

37.

BERICHT

ÜBER DIE

ERRICHTUNG EINES DENKMALES

FÜR

LUDWIG BOLTZMANN

IM ARKADENHOF DER WIENER UNIVERSITÄT

ERSTATTET VON

Dr. F. HASENÖHRL

PROFESSOR DER
THEORETISCHEN PHYSIK AN DER K. K. UNIVERSITÄT IN WIEN.



WIEN 1913.

IM SELBSTVERLAGE DES BERICHTERSTATTERS.

BERICHT ÜBER DIE ERRICHTUNG EINES DENKMALES FÜR LUDWIG BOLTZMANN

IM ARKADENHOF DER WIENER UNIVERSITÄT

ERSTATTET VON
Dr. F. HASENÖHRL
PROFESSOR DER
THEORETISCHEN PHYSIK AN DER K. K. UNIVERSITÄT IN WIEN.



WIEN 1913.
IM SELBSTVERLAGE DES BERICHTERSTATTERS.

Im Frühjahr 1910 bildete sich ein aus den Herren F. Ehrenhaft, F. Exner, F. Hasenöhrl, G. Jäger, V. v. Lang, E. Lecher, H. Mache, St. Meyer, J. Nabl, A. v. Obermayer, R. Wegscheider bestehendes Komitee, das sich die Vorbereitung der Errichtung eines Denkmals für Ludwig Boltzmann zur Aufgabe machte. Der Gedanke fand überall lebhafte Zustimmung, und so konnte zu Beginn des Jahres 1911 der folgende Aufruf versandt werden.

Aufruf zur Errichtung eines Boltzmann-Denkmales.

Das unterzeichnete Komitee plant die Errichtung eines Denkmals für Ludwig Boltzmann im Arkadenhof der Wiener Universität. Neben dem unvergänglichen Denkmal, das Boltzmann sich selbst geschaffen, soll es ein Wahrzeichen der Dankbarkeit und Bewunderung sein, die unsere Zeit dem großen Forscher zollt.

Nach den an der Wiener Universität geltenden Bestimmungen kann die Errichtung eines Denkmals fünf Jahre nach dem Tode erfolgen. Da nun bereits vier Jahre seit Boltzmanns Tod verflossen sind, erscheint es an der Zeit, die Subskription zu eröffnen.

Es wird gebeten, einen geneigten Beitrag an das Scheckkonto bei der k. k. Postsparkasse in Wien Nr. 108.276, „Chemisch-physikalische Gesellschaft Boltzmann-Denkmal, Wien“ oder an Herrn O. Waldstein, k. k. Hofoptiker, Wien I., Kohlmarkt 3, zu senden.

M. Abraham, Mailand.

A. v. Baeyer, München.

W. D. Bancroft, Ithaca N. Y.

C. Barus, Providence.

H. Benndorf, Graz.

D. Berthelot, Paris.

P. Blaserna, Rom.

J. Borgmann, St. Petersburg.

E. Bose, La Plata.

F. Braun, Straßburg.

J. W. Brühl, Heidelberg.

A. H. Bucherer, Bonn.

P. Cardani, Parma.

O. Chwolson, St. Petersburg.

Th. Des Coudres, Leipzig.

C. Dieterici, Kiel.

P. Duhem, Bordeaux.

H. Ebert, München.

F. Ehrenhaft, Wien.

A. Einstein, Prag.

J. Elster, Wolfenbüttel.

F. Exner, Wien.

R. Baron Eötvös, Budapest.

G. v. Escherich, Wien.

- A. v. Ettinghausen, Graz.
J. Finger, Wien.
W. Feußner, Marburg.
B. Fürst Galitzin, St. Petersburg.
R. Gans, Tübingen.
A. Garbasso, Genua.
H. Geitel, Wolfenbüttel.
J. v. Geitler, Czernowitz.
E. Goldstein, Berlin.
D. Goldhammer, Kasan.
H. Goldschmidt, Kristiania.
L. Graetz, München.
L. Grunmach, Berlin.
F. Haber, Karlsruhe.
E. Hagen, Berlin.
W. Hallwachs, Dresden.
G. Hamel, Brünn.
J. v. Hann, Wien.
A. Hantzsch, Leipzig.
H. Happel, Tübingen.
E. Haschek, Wien.
F. Hasenöhrl, Wien.
G. Herglotz, Leipzig.
W. Hittorf, Münster i. W.
O. Hölder, Leipzig.
K. Hochegger, Wien.
G. Jäger, Wien.
H. C. Jones, Baltimore.
W. H. Julius, Utrecht.
H. Kamerlingh Onnes, Leiden.
W. Kaufmann, Königsberg.
H. Kayser, Bonn.
E. Kobald, Leoben.
W. König, Gießen.
E. Kohl, Wien.
F. Koláček, Prag.
A. Korn, Berlin.
O. Krieger-Menzel, Berlin.
J. P. Kuenen, Leiden.
F. Kurlbaum, Berlin.
J. J. van Laar, Haarlem.
A. Lampa, Prag.
V. v. Lang, Wien.
J. Larmor, Cambridge.
M. Le Blanc, Leipzig.
E. Lecher, Wien.
O. Lehmann, Karlsruhe.
F. v. Lerch, Innsbruck.
T. Levi-Civita, Padua.
F. Lippich, Prag.
H. A. Lorentz, Leiden.
O. Lummer, Breslau.
E. Mach, Wien.
H. Mache, Wien.
E. Mathias, Toulouse.
St. Meyer, Wien.
G. Mie, Greifswald.
J. Nabl, Wien.
F. Neesen, Berlin.
W. Nernst, Berlin.
V. v. Niesiołowski, Mödling.
A. v. Obermayer, Wien.
W. Ostwald, Leipzig.
F. Paschen, Tübingen.
L. v. Pfaundler, Graz.
M. Planck, Berlin.
E. Pringsheim, Breslau.
K. Przibram, Wien.
J. Puluj, Prag.
G. Quincke, Heidelberg.
M. Radaković, Czernowitz.
Sir W. Ramsay, London.
M. Reinganum, Freiburg i. B.
F. Richartz, Marburg.
E. Riecke, Göttingen.
A. Raiti, Florenz.
V. Rothmund, Prag.
H. Rubens, Berlin.
C. Runge, Göttingen.
E. Rutherford, Manchester.
G. Sagnac, Paris.
N. Schiller, St. Petersburg.

F.A.H.Schreinemakers, Leiden.	O. Waldstein, Wien.
A. Schuster, Manchester.	E. Warburg, Berlin.
E. v. Schweidler, Wien.	A. Wassmuth, Graz.
A. Sommerfeld, München.	H. F. Weber, Zürich.
J. Stark, Aachen.	L. Weber, Kiel.
V. Strouhal, Prag.	A.G. Webster, Worcester Mass.
F. Streintz, Graz.	R. Wegscheider, Wien.
A. Szarvassy Brünn.	L. Weinck, Prag.
G. Tammann, Göttingen.	B. Weinstein, Berlin.
M. Toepler, Dresden.	E. Weiß, Wien.
W. Trabert, Wien.	E. Wiedemann, Erlangen.
J. Tuma, Prag.	M. Wien, Jena.
O. Tumlitz, Innsbruck.	W. Wien, Würzburg.
W. Voigt, Göttingen.	O. Wiener, Leipzig.
P. Volkmann, Königsberg.	W. Wirtinger, Wien.
J. D. van der Waals, Amsterdam.	P. Zeemann, Amsterdam.

Binnen kurzer Zeit waren die erforderlichen Mittel aufgebracht und es wurde der akademische Bildhauer Herr Leo Brandeisky mit der Ausführung des Denkmals betraut. Dasselbe wurde im November 1912 im Arkadenhof der Wiener Universität aufgestellt.

