

# Über himmlische, irdische und höllische Mechanik.

Von A. Sommerfeld.

Vortrag gehalten am 16. Mai 1939.

Im Jahre 1799 erschien der erste Band des monumentalen fünfbändigen Werkes „*Mécanique céleste*“ von Pierre Simon Laplace, späteren Grafen und Marquis Laplace, in dem nicht nur alle Probleme der damaligen Astronomie, sondern auch ihre mathematischen Grundlagen einschließlich der Wahrscheinlichkeitsrechnung, der Kugelfunktionen etc. behandelt sind. Unter seinem Einfluß und in den Händen der Mathematiker Lagrange, Gauß, Jacobi, um nur einige prominente zu nennen, entwickelte sich die Mechanik auf lange Zeit hauptsächlich als „himmlische Mechanik“, als Mechanik diskreter Massenpunkte, die mit Fernkräften aufeinander wirken.

Demgegenüber betonte Felix Klein (Professor in Erlangen 1872—1875, Erlanger Programm!) in seinen späteren Jahren die Bedeutung der „irdischen Mechanik“, d. h. einer Mechanik, die die physikalischen Eigenschaften der Materie und die technischen Bedürfnisse berücksichtigt und z. B. auch die Flüssigkeiten umfaßt. Die „Theorie des Kreisels“, die Klein zusammen mit dem Vortragenden 1899—1908 herausgab, sollte dieser Auffassung der Mechanik dienen.

Als „höllische Mechanik“ wollen wir (mit Herrn Perron) das Gebiet der Ballistik und ihrer zerstörenden Wirkungen bezeichnen. Ihre wissenschaftliche Untersuchung ist von dem berühmten Philosophen und bedeutenden Physiker Ernst Mach, der übrigens persönlich ein überzeugter Pazifist war, in die Wege geleitet und wird in den militär-wissenschaftlichen Laboratorien der ganzen Welt fortgeführt und immer mehr verfeinert.

Der heutige Vortrag soll Sie „mit bedächtiger Schnelle vom Himmel durch die Welt zur Hölle“ führen.

In den Zeiten von Kepler und Newton interessierte man sich unter allen Himmelskörpern am meisten für die Planeten. Die neuere Astronomie dagegen beschäftigt sich viel mehr mit den Fixsternen, die fast alle vom Charakter unserer Sonne, also selbstleuchtende Gebilde von wesentlich gasförmiger Natur und hoher Temperatur, sind. Die neueste Astronomie untersucht darüber hinaus, dank ihrer gesteigerten instrumentellen Ausrüstung, mit Vorliebe die fernen Spiralnebel und ihre Verteilung im Raum. Sie weist nach, daß diese Nebel Sternsysteme vom Charakter unserer Milchstraße sind, daß unsere Milchstraße nur eines von ungezählten ähnlichen Sternsystemen ist, und macht es wahrscheinlich, daß das Gesamtsystem der Nebel nicht ruht, sondern in zunehmender Ausdehnung begriffen ist („expanding universe“).

Unter den Fixsternen gibt es eine kleine Zahl von seltsamen Gebilden, die man weiße Zwerge nennt, im Gegensatz zu den roten Zwergen, die man als etwas zusammengeschrumpfte und abgekühlte Sonnen aufzufassen hat, und im Gegensatz zu den roten Riesen, die aufgeblähte, sehr verdünnte und noch nicht heiße Sonnen sind. Die weißen Zwerge können nur dann ihrer Natur nach erkannt werden, wenn sie als Begleiter einer gut beobachtbaren Sonne, also in einem Doppeltstern auftreten. Nur dann kann man nämlich aus der gegenseitigen Bewegung beider Partner die Masse und aus der bekannten Entfernung des Hauptsternes von unserem Sonnensystem (seiner „Paralaxe“) und der scheinbaren Helligkeit des Begleiters dessen absolute Helligkeit bestimmen. Aus dieser und der Beschaffenheit seiner Lichtausstrahlung (dem „Spektrum“) folgt dann die Größe der Oberfläche des Begleiters. Aus Masse und Größe berechnet man aber leicht die durchschnittliche Dichte des Sterns, d. h. die in der Volumeinheit enthaltene Masse. Bei dem am besten bekannten weißen Zwerg, dem Begleiter des Sirius (Sirius B genannt) findet man eine Masse ungefähr gleich derjenigen der Sonne und eine Dichte, die etwa 50 000mal so groß ist wie die des Wassers! Auch die anderen weißen Zwerge haben alle ungefähr die Masse der Sonne, eine vielmal kleinere Ausdehnung als diese und daher

eine viel tausendmal größere Dichte. Man erinnere sich, daß der spezifisch schwerste irdische Stoff, das Platin, nur 23mal schwerer als Wasser ist.

Die Materie der weißen Zwerge muß sich also in einem ganz anderen Zustande befinden als die irdische Materie. Wir sprechen von einem „entarteten Zustande“ und verstehen diesen auf Grund der heutigen Atomphysik folgendermaßen:

Die Atome bestehen je aus einem winzigen positiv geladenen Kern und einer verhältnismäßig weit ausgedehnten Hülle von negativen Elektronen. Die äußeren Elektronen dieser Hülle können sich unter Umständen aus dem Atomverband lösen, wie sie es bei den Metallen nachweisbar tun. Es bleibt dann ein viel kleineres Gebilde übrig, nämlich ein Kern, der nur von einem Teil der inneren Elektronen-Schalen umgeben ist. Eine enge Packung solcher Restgebilde und der frei gewordenen Elektronen könnte Dichten geben, die noch vielmal größer sind als die bei den weißen Zwergen beobachteten. Die Formeln, die diese „entarteten Zustände“ beschreiben, sind zum Teil genau dieselben, wie die in der modernen Metalltheorie bewährten.

