihrer Wichtigkeit in den Lehrbüchern unserer Gymnasien und Realschulen gar keine Beachtung, sie ist im Mittelschulunterrichte das unbeachtete Aschenbrödel unter den Kräften, die in unseren Lehrbüchern der Physik ihrer über Gebühr bevorzugten Schwester, der Fliehkraft, vollständig den Platz räumen muss. Ich will also, um das Unrecht theilweise wieder gut zu machen, eine Lanze für diese unverdienter Weise zurückgesetzte Kraft einlegen und Ihre Aufmerksamkeit im Folgenden auf diese Kraft und deren Wirkungen lenken.

Die Richtung der zusammengesetzten Fliehkraft ist den früheren Erörterungen zufolge aus folgender Regel zu entnehmen:

Ist das Gesicht eines Beobachters, der parallel zur Drehachse aufgestellt ist, nach der Richtung der relativen Bewegung hingewendet, so ist diese ablenkende Kraft, wofern die Drehung des Raumes vom Standpunkte des Beobachters in ihrem Sinne mit der Bewegung eines Uhrzeigers übereinstimmt, nach der linken Hand desselben, dagegen, wenn die Drehung des Systems der Drehung des Uhrzeigers entgegengesetzt ist, nach der rechten Hand des Beobachters — und zwar stets sowohl zur relativen Bewegungsrichtung, als auch zur Drehachse senkrecht — gerichtet.

Die Größe dieser Kraft ist, wie eine nähere mathematische Untersuchung, in welche mich hier einzulassen mir die Rücksicht auf die anwesenden Damen verbietet, dies lehrt, durch das doppelte Product aus der Masse m des Beweglichen, der relativen Geschwindigkeit v und aus der Größe der Rotationsgeschwindigkeit w bestimmt. Ich will nur noch in Kürze bemerken, dass man dieses Product, wenn die Richtung der Drehachse nicht zur relativen Bewegungsrichtung normal ist, überdies noch mit dem Sinus des von den beiden letztgenannten Richtungen eingeschlossenen Winkels zu multiplicieren hat.

Auch bei unserer Erde sind die Verhältnisse analoger Art, wie bei der bisher betrachteten Drehscheibe. Denn auch unsere Erde dreht sich um ihre Achse, und zwar in der Richtung von West nach Ost. Demgemäß muss auch eine jede relative Bewegung auf unserer Erdoberfläche, kurz eine jede terrestrische Bewegung, die nicht zufälligerweise parallel zur Erdachse erfolgt (in welch letzterem Falle der Sinus des letzterwähnten Winkels, also auch die Größe der Kraft Null ist), von dieser zusammengesetzten Centrifugalkraft beeinflusst werden.

Da nun einem irgendwo auf der nördlichen Erdhemisphäre — etwa im Nordpol — stehenden Beobachter der Sinn der von West nach Ost stattfindenden Erddrehung als entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers erscheint, wie dies an jedem Erdglobus sofort ersichtlich ist, so muss die zusammengesetzte Fliehkraft auf der nördlichen Halbkugel stets nach der rechten Seite der relativen Bewegungsrichtung wirken, dagegen auf der ganzen südlichen Hemisphäre, auf welcher einem daselbst — z. B. am Südpol — aufgestellten Beobachter die Erddrehung als Drehung im Sinne des Uhrzeigers erscheint, links von der Bewegungsrichtung.

Freilich sind die Verhältnisse, sofern es auf die Größe der senkrecht zur Bewegungsrichtung und parallel zur Erdoberfläche, und zwar, wie eben erwähnt wurde, auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links wirkenden ablenkenden Kraft P ankommt, nicht so einfacher Natur wie früher bei der Drehscheibe. Es ist nämlich zunächst die Erde keine ebene Scheibe, sondern eine Kugel oder genauer ein Sphäroid, ferner erfolgen die terrestrischen Bewegungen nicht in einer geraden Linie, sondern meist in Curven u. s. w., woher es kommt, dass in den meisten Fällen nur eine Componente der zusammengesetzten Centrifugalkraft in der erwähnten Richtung wirkt, wozu meist noch eine Componente der Fliehkraft hinzukommt.

