

**DIE FALLGESETZE:
IHRE GESCHICHTE
UND IHRE BEDEUTUNG**

Published @ 2017 Trieste Publishing Pty Ltd

ISBN 9780649769766

Die Fallgesetze: Ihre Geschichte und Ihre Bedeutung by Dr. H. E. Timerding

Except for use in any review, the reproduction or utilisation of this work in whole or in part in any form by any electronic, mechanical or other means, now known or hereafter invented, including xerography, photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, is forbidden without the permission of the publisher, Trieste Publishing Pty Ltd, PO Box 1576 Collingwood, Victoria 3066 Australia.

All rights reserved.

Edited by Trieste Publishing Pty Ltd.
Cover @ 2017

This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade or otherwise, be lent, re-sold, hired out, or otherwise circulated without the publisher's prior consent in any form or binding or cover other than that in which it is published and without a similar condition including this condition being imposed on the subsequent purchaser.

www.triestepublishing.com

DR. H. E. TIMERDING

**DIE FALLGESETZE:
IHRE GESCHICHTE
UND IHRE BEDEUTUNG**

MATHEMATISCHE BIBLIOTHEK
HERAUSGEGEBEN VON **W. LIETZMANN** UND **A. WITTING**

5

DIE FALLGESETZE
IHRE GESCHICHTE UND IHRE BEDEUTUNG

VON
DR. H. E. TIMERDING
PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE
IN BRAUNSCHWEIG

MIT 20 FIGUREN IM TEXT



LEIPZIG UND BERLIN
DRUCK UND VERLAG VON **B. G. TEUBNER**
1912

0699/15979

VORWORT.

Daß in einer mathematischen Bibliothek auch eine Schrift über die Fallgesetze Aufnahme findet, bedarf wohl kaum einer Rechtfertigung, trotzdem die Fallbewegung in die Physik und nicht in die Mathematik gehört. Es handelt sich hier, wenn auch nicht um rein mathematische Begriffe, so doch um eine der wichtigsten Anwendungen der Mathematik und ferner auch um einen in der mathematischen Didaktik höchst bedeutsamen Punkt. Es ist nämlich dies die Stelle, wo Infinitesimalbetrachtungen zum erstenmal zum Vorschein kommen. Wenn nun auch in dieser kleinen Schrift die mathematische Seite ganz besonders betont ist, so ist doch keineswegs die Einführung, sondern eher die Umgehung der Infinitesimalmethoden bei der Behandlung des freien Falles die Aufgabe gewesen. Gewiß nicht, um die Infinitesimalmethoden zurückzudrängen, sondern um die geometrische Ausbeutung des Problems voll zu ihrem Recht kommen zu lassen.

Daß ich den Weg einer historischen Betrachtungsweise gewählt habe, um die methodische Bedeutung der behandelten Fragen möglichst klar und eindringlich herauszuheben, bedarf keiner Verteidigung mehr, seit Ernst Mach dies Verfahren mit so außerordentlichem Erfolge angewendet hat. Auf dessen ebenso gehaltreiches wie frisch und unterhaltend geschriebenes Buch *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch und kritisch dargestellt* (Leipzig, Brockhaus, 1. Auflage 1883, 7. Auflage 1911) kann ich den Leser um so dringender hinweisen, als ich hier ja nur einen kleinen Ausschnitt aus der Mechanik behandelt habe. Allerdings glaube ich damit gerade einen Punkt getroffen zu haben, in dem Machs Darstellung einer Ergänzung bedarf.

Was ich, dem Leser sonst an weiterführender Literatur

1440 2. 14. 10. 2 - 37

anführen kann, sind von der einen Seite her nur Lehrbücher – was die physikalische Seite betrifft, etwa der erste Band von Müller-Pouillet's großem *Lehrbuch der Physik und Meteorologie* (Braunschweig, Vieweg, 10. Aufl. 1906), wo eine ausführliche Darstellung der Fallgesetze und der verschiedenen Methoden zu ihrer experimentellen Bestätigung zu finden ist, und was die geometrische Seite angeht, etwa Ganter und Rudios *Elemente der analytischen Geometrie* (Leipzig, Teubner, 7. Aufl. 1910) – auf der anderen Seite aber möchte ich, die Persönlichkeit Galileis betreffend, das Werk von Emil Wohlwill, *Galilei und sein Kampf für die copernikanische Lehre* (Hamburg und Leipzig, Voß, 1. Band 1909) aufs wärmste empfehlen.

Braunschweig, Dezember 1911.

H. E. Timerding.

INHALTSÜBERSICHT.