Aus diesem Anlasse fand am 7. Dezember 1912 im Festsaale der Universität eine Feier statt, zu der sich die Witwe Boltzmanns, Frau Henriette Boltzmann, seine Kinder Herr Dr. Artur Boltzmann, Fräulein Dr. Henriette Boltzmann und Fräulein Else Boltzmann, die Vertreter des k. k. Ministeriums für Kultus und Unterricht, der Akademische Senat und zahlreiche Fachgenossen, Freunde und Schüler des Verewigten eingefunden hatten.

Die Feier wurde durch einen vom akademischen Gesangsverein gesungenen Chor eingeleitet, worauf der Rektor der Universität, Herr Hofrat Prof. Dr. Anton Wechselbaum, folgende Ansprache hielt:

Hochansehnliche Versammlung!

Es ist für mich als derzeitigen Rektor der Universität eine angenehme Pflicht, die so zahlreich erschienenen Festgäste in geziemender Weise zu begrüßen. Wir haben uns hier anlässlich der Enthüllung eines von Künstlerhand geschaffenen Denkmals versammelt, um in solennner Weise das Andenken an einen Mann zu ehren, welcher nicht blos eine Zierde unserer Alma mater gewesen, sondern der unter den Geistesheroen aller Völker und Zeiten einen hervorragenden Platz einnimmt. Ich muß es selbstverständlich dem Festredner als dem be-

rufenen Fachmanne überlassen, die epochalen Leistungen Boltzmanns auf dem Gebiete der theoretischen Physik in gebührender Weise zu würdigen; aber auch den Nichtfachmännern ist es wohl bekannt, daß Boltzmann zu jenen auserlesenen Geistern gezählt wird, zu denen man nicht nur mit Bewunderung aufblickt, sondern vor welchen man auch das Haupt in tiefer Verehrung neigt. Das Denkmal, welches heute in den Arkaden enthüllt und von mir in das Eigentum der Universität übernommen wird, soll in den akademischen Kreisen die Erinnerung an den uns viel zu früh entrissenen großen Meister wahren; aber es ist doch nur ein vergängliches und äußeren Einflüssen unterworfenes Werk, während die Geistestaten Boltzmanns ein unvergängliches und unsterbbares Werk darstellen, welches dem Namen seines Schöpfers die Unsterblichkeit sichert.

Ich gestatte mir noch, die freundliche Einladung an die hier versammelten Festgäste zu richten, nach dem Schluße der Feierlichkeit in die Arkaden behufs Besichtigung des Denkmals sich begeben zu wollen.

Prof. F. Hasenöhrl hielt hierauf die im folgenden abgedruckte Festrede, worauf die Feier mit dem Absingen des „Gaudeamus igitur“ durch den akademischen Gesangsverein schloß.

Festrede

gehalten von Professor F. Hasenöhrl.

Hochansehnliche Versammlung!

Wir haben uns heute vereint, das Andenken Ludwig Boltzmanns zu feiern. Sechs Jahre sind verflossen, seit er zu Grabe getragen ward, und allmählich kommt neben dem Schmerz über den Verlust dessen, was an Boltzmann vergänglich war, das Gefühl des Stolzes und der Freude an den unvergänglichen Gütern, die er uns hinterlassen, zur Geltung.

Unsere Zeit blickt mit Bewunderung auf ihn als einen der größten Forscher, die je gelebt; wir Österreicher freuen uns, daß ein solcher Mann in unserem Vaterlande geboren ist; uns Angehörige der Universität erhebt das Bewußtsein, daß ein Boltzmann an der Stätte unserer Arbeit gewirkt hat.

Wir feiern einen der Unsern. Dieser Gedanke ist es, der heute diesen Saal mit einer glänzenden Versammlung füllt; der nicht nur die Männer der Wissenschaft, nicht bloß Angehörige der Universität, sondern Vertreter aller gebildeten Stände Wiens hier zusammenführt.

Wer den Reichtum der Begabung und Betätigung Boltzmanns kennen gelernt hat, der muß die ganze Schwierigkeit der Aufgabe fühlen, die darin liegt, ein nur einigermaßen entsprechendes Bild des allzufrüh dahingeschiedenen Meisters zu entwerfen. Es liegt nahe, aus der Fülle seines Wirkens und seiner Persönlichkeit jene Seite herauszugreifen, welche seinem Leben Richtung und hauptsächlichsten Inhalt gab und die zugleich der hohen Schule, zu deren Zielen er gehörte, den Anlaß zu der heutigen Feier geboten hat.

Boltzmann war theoretischer Physiker. Das physikalische Experiment war ihm nicht fremd; namentlich in jüngeren Jahren führte er mehrere glänzende Experimental-Untersuchungen durch. Der Schwerpunkt seines Lebenswerkes aber liegt auf dem Gebiete der theoretischen Physik. „Der Ausbau der Theorie liegt mir vor allem am Herzen“, sagt er selbst.

Schwer macht sich der Nichtphysiker ein Bild von den Aufgaben, der Methode und den Zielen der theoretischen Physik. Viel an-

schaulicher ist jedem Gebildeten die experimentelle Forschung; die Leistungen eines Röntgen, eines Marconi sind in aller Munde; die Bedeutung solcher Errungenschaften, ihre Nutzen für die Menschheit, springt in die Augen. Dagegen ist die Rolle, welche die theoretische Physik bei solchen Entdeckungen spielt, weiteren Kreisen mehr oder weniger unbekannt. Doch darf man getrost sagen, daß die experimentelle Physik und damit auch die Technik ihre Erfolge zum großen Teil der Theorie verdanken; daß es gerade die theoretische Physik ist, welche die physikalische Forschungsmethode über die der anderen Naturwissenschaften erhebt.

Die vornehmste Aufgabe der theoretischen Physik ist, sie überaus mannigfaltigen und verwickelten Erscheinungen, die das Experiment feststellt, zu erklären. Glaubt der Theoretiker die Ursache einer Erscheinung gefunden zu haben, so schließt er deduktiv auf andere Wirkungen derselben Ursachen; so kann er neue, noch nicht beobachtete Erscheinungen voraussagen, der experimentellen Arbeit den Weg weisen.

Das eigentliche Arbeitsfeld der theoretischen Physik ist das Gebiet, welches dem Experiment nicht zugänglich ist, das Metaphänomenale. Da wo die Erfahrung nichts mehr aussagen kann, beginnt die Hypothese. So sind auch alle physikalischen Theorien Hypothesen; sie entstehen und verschwinden wieder und werden nur in seltenen Fällen vollkommen gesicherter Besitz der Wissenschaft, während die durch die Erfahrung festgestellte Tatsache stets bleibenden Wert hat.

Derartige Erwägungen haben vor einigen Dezennien das Entstehen und die Verbreitung einer Richtung bewirkt, welche der Theorie in ihrem eigentlichen Sinne, der Erklärung der Naturphänomene, die Berechtigung absprach. Nur die Beschreibung, natürlich die geordnete, möglichst einfache Beschreibung, wie sie in vollkommenster Weise die mathematische Formel liefert; sei von wissenschaftlichem Wert. Die theoretische Physik sei sozusagen nichts anderes, als eine Systematik der physikalischen Erscheinungen. Eine wirkliche Erklärung sei nicht möglich, die letzte Ursache uns stets verborgen, alles Grübeln über Metaphänomenales nicht besser als Metaphysik. Wer das Metaphänomenale durch Begriffe deuten wolle, die aus seiner menschlichen Erfahrung stammen, bringe Anthropomorphes in Gebiete, die ganz unabhängig vom Menschen und von der menschlichen Denkweise bestehen.