Ich habe die dahinzielenden ziemlich complicierten mathematischen Untersuchungen in den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften (76. Band im Juniheft und 81. Band im Maiheft) unter dem Titel: „Über den Einfluss der Rotation des Erdsphäroids auf terrestrische Bewegungen, insbesondere auf die Strömungen der Flüsse, auf Meeres- und Windströmungen" publiciert und erlaube mir, hier auf diese beiden Abhandlungen hinzuweisen.*)

Durch diese ablenkende Kraft P sind viele sehr wichtige Bewegungserscheinungen auf der Erde bedingt, auf welche sich zum großen Theile auch die Beweise für die Drehung unserer Erde stützen.

So wird es z. B. erklärlich, warum bei allen Luftströmungen auf der nördlichen Halbkugel, mögen sie

---

*) Ich leite daselbst unter anderem folgenden Wert für die Größe dieser ablenkenden Kraft P ab, den ich hier in Kürze für die der mathematischen Zeichensprache kundigen Leser beifüge:

$$P = 2\,m w u \sin\varphi - 2\,m w \frac{dh}{dt} \cos\varphi \cos\Theta + m u^2 \beta,$$

$$\text{wo } \beta = \frac{1}{u}\left[\frac{d\Theta}{dt} - \frac{dh}{dt}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \sin\Theta \cos\Theta\right] \frac{\sin\Theta \, tg.\varphi}{R} \text{ ist.}$$

m bedeutet hier die Masse des Beweglichen, w die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, u die relative horizontale Geschwindigkeitscomponente von m, φ die Polhöhe, h die lineare normale Entfernung des Punktes m von der Erdoberfläche, Θ das Azimuth der relativen Bewegungsrichtung desselben von Süd aus über West nach Nord u. s. w. gezählt, t die Zeit, R den in der Meridianebene gelegenen ersten und r den zweiten Hauptkrümmungshalbmesser jener Fläche, die im Abstande h zur Erdoberfläche äquidistant ist.

von dem Nordpol gegen den Äquator oder umgekehrt vom Äquator gegen den Nordpol oder auch längs eines Parallelkreises stattfinden, im allgemeinen das Bestreben obwaltet, von der Bewegungsrichtung stets nach rechts, auf der südlichen Halbkugel dagegen stetig nach links abzuweichen. So werden, um nur ein besonderes Beispiel anzuführen, infolge der Einwirkung dieser durch die Erdrotation bedingten ablenkenden Kraft P (was im Wesen schon Halley*) im Jahre 1735 als Grundursache erkannt hat) die unteren Passatwinde, die bekanntlich von den beiden Polen zu dem Äquator hinziehen, auf der nördlichen Halbkugel immer mehr nach rechts, d. i. nach Westen, auf der südlichen Halbkugel nach links, also gleichfalls nach Westen abgelenkt, treten also auf der nördlichen Halbkugel als Nordostwinde, auf der südlichen als Südostwinde auf, während der obere Passat, d. i. die in den Äquatorialgegenden aufsteigende Luft, die beiderseits gegen die Pole hin abfließt, aus gleichen Gründen als Südwestwind auf der nördlichen, als Nordwestwind auf der südlichen Halbkugel weht. Ebenso erscheinen die Monsuns (Moussons) im indischen Ocean auf der nördlichen Halbkugel aus demselben Grunde als Südwestwinde (vom April bis September), beziehungsweise als Nordostwinde (vom October bis März).

Lediglich der Wirkung der zusammengesetzten

---

*) The cause of the general tradewinds. Phil. Trans. for 1735.

Centrifugalkraft ist auch zuzuschreiben die als der maßgebendste Beweis für die Erddrehung in den astronomischen und geographischen Lehrbüchern immer citierte Drehung der Schwingungsebene des Foucolt'schen Pendels, d. i. einer an einem dünnen, sehr langen Draht hängenden und in einer Kreisbahn, deren Ebene vertical ist, infolge der Schwere schwingenden massiven Kugel, welche bei ihren Schwingungen sorgfältig vor Luftströmungen geschützt ist. Da die zusammengesetzte Centrifugalkraft auf der nördlichen Erdhalbkugel stetig im Sinne von links nach rechts wirkt, so muss auch die Schwingungsebene in diesem Sinne, d. i. im Sinne des Uhrzeigers, stetig abgelenkt werden, muss sich also drehen von N. über NO. nach O., SO., S., SW., W. u. s. w., während auf der südlichen Halbkugel die Drehung im entgegengesetzten Sinne stattfindet.