Der junge Inder S. Kothari hat auf Grund sehr vereinfachter Annahmen die Aufgabe gelöst, die Größe eines Sternes zu berechnen, in dem eine gegebene Menge von entarteter Materie untergebracht werden kann. Es wird z. B. angenommen, daß die Materie ganz aus nur einer Sorte von Atomen bestehe; die Temperatur und die durch sie bestimmte Ausstrahlung kann dabei in erster Näherung ganz außer Betracht bleiben.

Kothari berechnet zwei Kurven, eine für Wasserstoff, die andere für Eisen, welche (in logarithmischem Maßstabe) den Radius des Sternes in Abhängigkeit von seiner Masse darstellen. Ein Schaubild zeigt den Streifen zwischen diesen beiden Kurven. Er besteht aus einem mit zunehmender Masse aufsteigenden Ast, der bei einer gewissen kritischen Masse umbiegt, um bei weiter zunehmender Masse in einen absteigenden Ast überzugehen. In dem aufsteigenden Ast liegen die Bildpunkte der Erde und aller kleineren Planeten einschließlich des Erdmondes. Ihre Radien sind wesentlich durch die elektrischen Kräfte des Atombaus und durch die Bewegungsenergie der Elektronen bestimmt; die Gravitationsenergie spielt bei ihnen noch keine merkliche Rolle. Das wird anders bei den großen Planeten Jupiter und Saturn,

die nahe dem Scheitel des Streifens zu liegen kommen; bei ihnen wird die Gravitation wesentlich und bewirkt das Umbiegen des Streifens. Im absteigenden Ast aber, wo die Gravitation die elektrische Energie des Atombaus übertrifft, liegen die Bildpunkte aller uns bekannten weißen Zwerge!

Unser Schaubild zeigt also einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den ältesten Objekten der astronomischen Forschung, unseren guten alten Planeten, und den jüngsten, seltensten Objekten der Sternkunde, den weißen Zwergen. Der Planeten-Ast zielt geradezu, sinngemäß verlängert, in das Gebiet der weißen Zwerge hinein. Planeten und weiße Zwerge sind als feste, in ihrem Elektronenaufbau entartete Körper zu bezeichnen. Die Sonnen dagegen, die in dem Kotharischen Schaubild weit oberhalb unseres Streifens zu liegen kommen würden, sind als nicht-entartete Gaskugeln aufzufassen.

Zur „irdischen Mechanik“ übergehend, wollen wir uns hauptsächlich mit den Flüssigkeiten beschäftigen. Zwischen dem mathematisch-physikalischen Studium der Flüssigkeiten, der Hydrodynamik, und ihrer technischen Behandlung, der Hydraulik, besteht eine weite Kluft. In der Hydrodynamik setzt man die Strömung als glatt und geregelt voraus, in der Hydraulik hat man es meist mit wirbelnden, turbulenten Strömungen zu tun. Die Lichtbild-Aufnahmen von Strömungen um ein Hindernis (Platte senkrecht oder schräg zur Strömung, Kugel im Strömungsfelde etc.) zeigen auf der Vorderseite des Hindernisses das gesetzmäßig geregelte Bild der Hydrodynamik, auf der Rückseite aber eine charakteristische „Wirbelstraße“. Auch am Modell eines Doppeldeckers sieht man, an die Rückseite der Tragflächen anschließend, Wirbelschnüre. Um beim Luftschiff die Energieverluste durch Wirbel möglichst herunterzusetzen, soll man ihm die „Stromlinienform“ geben: vorne breit, hinten spitz auslaufend, ähnlich der Form der Fische. Eine Aufnahme von fortschreitenden Wasserwellen zeigt, daß die Wasserteilchen an der Oberfläche Kreisbahnen beschreiben, in der Tiefe Ellipsenbahnen, die sich nahe dem Boden zu geraden Strecken parallel dem Boden abflachen.

Die ballistischen Aufnahmen enthüllen demgegenüber eine ganz neue Welt von Erscheinungen. Das mit Ueberschall-

geschwindigkeit dahineilende Geschoß läßt die von ihm ausgehenden Kompressionswellen hinter sich zurück, welche letzteren sich von jedem früheren Orte der Geschoßbahn aus mit Schallgeschwindigkeit als Kugelwellen ausbreiten. Die Umhüllende aller dieser Kugelwellen bildet einen Kegel, den man nach M a c h einfach konstruieren kann. Daß man die so entstehenden Luftverdichtungen und -verdünnungen photographisch festhalten kann, beruht auf der empfindlichen „Schlierenmethode“, wobei das Geschoß selbst durch Kontaktwirkung die Öffnung und Schließung der photographischen Kammer sowie die Auslösung der Beleuchtung zu besorgen hat.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1939

Band/Volume: [71](#)

Autor(en)/Author(s): Sommerfeld Arnold

Artikel/Article: [Ober himmlische, irdische und höllische Mechanik. 178-182](#)