Ich kann mich nicht auf diesen Standpunkt stellen und werde in dieser Haltung bestärkt, wenn ich von Boltzmann spreche; der gerade die Erklärung der Naturphänomene so sehr gefördert hat. Doch

mußte ich dieser, eigentlich mehr erkenntnistheoretischen Erwägungen hier Erwähnung tun, da sie, von mehreren hervorragenden Gelehrten glänzend vertreten, einige Zeit hindurch tatsächlich auf die physikalische Forschung Einfluß genommen haben. Diese positivistische Richtung, die von der Theorie nichts anderes als Klassifizierung fordert, war nicht der Anerkennung Boltzmanns hinderlich — ein Boltzmann mußte stets anerkannt werden; wohl aber hat sie das Verständnis und die Verbreitung seiner Ideen einige Zeit hindurch verzögert.

Die letzten Dezennien haben hier wieder Wandel geschaffen. Die jetzige theoretische Forschung strebt nach Höherem, als es die bloße Beschreibung der Naturphänomene ist; sie sucht Aufschluß über Gebiete, die unserer direkten Wahrnehmung stets verborgen bleiben werden, sie führt zu Folgerungen, deren Verifikation die Experimentalphysik noch lange nicht gewachsen ist, die nachzuweisen unsere besten Apparate nicht empfindlich genug sind. Sie trachtet in der Tat der Natur ihre Geheimnisse abzuringen, sie hat die Resignation des Dubois-Reymond'schen Ignorabimus in mancher Beziehung abgelegt.

Zum großen Teil basiert die moderne theoretische Physik auf den Ideen Boltzmanns, und es ist tief zu beklagen, daß er die jetzige Zeit nicht mehr erlebt. Er wäre in erster Linie berufen gewesen, an der Lösung der eminent schwierigen Aufgaben zu arbeiten, die gerade jetzt der Forschung erwachsen. Zu der inneren Befriedigung, die ihm im höchsten Grade zuteil geworden sein muß, hätte sich die Freude an den äußeren Erfolgen seiner schöpferischen Kraft, an der so fruchtbringenden Verwertung seiner Ideen gesellt. Vielleicht hätte er auch seine gewichtige Stimme erhoben, die Forschung vor allzu kühnen Bahnen zu warnen, die sie jetzt oft einschlägt.

Das eigenste Arbeitsgebiet Boltzmann's ist die Molekulartheorie der Materie, die kinetische Theorie der Wärme.

Die Hypothese, daß die Materie aus kleinsten Teilchen, aus Atomen und Molekülen besteht, ist uralt. Jüngeren Datums ist die konsequente Durchbildung der Theorie, welche die Wärme, den Energieinhalt eines Körpers als die Bewegung dieser kleinsten Teilchen, beziehungsweise als ihre mechanische Energie ansieht. Namentlich Clausius und Maxwell hatten auf Grund dieser Hypothese eine große Zahl der Erscheinungen, die wir an warmen Körpern beobachten, zu erklären vermocht.

Vor allem wird der Satz von der Aequivalenz von Wärme und Arbeit, der erste Hauptsatz der Thermodynamik, durch diese Hypothese sofort verständlich. Das Prinzip von der Erhaltung der mechanischen

Energie ist ja eines der bestbegründeten Gesetze; wenn nun auch die thermische Energie mechanischer Natur ist, so muß natürlich auch die Summe der mechanischen und thermischen Energie ihrem Betrag nach unveränderlich sein. Die Zustandsgleichung der Gase, die Gesetze von Dalton und Avogadro sind durch die kinetische Theorie der Materie in helles Licht gerückt, und manche Tatsache aus dem Gebiete der Wärmeleitung, der Diffusion und a. m. fand auf ihrem Boden eine ungezwungene Erklärung.

Die Molekulartheorie ist eine Theorie in des Wortes wahrer Bedeutung. Niemand hat die Moleküle gesehen oder gar gewogen, und doch geht man von bestimmten Annahmen über ihre Größe, Maße und sonstigen Eigenschaften aus; erst eine lange Kette von Deduktionen führt zu Folgerungen, die mit der Erfahrung verglichen werden können. Der letzte Prüfstein bleibt immer die Erfahrung, aber davor liegt jahrelange Forscherarbeit auf dem Gebiete der reinen Hypothese. Vollkommen ausgeschlossen ist es freilich nicht, daß die Gesetze der anorganischen Natur auch durch eine andere Theorie, die von anderen Hypothesen ausgeht, erklärt werden können; und so sagt Boltzmann selbst mehrmals, daß er in der Molekulartheorie nichts anderes sehe, als eine „dynamische Illustration“ als eine Analogie, also in gewissem Sinne wieder nichts anderes als eine Beschreibung. Doch bin ich überzeugt, daß es Bescheidenheit war, wenn Boltzmann sich diese Reserve auferlegte, wenn er bloß Analogien aufdecken will und nicht das Wesen der Natur zu ergründen vermeint. Ich bin überzeugt, daß Boltzmann tatsächlich an die Existenz der Moleküle glaubte, und daß dies bei jedem Forscher der Fall ist, der auf diesem Gebiete arbeitet. Der Mensch muß, wie Göthe sagt, bei dem Glauben verharren, daß das Unbegreifliche begreiflich sei, er würde sonst nicht forschen.

Es sind fünfzehn Jahre her, da wurde in diesem Saale eine ähnliche Feier begangen wie heute, die Enthüllung des Denkmals von Josef Lohschmidt. Damals stand Boltzmann an der Stelle, die ich heute einzunehmen die große Ehre habe. Jedem, der dieser Feier beigewohnt, ist die Begeisterung, mit der Boltzmann von Lohschmidts Entdeckung sprach, unauslöschlich in der Erinnerung. Lohschmidt hatte die Anzahl der Moleküle im Kubikzentimeter eines Gases berechnet. Wäre die Gastheorie bloß eine Analogie, so würde es nicht so sehr interessant sein, ob man diese Zahl gleich einer Million oder einer Trillion setzen muß, um die Analogie möglichst schlagend zu machen. Wer aber an die Existenz der Moleküle glaubt, den erfüllt es mit stolzer Freude, daß es dem Menschen gelungen ist, festzustellen, daß diese Zahl 20 Trillionen ist.

Der Bearbeitung der kinetischen, der molekularen Theorie der Wärme, hat sich Boltzmann schon in jungen Jahren zugewendet; und zwar ist er gleich mit einer neuen Frage an die Theorie herangetreten, mit der Frage: „Wie kann die Molekulartheorie mit dem zweiten Hauptsatze der Wärmelehre in Einklang gebracht werden, wie läßt sich die Irreversibilität des gesamten Naturgeschehens vom Standpunkte der mechanistischen Weltauffassung deuten?“

Der Beantwortung dieser Frage hat Boltzmann sein Leben gewidmet. Bereits seine zweite, im Alter von zweiundzwanzig Jahren verfaßte Publikation beschäftigt sich mit ihr; die zwei folgenden Jahrzehnte brachten ihre endgültige Lösung und in späteren Jahren war er bestrebt, seiner Entdeckung eine immer mehr vertiefte Grundlage zu geben, wozu ihn sein gereiftes Urteil und seine umfangreiche wissenschaftliche Erfahrung ganz besonders befähigten.

Die zahlreichen glänzenden Untersuchungen auf anderen Gebieten, die experimentellen Arbeiten, die Untersuchungen über die Theorie der Elektrizität haben ihn nur vorübergehend beschäftigt, sie erscheinen neben seinem eigentlichen Lebenswerke, der Begründung des Entropiesatzes, als Parerga.