Auch die in meinem früheren Vortrage über terrestrische Gravitation erläuterte, durch die Versuche von Gulielmini, Benzenberg, Reich u. a. außer Zweifel gestellte Ablenkung der aus bedeutender Höhe fallenden Körper von der verticalen Fallrichtung nach Osten, welche Erscheinung ja auch zum Nachweise der Erdrotation angewendet wird, ist auf Rechnung der zusammengesetzten Fliehkraft zu setzen.

Den Artilleristen ist ferner wohlbekannt die, wenn auch unbedeutende, Ablenkung der Geschosse infolge der Erdrotation, und zwar nach rechts von der Flugrichtung auf der nördlichen, nach links auf der südlichen Halbkugel.

Einen mit Eifer verfolgten Gegenstand des Studiums der Geographen und Geologen bildet, um eine weitere Wirkung der ablenkenden Kraft P zu erwähnen, die Constatierung des Einflusses der Erdrotation auf Flussströmungen und auf die Gestaltung der Flussufer auf Grund des von dem Petersburger Akademiker C. E. Baer*) aufgestellten Gesetzes, demzufolge infolge der Achsendrehung der Erde die Wassermassen der Flüsse nach rechts auf der nördlichen, nach links auf der südlichen Halbkugel gedrängt werden und dadurch den Druck auf das entsprechende Ufer vermehren, was sich darin manifestiert, dass auf der nördlichen Halbkugel im allgemeinen das rechte Ufer das mehr angegriffene, steilere und höhere, das linke Ufer aber das flachere, den Überschwemmungen mehr ausgesetzte ist. Auch die in vielen Fällen in gleichem Sinne erfolgte Verschiebung des Strombettes sowohl in historischer als in vorhistorischer Zeit wird diesem Seitendrucke zugeschrieben, der, wenn er auch gering ist, so doch durch Jahrtausende stets in gleichem Sinne, und zwar in besonderem Maße bei eintretendem Hochwasser und bei Eisgang zerstörend auf das entsprechende Ufer wirkt.

Von Baer selbst wurde sein Gesetz constatiert an den russischen und sibirischen Flüssen, der Wolga,

---

*) „Bulletin de l'académie impérial des sciences de St.-Pétersbourg, 1860“ und „Studien aus dem Gebiete der Naturwissenschaften. St. Petersburg, 1873.“

Düna, Dwina, dem Dnieper, Don, Ob, der Lena, Kolyma u. s. w.

Von Professor Sueß*) ist ein dem Baer'schen Gesetze entsprechendes Verhalten der Donau überall dort nachgewiesen, wo dieselbe aus Felsspalten tritt und auf leicht zerstörbarem Boden dahinströmt, z. B. bei Aschach, Ardacker, Ypps, Schwechat, Deutsch-Altenburg u. s. w., besonders aber in der ungarischen Tiefebene; Peters**) wies dasselbe ebenso für den unteren Lauf der Donau, besonders im bulgarischen Terrain und für das Donaudelta nach und erklärte so besonders das Abdrängen des Kiliaarmes nach rechts. Dass auch der Nilstrom, besonders in seinem unteren Laufe, sich nach dem Baer'schen Gesetze richtet, hat Schweinfurth***) in evidenter Weise gezeigt. Schon früher wurde von Minutoli erkannt, dass der Nil in seinem ganzen Laufe durch Oberegypten sein Flussbett allmählich nach Osten hindrängt und die auf seinem rechten Ufer liegenden Ruinen alter Städte und Denkmäler zerstört, wenn auch Minutoli die eigentliche Ursache dieses Verhaltens nicht kannte. Es ist ferner

---

*) „Der Boden der Stadt Wien nach seiner Bildungsweise, Beschaffenheit und seinen Beziehungen zum bürgerlichen Leben, Wien, 1862" und „Über den Lauf der Donau", Österr. Revue, 1863, IV. Band.

**) „Über die geographische Gliederung der unteren Donau", Sitzungsber. der k. Akademie der Wissensch., 1865.

***) „Der Nil und das Baer'sche Gesetz der Uferbildung" (Petermanns Mittheilungen, 1865).

bekannt, dass im Nildelta die größte Wassermasse durch den rechten, d. i. östlichen Nilarm (den Damietter Arm) strömt, dass ferner viele von den am linken Nilufer gelegenen Orten, die im Alterthume von Bedeutung waren und sicher unmittelbar am Nilufer gestanden sind (Feschn, Abu-Girgeh, die Ruinen von Kynopolis, Kusieh, Siut, Hypsele, Abutig, Talitah), jetzt ziemlich entfernt (bis eine halbe Stunde) vom Flussufer sind und besonders aus diesem Grunde in Verfall gerathen.