	Seite
1. Galilei und Aristoteles	1
2. Galileis erste Versuche und Ergebnisse	8
3. Geometrische Darstellung der Fallgesetze	15
4. Geschwindigkeit und Beschleunigung	22
5. Allgemeinere Gesichtspunkte	32
6. Der Ausbau und die Bestätigung der Fallgesetze	38

1. GALILEI UND ARISTOTELES.

Mit den Fallgesetzen beginnt nicht nur im physikalischen Unterricht die wissenschaftliche Erklärung der Naturerscheinungen, es bedeutet auch in der historischen Entwicklung ihre Entdeckung den Anfang der modernen Physik. Wir schulden diese Entdeckung ganz und gar dem großen Genius des Galileo Galilei (1564–1642), der sich dadurch nicht minderen Ruhm erworben hat wie durch seine entscheidenden Entdeckungen am gestirnten Himmel. Was unsere Bewunderung an diesem einzigartigen Manne besonders erregt, ist, daß er nicht etwa durch einen glücklichen Zufall zu seinen Entdeckungen gelangte, sondern daß er sich auch ihrer prinzipiellen Tragweite voll bewußt war, daß er an ihnen das Wesen der ganzen Wissenschaft, der sie angehörten, klar erkannte und darlegte. So übersah er mit voller Deutlichkeit, daß seine Fallgesetze den Weg zu einer neuen Lehre von der Bewegung überhaupt eröffneten. Er hat von ihnen ausgehend nicht bloß das methodisch geleitete Versuchs- und Beobachtungsverfahren als die Grundlage jeder Naturerkenntnis hingestellt, er hat auch die Mathematik als das unentbehrliche Hilfsmittel jeder exakten Naturbeschreibung erkannt und durch einen glänzenden Beweis für den entscheidenden Fortschritt, der in ihrer richtigen Verwendung liegt, für alle Zukunft an die ihr gebührende Stelle eingesetzt.

Wenn wir daher die Darstellung der Fallgesetze und ihrer Bedeutung zu unserer Aufgabe machen, so können wir nichts Besseres tun als den Spuren Galileis zu folgen. Dabei wird sich nicht bloß der physikalische Charakter der Fallgesetze am deutlichsten ergeben, es wird sich auch zeigen, welche Fortschritte in der mathematischen Analyse und ihrer Anwendung auf die Naturerscheinungen sie mit sich geführt haben.

Die Darstellung, die Galilei von den Fallgesetzen gegeben hat, verteilt sich auf zwei Schriften, die überhaupt die wichtigsten und bekanntesten unter seinen Werken sind. Beide sind in Gesprächsform gehalten; die erste, die 1632 erschien, führt den Titel: *Gespräch über die beiden größten Weltsysteme, das ptolemäische und das kopernikanische*, die andere, sechs Jahre später veröffentlichte lautet: *Unterredungen und mathematische Beweise über zwei neue Wissenschaften, welche die Mechanik und die örtlichen Bewegungen zum Gegenstande haben*.

Als die erste dieser Schriften erschien, war Galilei bereits nahezu 70 Jahre alt. Dennoch zeigt sie eine jugendliche Frische und Lebendigkeit der Darstellung. Sie ist nicht bloß durch ihren Inhalt, sondern auch durch die klassische Reinheit und Schönheit ihrer Form ausgezeichnet. Am berühmtesten ist sie freilich dadurch geworden, daß sie es war, welche die Verurteilung Galileis durch die römische Inquisition zur Folge hatte. Wenn Galilei derart zum Märtyrer seiner Überzeugung geworden ist, so darf man freilich damit nicht den Gedanken verbinden, daß er seine Ansicht mutig bis zum letzten Augenblick verteidigt hat. Im Gegenteil, er erregte den Verdacht des Inquisitionsgerichtes vielmehr durch eine übermäßige Bereitwilligkeit zu jedem Widerruf. Man vermutete nicht mit Unrecht, daß dieser Widerruf wenig aufrichtig gemeint war. Nachdem einmal das Buch gedruckt war, verschlug es wenig, was sein Verfasser persönlich äußerte. Was er zu sagen hatte, war für alle Zeiten unzerstörbar niedergelegt.

Der Titel des Buches läßt schon erkennen, daß die Verteidigung des kopernikanischen Weltsystems der eigentliche Zielpunkt war. Die Fallgesetze kommen dabei nur insoweit in Frage, als sie zu dieser Verteidigung beitragen. Zur vollen Hauptsache sind sie erst in der zweiten Schrift geworden — die örtliche Bewegung ist nichts anderes wie die Fallbewegung —. In dieser Schrift hat Galilei das eigenartige Verfahren gewählt, eine von ihm sehr viel früher abgefaßte lateinische Abhandlung in den italienischen Dialog einzuschleiben; der Dialog hat dabei nur den Zweck, diese Abhandlung in der Darstellung zu ergänzen und zu erläutern.