Ich will versuchen, das Wesen des erwähnten Problemes in Kürze zu erläutern. Schon eine oberflächliche Beobachtung alltäglicher Erscheinungen zeigt uns augenfällig, daß alle physikalischen und chemischen Phänomene nur in einem bestimmten Sinne vor sich gehen können, daß alle Veränderungen in der Natur nicht umkehrbar, irreversibel sind. So sind wir beständig von Vorgängen umgeben, welche die Verwandlung von Bewegungsenergie durch Reibung, wie man sagt, in Wärme bewirken. Der umgekehrte Vorgang, Verwandlung von Wärme in Bewegungsenergie, ist wohl durch einen komplizierten Mechanismus, etwa mit Hilfe einer Dampfmaschine, zu veranlassen, von selbst tritt er aber, wenigstens unbeschränkt, nicht ein. Desgleichen beobachten wir täglich, daß die heiße Sonne der kühleren Erde Wärme zustrahlt, daß der warme Ofen die kühlere Luft des Zimmers erwärmt. Das Umgekehrte, daß sich etwa die Luft des Zimmers noch weiter abkühlt, die dadurch frei werdende Wärme auf den Ofen übergeht und letzteren noch weiter erwärmt, das geschieht nicht. Verwandlung von mechanischer Energie in Wärme, Verwandlung von Wärme hoher Temperatur in solche von niedriger Temperatur sind demnach vor den entgegengesetzten Energieverwandlungen bevorzugt; es besteht eine Einseitigkeit bei diesen und bei allen anderen Veränderungen in der Natur.

Der Energiesatz stellt die Unzerstörbarkeit der Energie fest; in welcher Richtung jedoch die Energieverwandlung vor sich geht, darüber sagt er nichts aus. Wir sind so gewohnt, alle Naturerscheinungen nur in einem bestimmten Sinne vor sich gehen zu sehen, daß schon eine hohe Stufe wissenschaftlichen Denkens erforderlich war, um das Bedürfnis nach einem allgemeinen Gesetze zu empfinden, das die Richtung des Naturgeschehens regelt. Clausius hat ein solches Gesetz gefunden, das er den zweiten Hauptsatz der Wärmelehre nannte.

Für die molekulare Theorie der Materie, die alle Vorgänge rein mechanisch zu erklären trachtet, bedeutet nun die erfahrungsmäßig gegebene Einseitigkeit aller physikalischen Phänomene eine eminent Schwierigkeit.

Ein rein mechanischer Vorgang, eine Bewegung ohne jeglichen Reibungswiderstand, in der sichtbaren Welt eine Abstraktion, ist genau umkehrbar. Würde ein im Vacuum reibungslos schwingendes Pendel in einem bestimmten Moment aufgehalten und ihm eine Geschwindigkeit erteilt, welche der bisherigen genau gleich, aber entgegengesetzt gerichtet ist, so würde das Pendel alle Stadien der früheren Bewegung in umgekehrter Reihenfolge durchmachen. Würden alle Planeten in einem beliebigen Augenblicke gestoppt und ihre Geschwindigkeit der Richtung nach umgekehrt, so würde das Sonnensystem alle früheren Phasen in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen. Es gibt also bei rein mechanischen Vorgängen keine Reihenfolge der verschiedenen Stadien der Bewegung, welche vor der entgegengesetzten bevorzugt wäre; der Prozeß kann ebenso in dem einem wie in dem anderen Sinne verlaufen.

Wir haben uns also durch Abstraktion, und zwar nur durch Abstraktion, eine Vorstellung rein mechanischer, vollkommen reversibler Vorgänge gebildet, und nehmen an, daß dieselben dem wesentlich irreversiblen Geschehen in der Natur zugrunde liegen. Liegt darin nicht ein unlöslicher Widerspruch?

Boltzmann hat diese Schwierigkeit überwunden und damit unsere Naturerkenntnis ganz wesentlich vertieft. Seine Lösung erscheint uns naheliegend. Das gilt ja von allen großen Ideen; wer sie sich zu Eigen gemacht hat, dem erscheinen sie als selbstverständlich; aber dem Genie ist es vorbehalten, das Selbstverständliche zuerst als solches zu erkennen.

Nach Boltzmann beruht die Einseitigkeit aller Vorgänge in der unbelebten Natur in dem Streben der Materie, das ist also der Moleküle, aus einem unwahrscheinlichen in einen wahrscheinlichen Zustand überzugehen. Es ist nicht schwer zu verstehen, wie das gemeint ist. Denken Sie sich eine Urne, in der sich sehr viele kleine Kugeln be-

finden. Die eine Hälfte der Kugeln sei schwarz, die andere weiß. Anfangs seien alle weißen Kugeln im oberen Teil der Urne, alle schwarzen im untern. Wird jetzt diese Urne geschüttelt, so mischen sich die Kugeln, d. h., nach einiger Zeit sind in allen Teilen der Urne, oben und unten, rechts und links, nahezu gleich viel weisse und schwarze Kugeln. Wir können die Bewegung jeder einzelnen Kugel nicht verfolgen, es ist uns aber klar, daß die gleichmäßige Verteilung wahrscheinlicher ist als die anfängliche, ungleichmäßige. Auch bei fortgesetztem Schütteln ändert sich die Verteilung nicht mehr wesentlich; wir sehen es allerdings nicht als unmöglich, aber, wenn die Anzahl der Kugeln groß ist, als höchst unwahrscheinlich an, daß sie sich wieder entmischen.

Vom gleichen Gesichtspunkte aus können wir nun nach Boltzmann einen beliebigen physikalischen Prozeß, etwa wieder die Wärmeleitung, betrachten: Denken wir uns ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt ist, und es sei anfangs das Wasser in einem Teile des Gefäßes, sagen wir rechts, heiß; links sei es kalt. Nach der Molekulartheorie sind dann rechts nur rasch bewegte, links nur relativ langsam bewegte Moleküle vorhanden. Das ist ein unwahrscheinlicher Zustand. Wird das Wasser sich selbst überlassen, so mischen sich in kurzer Zeit die langsam und die rasch bewegten Moleküle; der Zustand wird wahrscheinlicher; das Wasser nimmt in allen seinen Teilen dieselbe Temperatur an. Die Wärmeleitung bewirkt stets einen Ausgleich der Temperaturunterschiede; es kann uns nicht wundern, daß niemals eine weitere Abkühlung des kalten, eine weitere Erwärmung des warmen Wassers eintritt. Das wäre eine weitere Entmischung der Moleküle, ein Übergang zu einem noch unwahrscheinlicheren Zustande, der natürlich wieder nicht als streng unmöglich, wie etwa eine Verletzung des Energiesatzes, aber eben als höchst unwahrscheinlich anzusehen ist; d. i. die Bewegung eines sichtbaren Körpers.

Ebenso ist die sichtbare Bewegung der Moleküle an sich weniger wahrscheinlich, als die regellose, ungeordnete Wärmebewegung. Daher die Bevorzugung der Verwandlung von Bewegungsenergie in Wärme vor der umgekehrten.

Je größer die Anzahl der Individuen, der Einzelfälle ist, desto genauer gelten die Gesetze der Wahrscheinlichkeit. Je größer die Anzahl der versicherten Personen ist, desto sicherer kann die Versicherungsgesellschaft auf einen bestimmten Reingewinn rechnen. Bei physikalischen Vorgängen zählen die Individuen, das sind hier die Moleküle nach Trillionen. Hier ist Wahrscheinlichkeit mit Gewißheit praktisch identisch.

Auf diese Weise hat Boltzmann die Irreversibilität der Naturvorgänge auf die Gesetze der Wahrscheinlichkeit, auf die Gesetze der großen Zahlen zurückgeführt. Die Richtigkeit der letzteren drängt sich dem menschlichen Geiste auf. Niemand wird, um bei dem oben herangezogenen Beispiele zu bleiben, zweifeln, daß das Schütteln der Urne eine Mischung und nicht eine Entmischung der in ihr befindlichen Kugeln bewirkt. Warum sind wir davon so felsenfest überzeugt? Warum erscheint uns das geradezu als evident? Es ist das wohl das Resultat unzähliger Erfahrungen, die wir, halb unbewußt, täglich machen; wie so oft, scheint auch hier Evidenz nichts anderes zu sein, als Übereinstimmung mit einer großen Zahl von Erfahrungen.