Am auffallendsten muss sich aber die durch den Einfluss der Erddrehung bewirkte Ablenkung der Strömungen des fließenden Wassers nach der rechten Seite auf der nördlichen und nach der linken auf der südlichen Hemisphäre bei Meeresströmungen zeigen, da bei den letzteren das Bett und die Ufer nicht durch festes Erdreich und Gesteine, sondern durch leicht bewegliches Wasser gebildet ist. Wenn Sie, meine Herren und Damen, aufmerksam eine Karte der bestehenden Meeresströmungen betrachten, so finden Sie in der That, dass bei allen Strömungen im Meere, sofern die Wirkung der ablenkenden Kraft P nicht durch die Configuration naher Küsten, durch Gegenströmungen oder durch andere Umstände paralysiert wird, eine stete Ablenkung und infolge dessen eine Krümmung, und zwar auf der nördlichen Halbkugel im Sinne des Uhrzeigers, d. i. nach rechts, auf der südlichen Halbkugel im entgegengesetzten Sinne stattfindet.

Von besonderem Interesse für uns Europäer ist diesbezüglich der warme Golfstrom, jene mächtige

Meeresströmung des nordatlantischen Meeresbeckens, die im Golf von Mexico (daher der Name Golfstrom) in der engen Straße zwischen Florida, Cuba und den Bahamabänken ihren Ursprung hat und ins nördliche Eismeer sich ergießt, dabei aber nicht geradeaus gegen Norden strömt, wie dies zu erwarten wäre, sondern analog dem oberen Passatwinde nach rechts, d. i. gegen Osten, abgelenkt, also gegen Europa hin getrieben wird. Den bedeutenden Einfluss dieser uns Europäern in ganz hervorragendem Maße zugute kommenden Stromrichtung des Golfstromes auf Handel, Schiffahrt, Völkerverkehr u. s. w. will ich hier nicht beleuchten, da derselbe ja ohnehin allgemein bekannt ist. Am großartigsten und für uns am wohlthätigsten ist unstreitig der Einfluss des Golfstromes auf die klimatischen Verhältnisse Europas. Dem Golfstrome, dieser riesigen quer durch den atlantischen Ocean gehenden Warmwasserleitung im Naturhaushalte, welche die enorme im Golf von Mexico durch die Äquatorhitze gewonnene, von dem Wasser aufgenommene Wärmemenge zu uns nach Europa trägt, verdankt das ganze westliche Europa sein mildes Klima und damit seine Cultur. Dem Golfstrome ist es z. B. zuzuschreiben, dass der Pas de Calais, der Georgscanal, die Nordsee selbst im strengsten Winter eisfrei ist, so dass die Schiffahrt keine Unterbrechung erleidet, während unter derselben geographischen Breite die von der Nordsee nur durch den Sund, den großen und kleinen Belt getrennte Ostsee bis tief in den Frühling durch eine Eisdecke gefesselt ist; lediglich dem Golfstrome ist es zu verdanken, dass auf den britischen Inseln trotz ihrer nördlichen Lage der Winter viel wärmer ist als bei uns, dass z. B. in Dublin wie in Italien Cypressen und Myrthen im Freien, ohne eines Treibhauses zu bedürfen, gedeihen, dass auf den nördlich von Schottland gelegenen Orkneyinseln die Teiche im Winter nie zufrieren, dass sogar im hohen Norden die Westküste von Spitzbergen, die vom Golfstrome bestrichen wird, im Sommer stets eisfrei ist, während die vom Golfstrome unberührte Ostküste stets von Eisbergen umlagert ist u. s. w.

Und was ist es nun, fragen wir, das den Golfstrom von Amerika ablenkt und zu uns nach Europa treibt? Es ist dies die so wenig beachtete zusammengesetzte Centrifugalkraft, mit welcher wir uns im heutigen Vortrage vorwiegend beschäftigt haben. Dieser durch die Erddrehung bedingten Kraft haben wir, meine Herren und Damen, die Segnungen des Golfstroms zuzuschreiben, jenes für uns so überaus wohlthätigen Phänomens, dem, um mit den Worten des Geographen Petermann meinen Vortrag zu schließen, Europa — und dadurch die ganze Welt — seine Culturstellung verdankt.