Die Personen des Dialoges sind in beiden Schriften die-

selben: Salviati, Sagredo und Simplicio. Die ersten beiden tragen die Namen von wirklichen Persönlichkeiten und Bekannten Galileis, der dritte Name ist vielleicht dem Erklärer des Aristoteles, Simplicius, nachgebildet. Mir scheint es aber nicht unwahrscheinlich, daß Galilei auch an die buchstäbliche Bedeutung des Namens dachte. Denn Simplicio ist in den Gesprächen der Wortführer der Ansichten, die Galilei nicht bloß bekämpft, sondern als albern und unvernünftig empfindet, nämlich des wortgläubigen Scholastizismus, der an der Autorität des Aristoteles unbedingt festhält und als bewiesen ansieht, was er durch eine Stelle aus seinen Schriften belegen kann.

Sagredo erscheint dagegen als der Vertreter der Naturphilosophie, die sich in der Renaissancezeit an den physikalischen Schriften des Aristoteles entwickelt, aber ihre eigenen Wege eingeschlagen hat, wenn sie ihre Aufgabe auch mehr im Nachdenken über den Grund der Erscheinungen sieht als in der Erforschung der Natur auf Grundlage und innerhalb der Grenzen der Erfahrung. Salviati endlich ist die Verkörperung von Galileis eigenen Ansichten, ihm wird die kritische Sichtung und die positive Feststellung des wahren Sachverhaltes in den Gesprächen übertragen.

Es ist aber wohl zu beachten, daß auch Sagredo und Simplicio nicht bloß frühere Standpunkte der wissenschaftlichen Betrachtung, sondern auch frühere Stadien in Galileis eigener Entwicklung repräsentieren. Galilei stand auf Simplicios Standpunkt während seiner Studentenzeit, er rang sich als Dozent in Pisa von diesen Ansichten los und drang zu der freien naturphilosophischen Spekulation vor, die Sagredo vertritt. Erst in Padua am Beginn des neuen Jahrhunderts kommen in ihm allmählich die Ideen einer von allen Schulmeinungen freien, auf der unbefangenen Prüfung der Tatsachen beruhenden Naturwissenschaft auf.

Den Zugang zu dieser neuen Wissenschaft hat er nur durch den antiken Atomismus gefunden. Immer mehr neigt sich bei ihm die Wage zugunsten des Demokrit gegenüber der Qualitätenlehre des Aristoteles. Er hat aber dabei die große Bedeutung dieses Mannes nie verkannt, der eine wissenschaftliche Sprache geschaffen, der die Normen des wissenschaftlichen Denkens für alle Zeiten festgelegt und

der überhaupt für die Möglichkeit einer wirklichen Wissenschaft erst den Boden bereitet hat. Vor Aristoteles hatte jede wissenschaftliche Forschung nur dichterische Bilder als einzige Form ihres Ausdrucks, er zuerst schuf die nüchternen, aber auch durchsichtig klare Äußerung des abstrakten Denkens.

Man darf nie vergessen, daß die Absicht des Aristoteles nicht die Aufhellung des natürlichen Geschehens war. Sein wirkliches Gebiet war das Reich der Vernunft, die Klärung und Durchleuchtung der menschlichen Verhältnisse. Es ist ein ethischer Zielpunkt, der ihn beherrscht. Auf diesen Zielpunkt wendet er alles hin, auch seine Naturphilosophie, die übrigens keineswegs eine originale Schöpfung von ihm, sondern nur eine abgerundete und ergänzte Auslese aus den Arbeiten seiner Vorgänger ist.

Wie sehr moralische Gesichtspunkte ihn beherrschen, zeigt Aristoteles deutlich darin, daß er sein ganzes Weltbild auf dem Gegensatz des Vollkommenen und Unvollkommenen aufbaut. Der Gegensatz von der Vollkommenheit des Geistigen, das seinen Sitz oben in den Himmeln hat, und der Unvollkommenheit alles Irdischen mutet so völlig christlich an, daß es gewiß nicht wundern kann, wenn die Wissenschaft des Mittelalters, die durchaus ihrem innersten Wesen nach theologisch war, an dieser Lehre, nachdem sie sie einmal aufgenommen hatte, entschieden festhielt.

Der große Umschwung trat ein, als mit der steigenden Entwicklung und Wertschätzung der äußeren Kultur sich das Interesse von der geistigen Vervollkommnung ab und der Erforschung und Beherrschung der Natur zuwandte. Mit einem Wust von Aberglauben, der in der übermäßigen Gier nach Gold und Macht, nach Erhaltung der körperlichen Wohlfahrt und nach der Ausbreitung des äußeren Lebens seinen Grund hat, wuchs in der Renaissance auch der heiße Wunsch, in die Geheimnisse der Natur einzudringen, mächtig empor. Alles das hat ja Goethe in seinem Faust in dichterischer Verklärung und doch historisch treu und wahr dargestellt. So kam es, daß von den Schriften des Aristoteles die physikalischen Bücher immer mehr studiert, daß die darin geäußerten Ansichten aber nun auch ausgebaut, abgeändert und bekämpft wurden. Bei allen Naturphilosophen