Eine Erklärung der letzten Ursache ist die Boltzmannsche Auffassung freilich nicht. Der Laplace'sche Geist, der die Bahn jedes Atomes für alle Zeiten zu berechnen vermag, müßte eine bessere Erklärung der Irreversibilität haben. Die Boltzmannsche Theorie, die Anwendung der Gesetze der Wahrscheinlichkeit ist nur zwingend, wenn man für das einzelne Ereignis, die Bewegung des einzelnen Moleküles, das Walten des Zufalles annimmt. Was ist Zufall? Ist Zufall nur verborgene Notwendigkeit, ist Zufall die Abwesenheit des zureichenden Grundes, die Ausnahme vom Causalgesetz, wie mir kürzlich ein angesehener Fachgenosse sagte? — Doch lassen wir derartige Fragen bei Seite. Eins ist sicher. Die Grundlagen der Theorie der Wahrscheinlichkeit sind uns im höchsten Grade plausibel. Die Boltzmannsche Theorie führt also die rätselhafte Entropie, die unverständliche Irreversibilität auf Denkgewohntes zurück. Mehr kann die Wissenschaft nicht leisten!

Boltzmann hat sich nicht begnügt, den Zusammenhang zwischen Irreversibilität und Wahrscheinlichkeit in großen Zügen festzustellen; er hat mittelst scharfsinnig erdachter Methoden nach Überwindung großer Schwierigkeiten die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Zustandes eines warmen Körpers mathematisch formuliert. Ich muß es mir versagen, hier irgendwie darauf näher einzugehen. Das sei aber hervorgehoben: Das Ergebnis dieser Untersuchung, der Satz, daß die Entropie dem Logarithmus der Wahrscheinlichkeit proportional ist, ist einer der allertiefgehendsten, schönsten Sätze der theoretischen Physik, ja der gesamten Naturwissenschaft. Ich habe schon erwähnt, daß gewisse Strömungen der Verbreitung der Ideen Boltzmanns hinderlich waren. In den letzten Dezennien ist jedoch die Bedeutung dieses Theorems voll gewürdigt worden; für verschiedene Gebiete der Physik — es sei hier nur die Plancksche Strahlungstheorie erwähnt — war seine Anwendung Epoche machend und man sieht jetzt darin wahrlich

ein Fundament unserer Naturanschauung. Es ist vielleicht nicht zu viel gesagt, wenn man dem Boltzmannschen Satze eine Bedeutung beimißt, die etwa der des Newtonschen Gravitationsgesetzes gleichkommt.

Als der Gedanke aufkam, Boltzmann ein Denkmal im Arkadenhof unserer Universität zu errichten, schlug ein angesehener Fachgenosse vor, das Denkmal mit dem Satze $S = k \cdot \log W$ zu schmücken. Es widerspräche das den Gepflogenheiten unserer Universität und ist vielleicht auch nicht nötig, denn die Entdeckung ist ja selbst ein monumentum aere perennius.

Boltzmann pries oft die Entdeckerfreude als das höchste Glück, welches das Leben bringen kann; Kolumbus nannte er einmal den glücklichsten unter den Menschen. Diese Entdeckerfreude muß er selbst im höchsten Grade empfunden haben, als er seinen Satz gefunden hatte. Und wer immer Boltzmann im Leben nahegestanden ist, wer immer seinen Tod beklagt, dem mag es zum Troste gereichen: Er muß Augenblicke und Stunden des Glückes gehabt haben, wie sie nur wenigen Auserlesenen zu Teil werden.

Das Boltzmannsche Theorem ist von der größten Allgemeinheit. Nicht nur die Vorgänge, die im Laboratorium verfolgt werden können, alle Geschehnisse der unbelebten Natur müssen mit ihm im Einklang sein.

Eine Anwendung auf kosmische Fragen ist besonders geeignet auch weitere Kreise zu interessieren, wenn ihr auch lange nicht die Sicherheit zukommt, welche der Boltzmannsche Satz selbst besitzt.

Es ist bekannt, was unter dem sogenannten Wärmetod der Welt zu verstehen ist. Die Tendenz aller Temperaturunterschiede, sich auszugleichen, die Tendenz aller Bewegung, sich durch Reibung in Wärmeenergie zu verwandeln, muß, wenn auch in unabsehbar langer Zeit, einer Zustand des Weltalls herbeiführen, in dem alle sichtbare Bewegung verschwunden ist, in dem alle Temperaturunterschiede ausglichen sind.

Dieser Endzustand ist nach Boltzmann der wahrscheinlichste Zustand des Universums, der „Wärmetod“, dem es langsam aber unauftahlsam zustrebt. Der jetzige Zustand der Welt, die ungleichmäßige Verteilung der Temperatur, die Bewegung, das Leben ist an sich unwahrscheinlich. Wie kommt aber unser Universum in diesen unwahrscheinlichen Zustand?

Die Antwort, die Boltzmann auf diese, oft aufgeworfene Frage, gibt, ist durch ihre schwindelerregende Kühnheit verblüffend. Unwahrscheinlichkeit ist nicht Unmöglichkeit. Es ist sehr unwahrscheinlich, mit zwei Würfel tausendmal nacheinander 12 zu werfen; es ist aber nicht unmöglich. Und wenn das Würfeln nur genug lang fortgesetzt

wird, ist das Auftreten derartiger Serien geradezu notwendig, d. h. sehr wahrscheinlich.

Wenn sich also auch das gesamte Universum in einem wahrscheinlichen Zustande, im Wärmetode befindet, so wird es — und das ist mit dem Wesen der Wahrscheinlichkeit notwendig verbunden, — doch relativ kleine Gebiete geben, in denen etwas Unwahrscheinliches geschieht. Ein solcher Teil des gesamten Universums, ein relativ ganz kleiner Teil, ist unsere Welt, das Sonnensystem, die Milchstraße und alle Fixsterne. Nehmen wir also enorme, aber doch endliche, räumliche und zeitliche Ausdehnung an, dann ist es verständlich, daß in einem relativ sehr kleinen Teile, aus welchen wir unsere Welt ansehen müssen, zeitweise ein unwahrscheinlicher Zustand herrschen kann, ohne daß deswegen die Wahrscheinlichkeit des Zustandes, in dem sich der gesamte Kosmos befindet, dadurch alteriert würde. Unsere Welt befindet sich also nach Boltzmann in einem Ausnahmsgebiet; sie wird nach langer, aber doch endlicher Zeit wieder im Wärmetodt liegen. Irgend ein anderer Teil der Welten aber, der jetzt wärmetodt ist, mag dann einen unwahrscheinlichen Zustand annehmen, und dort Bewegung, Leben, Entwicklung und endlich wieder Niedergang sein.

Oft überwältigt uns der Gedanke, wie klein alles Irdische gegenüber dem ist, was wir das Universum nennen; unermeßlich erscheint uns die Entfernung der Fixsterne, unermeßlich die Zeitdauer geologischer Epochen. Nun soll das alles nur ein verschwindender Bruchteil in der Gesamtheit der Welten sein; nur durch zufällige Abweichung von den Gesetzen, die das Ganze beherrschen, in Bewegung und Leben; von endlicher Dauer, bestimmt im Chaos des Leblosen unterzugehen. Denn was der Zufall wirkt, ist vergänglich, und nur das Notwendige ist bleibend.

Das ist es eben, was die Boltzmannsche Interpretation des zweiten Hauptsatzes so interessant macht: Die aus diesem Gesetze gezogenen Folgerungen sind nicht notwendig, nur wahrscheinlich; und wir vermögen die Grenzen ihrer Giltigkeit zu erkennen. Je größer die Zahl der Individuen ist, auf welche eine Wahrscheinlichkeitsrechnung angewendet wird, desto geringer sind — wie bereits betont — die zu erwartenden Abweichungen vom Wahrscheinlichsten, vom Mittelwert. Auf ein einzelnes Molekül läßt sich der zweite Hauptsatz nicht anwenden, nur auf einen großen Komplex von Molekülen. Wie klein muß nun ein solcher Komplex von Molekülen sein, damit wir mit unseren Hilfsmitteln Abweichungen vom zweiten Hauptsatz konstatieren können? Diese Frage ist in den letzten Jahren mehrfach studiert worden; vor allem von Einstein und Smoluchowski. Es stellte sich heraus,

daß unsere Mikroskope genügend Auflösungsvermögen besitzen, solche Teilchen der Materie wahrzunehmen. So fand die altbekannte Brownsche Bewegung, die Opalescenz und anderes ihre Erklärung; und die kinetische Theorie der Materie, vor allem die Anschauungen Boltzmanns gewannen eine überzeugende Bestätigung.

Auch in anderer Beziehung legt es die Boltzmann'sche Auffassung nahe, nach den Grenzen der Gültigkeit der physikalisch-chemischen Gesetze zu suchen. Ich meine die Anwendung auf das Organische. Daß sich in einem nach Außen abgeschlossenen Quantum Wasser und Luft aus einem Samen eine Pflanze bildet; noch mehr, daß sich aus den Lebewesen der Silurformation, die Säugetiere, die Phanerogamen entwickelt haben, scheint wenigstens von vornehmerein ein Übergang von Wahrscheinlichem zu Unwahrscheinlichem. Wir haben keine Ursache, die Gültigkeit des Energiegesetzes auf Anorganisches zu beschränken; gilt aber in gleicher Weise der zweite Hauptsatz auch für das Organische? Hat auch das Lebende die Tendenz zum wahrscheinlicheren Zustande überzugehen?

Niemand kann darauf eine bestimmte Antwort geben; manchen wird daher die Frage als müßig erscheinen. Ich glaube aber, daß es doch ein gewisses Interesse hat, das alte Problem der Biologie, die Frage nach dem Vitalismus, von diesem Standpunkte aus zu präzisieren.

Ich muß mir versagen, hier irgendwie eingehend die einzelnen Arbeiten Boltzmanns zu besprechen. Ich kann seine wichtigen Arbeiten über die damals moderne Maxwell'sche Elektrizitätstheorie nur zitieren; nur erwähnen, daß seine Ableitung des von Stefan empirisch gefundenen Strahlungsgesetzes für die Theorie der Strahlung, die jetzt im Vordergrunde des Interesses steht, grundlegend geworden ist. Gera de diese letztgenannte, sechs Druckseiten lange Arbeit, die Boltzmann nur nebenbei beschäftigt hat, war ihrer Zeit weit voraus und wurde verhältnismäßig lange nicht in ihrer vollen Bedeutung erkannt. Heute ist das Stefan-Boltzmann'sche Gesetz, wie es jetzt allgemein heißt, die Grundlage eines der wichtigsten Forschungsgebiete; zugleich ein kostbares Denkmal der nahen Beziehungen, in welchen die beiden österreichischen Forscher zu einander gestanden sind.

Von den experimentellen Arbeiten Boltzmanns will ich nur die in den Jahren 1872/74 nach Überwindung großer Schwierigkeiten erfolgreich durchgeführte Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten erwähnen, welche die Richtigkeit der aus Maxwell's Theorie folgenden Relation zwischen der Dielektrizitätskonstante und dem optischen Brechungsindex nachwies und dadurch außerordentlich viel zur Ver-

breitung jener, jetzt allgemein anerkannten, damals noch vielfach ohne das richtige Verständnis aufgenommenen Theorie beitrug.

In allen Schriften Boltzmanns liegt ein ausgesprochen persönliches Moment: das, was auch jeder empfand, der mit ihm in Berührung kam, die Freude an der Schönheit der Wissenschaft. Er hat selbst einst scherzend gesagt, daß die Grazien vor Integralen und Differentialgleichungen nicht fliehen; und das empfindet jeder, der Verständnis für die mathematische Methode hat.

Empfänglichkeit für das Schöne ist überhaupt der Grundzug im Wesen Boltzmanns. Daher seine Begeisterung für die Werke unserer großen nationalen Dichter, seine Liebe zur Musik, daher der reine Idealismus, der sein Denken und Trachten erfüllte. „Wozu nützt“, ruft er aus, „die bloße Förderung des Lebens durch Gewinnung praktischer Vorteile auf Kosten dessen, was allein dem Leben Leben gibt, was es allein lebenswert macht, der Pflege des Idealen!“

Lassen Sie mich endlich von dem sprechen, was Boltzmanns Schüler ihm zu danken hatten.

Die Erfolge des Forschers bedingen Begabung und Verstand, der Lehrer muß das Herz am rechten Fleck haben. Die Fähigkeit, sich in den Lernenden hineinzudenken, das Interesse an seiner Entwicklung, Wohlwollen und Zuneigung, mit einem Wort, ein menschenfreundliches Herz, das charakterisiert den guten Lehrer — im Elementarunterricht wie auf der Hochschule. Das waren die Eigenschaften, die aus Boltzmann einen glänzenden Lehrer machten und die ihm die unvergängliche Dankbarkeit seiner zahlreichen Schüler sichern.

Die Art, wie Boltzmann mit seinen Hörern verkehrte, ist unauslöschlich in deren Erinnerung geblieben. Niemals betonte er seine Überlegenheit; jedem stand es frei, an ihn mit Fragen, ja auch mit Kritik heranzutreten. Ein ungezwungenes Gespräch entwickelte sich wie unter Gleichstehenden und oft merkte man erst nachträglich, wie viel man wieder von ihm gelernt hatte.

Seine eigene Größe war nicht der Maßstab, den er an andere anlegte. Wohlwollend beurteilte er auch bescheidenere Leistungen, wenn sie nur von ernster, redlicher Arbeit zeugten.

Große Güte und wahrer Idealismus kennzeichnen seine Persönlichkeit. Liebe zu Menschen, Liebe zu allem Guten und Schönen hat sein Leben verklärt. Ein treuer Sohn seines Vaterlandes, schlicht im Wesen, allem Äußerlichen abhold, alles Innerliche verstehend, ein gottbegnadeter Genius, gut und edel — so ist Boltzmann auf der Menschheit Höhen gewandelt.

Gestatten Sie, daß ich zum Schluß eines Umstandes gedenke, der für uns von Bedeutung ist.

Ein großer Teil der wichtigsten Arbeiten Boltzmann's ist in dem physikalischen Institute unserer Universität in der Türkstraße durchgeführt worden. Dieses Laboratorium ist im Laufe der Jahre infolge seiner Unzulänglichkeit nachgerade in Verruf gekommen. Die an dem alten Hause stückweise vorgenommenen Adaptierungen konnten dem stets wachsenden Betriebe, nicht mehr genügen; Unterricht und Forschung litten schwer unter allerhand Übelständen. Dabei sind die jetzigen Einrichtungen noch immer glänzend zu nennen gegenüber den kärglichen Mitteln, die zur Zeit von Boltzmanns erster Wirksamkeit, zu Ende der 60er Jahre des verflossenen Jahrhunderts den Wiener Physikern zur Verfügung standen.

Die Generation, der ich angehöre, kann sich da gar nicht hineindenken, wie man damals ohne Gasleitung, ohne elektrischen Strom mit Spirituslampe und Bunsenbatterie an einem aus Siegellack, Glasröhren und Staniol selbst fertigten Apparate arbeitete.

Viele der glänzendsten Entdeckungen sind mit derartig beschränkten Hilfsmitteln gemacht worden. Es ist ein Ruhmesblatt in der Entwicklungsgeschichte der Wissenschaften, daß die Kraft ihrer führenden Geister gar häufig nebst den in der Sache liegenden Schwierigkeiten auch die Ungunst der äußeren Umstände zu überwinden vermochte. Wollte man aber daraus schließen, es sei überhaupt überflüssig, wissenschaftliche Institute reich zu dotieren, so wäre das eben so falsch, wie wenn man einer modernen Armee die entsprechende Ausrüstung versagen wollte, weil dereinst Napoleon mit kleinen Heeren große Siege erfochten habe.

Das physikalische Institut unserer Universität ist, was seine Ausstattung anbelangt, lange Zeit ein Stiefkind der Unterrichtsverwaltung gewesen. Jetzt aber haben wir keine Ursache mehr zu klagen. Als prächtiger, weitläufiger Bau erhebt sich das neue Institut; alle Hilfsmittel, welche die heutige Technik der modernen Forschung zu bieten vermag, harren dort ihrer Verwertung. Die neue Anstalt wird, in Verbindung mit dem von einem hochherzigen Förderer der Wissenschaft gestifteten Radiuminstitut nicht leicht ihresgleichen finden.

Wenn daher binnen kurzer Zeit die Lehrer und Jünger der Physik ihren Einzug in das neue Heim halten, werden wir alle dankbar die Fürsorge empfinden und anerkennen, deren sich unsere Wissenschaft von Seiten des Staates erfreut.

Aber gerade angesichts dieses prächtigen Neubaus und seiner munizipalen Ausstattung müssen wir so recht inne werden, daß es

bei den Aufgaben, welche die Wissenschaft stellt, vor allem auf den Geist ankommt, der sie beherrscht.

Der äußere Apparat ist ein wichtiger Behelf der wissenschaftlichen Arbeiten; ihr Wert und ihr Erfolg wird doch nur durch die Kraft und Tiefe der Gedanken, durch die Folgerichtigkeit und den inneren Zusammenschluß der Forschung und nicht minder durch die Betätigung jener Selbstzucht und Hingebung bestimmt, welche gerade die Wissenschaft von ihren Jüngern fordert. Darauf beruht ihre Blüte, ihr Gedeihen; dies bildet den maßgebenden Faktor, dem ja schließlich auch die äußere Ausstattung der ihr zur Verfügung gestellten Mittel zu danken ist.

Auf den Geist, auf die wissenschaftliche Gesinnung kommt es an, die in das neue Institut einzehen. Und gerade von dieser Überzeugung durchdrungen werden wir, wenn wir den Blick von der Vergangenheit, von den unvergänglichen Verdiensten eines der Wissenschaft geweihten Lebens auf die Zukunft und ihre Aufgaben lenken von Dankbarkeit und Zuversicht erfüllt sein.

Der Geist Boltzmanns und jener anderen Großen, die wie Lohschmidt und Stefan ihre Kraft derselben Sache gewidmet haben, soll in das neue Haus einzehen und die Arbeit durchdringen, die es da zu leisten gilt; ihr Forschen und Wirken soll die kostbare, unvergängliche Mitgift sein, mit welcher dasselbe ausgestattet ist.

Großer, unvergessener, unvergeßlicher Meister und Lehrer, vor dem von Künstlerhand geschaffenen Standbilde, welches uns Deine teuren Züge so lebendig vor Augen führt, wollen wir es geloben:

Dein Geist, der Geist wahrer, unermüdlicher Forschung, der schlchten Hingebung in dem Suchen nach dem hehren Ziele der Wahrheit, er soll auch in der neuen Stätte der Wissenschaft unter uns weilen; Dein Wirken und Schaffen sei unser Vorbild und Leitstern, Dir nachzueifern unser Stolz und Ruhm — zu Nutz und Frommen der Wissenschaft, zum Wohle der Menschheit, zur Ehre unseres teuren Vaterlandes!

Beilage zum Bericht über die Errichtung eines Denkmals für

Ludwig Boltzmann

Spendenverzeichnis

	K
Abraham, Dr. Max, Professor, Mailand	50.—
Adler, Dr. Guido, Professor, Wien	10.—
Adler, Dr. Siegmund, Professor, Wien	20.—
Arthaber, Dr. Gust. v., Professor, Wien	20.—
Barns, Dr. Karl, Professor, Providence	47.85
Baeyer, Dr. O. v., Geheimer Rat, München	25.—
Becke, Dr. Friedrich, Hofrat, Wien	20.—
Becker, Dr. Philipp, Professor, Wien	2.—
Berthelot, Dr. Daniel, Professor, Paris	19.99
Blaserna, Dr. P., Professor, Rom	25.—
Böhm-Bawerk, Dr. E. v. Exzell, Geheimrat, Wien	20.—
Bose, Frau Professor, La Plata	50.—
Braun, Dr. F , Geheimer Rat, Straßburg	25.—
Chemisch-Physikalische Gesellschaft, Wien	110.—
Des-Coudres, Dr. Theodor, Professor, Leipzig	50.—
Deutsche Mathematische Gesellschaft, Brünn	45.—
Dieterici, Dr. Konrad, Professor, Kiel	23.50
Duhem, Dr. Pierre, Professor, Bordeaux	9.52
Ebert, Dr. Heinrich, Professor, München	20.—
Ebert, Dr. Wilhelm, Privatdozent, Wien	29.93
Ehrenhaft, Dr. Felix, Professor, Wien	20.—
Ehrmann, Dr. Salomon, Professor, Wien	5.—
Einstein, Dr. Albert, Professor, Zürich	50.—
Eiselsberg, Dr. A. Freiherr v., Hofrat, Wien	20.—
Elster, Dr. Julius, Professor, Wolfenbüttel	25.—
Ettinghausen, Dr. A. v., Professor, Graz	50.—
Eőtvős, Roland Freiherr v., Professor, Pest	50.—
Exner, Dr. Franz, Hofrat, Wien	50.—
Figdor, Dr. Wilhelm, Professor, Wien	25.—
Finger, Dr. Josef, Hofrat, Wien	20.—
Flamm, Dr. Ludwig, Assistent, Wien	20.—
Fürth, Dr. Otto R. v., Professor, Wien	10.—
Gaas, Dr. R., Professor, Tübingen	5.94
Geitel, Dr. Hans, Professor, Wolfenbüttel	25.—
Geitler, Dr. J., Professor, Czernowitz	50.—
Goldhammer, Dr. D., Professor, Kasan	50.—
Goldschmidt, Dr. H., Professor, Christiania	50.—
Goldstein, Dr. Eugen, Professor, Berlin	11.94
Galizyn, Durchlaucht Fürst Boris v., Petersburg	30.—
Gomperz, Frau Hofrat Elise, Wien	30.—
Übertrag .	1220.67

Übertrag .

1220.67

Grobben, Dr. Karl, Hofrat, Wien	20.—
Grunmach, Dr. Leo, Professor, Berlin	9.52
Haas, Dr. Artur, Privatdozent, Wien	30.—
Hagen, Dr. Ernst, Direktor der phys. techn. Reichsanstalt Charlottenburg	11.70
Hahn, Dr. Hans, Professor, Czernowitz	10.—
Haitinger L., Direktor, Weidling	25.—
Hallwachs, Dr. Wilhelm, Professor, Dresden	23.50
Hamel, Dr. Georg, Professor, Brünn	20.—
Hantzsch, Dr. A., Geheimrat, Leipzig I	43.44
Hann, Dr. Julius, Hofrat, Wien	10.—
Hasenöhrl, Dr. Friedrich, Professor, Wien	50.—
Hepperger, Dr. Josef v., Professor, Wien	20.—
Herglotz, Dr. G., Professor, Leipzig	20.—
Hiebl J. F., Oberrechnungsrat, Wien	1.—
Hittorf, Dr. W., Professor, Münster	10.—
Hillebrandt, Frau Silvia, Wien	•3.—
Hochenegg Karl, Hofrat, Wien	100.—
Hölder, Dr. O., Geheimer Rat, Leipzig	10.—
Höfner, Dr. Alois, Professor, Wien	4.—
Happel, Dr. H., Professor, Tübingen	11.75
Jäger, Dr. Gustav, Professor, Wien	50.—
Jellinek, Dr. Max, Professor, Wien	10.—
Jirecek, Dr. Josef, Hofrat, Wien	5.—
Jolles, Dr. A., Wien	10.—
Jones, H. C., Professor, Baltimore	30.—
Jüllig Max, Professor, Wien	10.—
Kaufmann, Dr. Walter, Professor, Königsberg	11.75
Kayser, Dr. H., Geheimer Rat, Bonn	100.—
Kobald, Dr. E., Professor, Leoben	20.—
König, Dr. Walter, Geheimer Rat, Giessen	11.75
Kohn, Dr. Gustav, Professor, Wien	20.—
Kolacek, Dr. Franz, Hofrat, Prag	20.—
Korn, Dr. Artur, Professor, München	5.86
Kuennen, Dr. J. P., Professor, Leiden	6.—
Kurlbaum, Dr. Ferdinand, Professor, Berlin	12.—
Lang, Dr. Viktor v., Hofrat, Wien	50.—
Larmor J. J., Cambridge	47.80
Lecher, Dr. Ernst, Hofrat, Wien	50.—
Lehmann, Dr. Otto, Geheimer Rat, Karlsruhe	10.—
Lerch, Dr. Friedrich v., Professor, Innsbruck	20.—
Levi-Civita, Dr. T., Professor, Padua	20.—
Le Blanc, Dr. M., Geheimer Rat, Leipzig	35.19
Lieben, Dr. Adolf, Hofrat, Wien	70.—
Lippich, Dr. T., Hofrat, Prag	10.—
Ludwig, Dr. Ernst v., Hofrat, Wien	20.—

Übertrag .

2308.93

Übertrag . 2308.93

Lummer, Dr. O., Geheimer Rat, Breslau	23.44
Mach, Dr. Ernst, Hofrat, Wien	20.—
Mache, Dr. Heinrich, Professor, Wien	20.—
Mathias, Dr. E., Professor, Toulouse	19.04
Mathematische Gesellschaft, Wien	50.—
Mertens, Dr. Franz, Hofrat, Wien	20.—
Meyer, Dr. Stefan, Professor, Wien	50.—
Naturwissenschaftlicher Verein, Graz	50.—
Neumann v. Ettenreich, Dr. R., Assistent, Wien	5.—
Niesotowsky-Gawin, Viktor R. v., Mödling	10.—
Obermayer, Albert v., k. u. k. Generalmajor	25.—
Paneth, Dr. Fritz, Wien	5.—
Paschen, Dr. F., Professor, Tübingen	20.—
Pfaundler von Hadermur, Dr. L., Hofrat, Graz	20.—
Philippovich v. Philippssberg, Dr. Eugen, Hofrat, Wien	10.—
Philippi, Dr. Ernst, Assistent, Wien	5.—
Planck, Dr. Max, Geheimer Rat, Berlin	24.95
Pockels, Dr. Friedrich, Professor, Heidelberg	5.—
Prey, Dr. Adalbert, Professor, Innsbruck	5.—
Pringsheim, Dr. Ernst, Geheimrat, Breslau	50.—
Przibram, Dr. Karl, Privatdozent, Wien	50.—
Puluy, Dr. Johann, Professor, Prag	10.—
Quincke, Dr. G., Geheimer Rat, Heidelberg	20.—
Radermacher, Dr. Ludwig, Professor, Wien	5.—
Radakovic, Dr. Michael, Professor, Czernowitz	20.—
Ramsay, Sir William, Professor, London	23.63
Redlich, Dr. Oswald, Professor, Wien	10.—
Reichert Karl, Fabrikant, Wien	10.—
Reinganum Maxim. Professor, Freiburg	11.75
Rutherford Ernest, Professor, Manchester	50.39
Riecke, Dr. Eduard, Geheimer Rat, Göttingen	20.—
Richarz, Dr. Franz, Geheimer Rat, Marburg	25.—
Roiti Antonio, Professor, Florenz	61.83
Rothmund, Dr. Viktor, Professor, Prag	20.—
Sagnac G., Professor, Paris	19.04
Seemüller, Dr. Josef, Hofrat, Wien	10.—
Simony, Dr. Oskar, Professor, Wien	200.—
Sommerfeld, Dr. A., Professor, München	35.—
Schacherl, Dr. Gustav, Regierungsrat, Wien	10.—
Scholz, Dr. Alois, Hauptmann, Mödling	5.—
Schreinemaker Fr. A. H., Professor, Leiden	11.84
Schweidler, Dr. Egon v., Professor, Innsbruck	30.—
Stark, Dr. Johannes, Professor, Aachen	25.—
Strouhal, Dr. Vinzenz, Hofrat, Prag	20.—
Tammann, Dr. Gustav, Geheimer Rat, Göttingen	23.50
Thirring, Dr. Hans, Assistent, Wien	10.—

Übertrag . 3483.34

	K
Übertrag	3483.34
Töpler, Dr. Max, Professor, Dresden	20.—
Trabert, Dr. Wilhelm, Professor, Wien	20.—
Tumlirz, Dr. Ottokar, Professor, Innsbruck	20.—
Tuma, Dr. Josef, Professor, Prag	10.—
Voigt, Dr. Waldemar, Geheimer Rat, Göttingen	30.—
Volkmann, Dr. Paul, Geheimer Rat, Königsberg	9.94
Voltolini, Hans v., Wien	10.—
van der Waals J. D., Professor, Amsterdam	29.94
Waldstein Otto, Kommerzialrat, Wien	20.—
Warburg, Dr. Emil, Geheimer Rat, Charlottenburg	35.19
Wassmuth, Dr. Anton, Professor, Graz	15.—
Webster Artur Gordon, Professor, Worcester	23.43
Wegscheider, Dr. Rudolf, Professor, Wien	20.—
Weil von Weilen Aléxander, Professor, Wien	10.—
Weinek, Dr. Lad., Professor, Prag	12.—
Wiedemann, Dr. Eih., Professor, Erlangen	20.—
Wien, Dr. Willi, Geheimer Rat, Würzburg	23.44
Wiener, Dr. Otto, Geheimer Rat, Leipzig	50.—
Wiesner, Dr. Julius v., Hofrat, Wien	20.—
Wirtinger, Dr. Wilhelm, Professor, Wien	20.—
Zeisel, Dr. S., Hofrat, Wien	10.—
Zeiss Karl, optische Werke, Wien	50.—
Zumbusch, Leo Ritter von, Wien	5.—
Summe	3967.28

Einnahmen	K	Ausgaben	K
Spenden	3967.28	Bildhauer	2480.—
Zinsen-Zuwachs	242.84	Gießer	650.—
Summe	4210.12	Steinmetz	600.—
		Buchdrucker	263.04
		Postsparkassa	27.38
		Porti	58.40
		Schreibarbeiten	123.30
		Diener	8.—
		Summe	4210.12

WIEN, im Juli 1913

Der Kassier der
Chemisch-physikalischen Gesellschaft
OTTO WALDSTEIN
k. k. Kommerzialrat