

# KÁLMÁN SZILY UND DIE ENTWICKLUNG DER THERMODYNAMIK IN DER ZWEITEN HÄLFTE DES 19. JAHRHUNDERTS

Von

G. BÍRÓ

Lehrstuhl für Experimentalphysik, Technische Universität, Budapest  
(Eingegangen am 2. Dezember, 1971)

Vorgelegt von Prof. Dr. J. MÁTRAI-ZEMPLÉN

KÁLMÁN SZILY (1838—1924), Professor der Technischen Universität, begann seine Laufbahn als Assistent neben József Stoczek.\* Vom Jahre 1869 war er ordentlicher Professor des Lehrstuhls für Experimentalphysik, vom Jahre 1870 an dem Lehrstuhl für mathematische Physik und analytische Mechanik; im Jahre 1873 wurde er zum Rektor gewählt. 1865 wurde er korrespondierendes Mitglied, 1873 ordentliches Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften; vom Jahre 1889 an war er Generalsekretär, seit 1905 Oberbibliothekar der Akademie. Neben seiner Tätigkeit als Physiker veröffentlichte er über 250 sprachwissenschaftliche und literaturhistorische Beiträge.

Die Tätigkeit Kálmán Szilys als schaffender Physiker fällt auf die nicht ganz anderthalb Jahrzehnte nach dem Jahre 1865. Er verfaßte insgesamt 16 Arbeiten über Physik. Dennoch darf ohne nationale Voreingenommenheit ausgesagt werden, daß er in seinem Zeitalter — auch nach dem internationalen Maßstab — in den ersten Linien der physikalischen Forschung arbeitete. Er behandelte Probleme, die auch einen Clausius, Boltzmann oder Helmholtz beschäftigten, und seine Leistungen in der Lösung der sich gesetzten Aufgaben sind denen der genannten hervorragenden Vertreter der Physik gleichwertig.

Kálmán Szily hatte das Glück, bei seiner Studienreise in den Jahren 1863—65 (Zürich, Berlin, Heidelberg) solche Meister zu haben wie Clausius, Zeuner, Magnus, Kirchhoff. Nach seiner Heimkehr wurde er von seinen früheren Meistern in seinem Themenkreis als ebenbürtiger Diskussionspartner anerkannt. Dafür zeugen mehrere Hefte der angesehensten physikalischen Zeitschrift dieser Zeit, der Poggendorff's Annalen der Physik aus den 1870er Jahren, z. B. seine Fachdiskussion mit Clausius. (Darauf werden wir später noch zurückkommen.) Mehrere Beiträge von Clausius sind ausdrücklich Reflexionen in Verbindung mit einigen Artikeln von Szily.

\* Tagebuchaufzeichnung Kálmán Szilys aus dem Jahre 1863: „O dankbare Nachwelt! Wenn Du einmal den Namen Kálmán Szilys der Anerkennung würdigen solltest, vergiß nicht des hochgesinnten Mannes, der aus mir einen Menschen formte, vergiß nicht des eifrigen Pflegers der Wissenschaft, des treuen Sohnes des Vaterlands: vor meinen Nahme setze stets den Namen József Stoczek.“ Über die biographischen Daten Kálmán Szilys siehe L. Ilosvays Nachruf in MTA Emlékbeszédék XXX, 1933.

Die zweite Hälfte von Szilys kurzer Tätigkeit als schöpferischer Physiker fällt bereits auf seine Amtszeit als Rektor der Technischen Universität, wo ihn die öffentlichen Angelegenheiten immer mehr der Forschungsarbeit entziehen. Doch hält er auch dann immer Schritt mit dem Fortschritt in der Physik. In der auf seine Initiative gegründeten und von ihm redigierten Zeitschrift *Műgyetemi Lapok* bespricht er im Jahre der Erscheinung das Buch von Clausius: *Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie* [1]. Doch verfolgt er den Fortschritt der Physik nicht nur auf seinem eigenen Fachgebiet. Seine Rezension des Buches von W. Weber: *Elektrodynamische Maßbestimmungen . . .* (Leipzig 1878) beweist, daß er die Kritiken von Helmholtz und W. Thomson über das Webersche elektrodynamische Grundgesetz und die diesbezügliche Tätigkeit von C. Neumann und Maxwell kennt [2].

Als ein den Fortschritt der Physik schöpferisch verfolgender Wissenschaftler steht Szily auch vor uns, wenn wir uns seiner Debatte mit Pictet erinnern. Letzterer, der sich mit den Forschungen über die Verflüssigung der Gase unvergängliche Verdienste erwarb, schrieb eine Abhandlung, in der er aus dem 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik einen Zusammenhang für die Beziehung zwischen Temperatur und Druck des Wasserdampfes ableitet. Szily weist nach, daß die Ableitung unrichtig sei [3]; sodann gibt er selbst die richtige Ableitung. Er beurteilt auch sein eigenes Ergebnis mit wissenschaftlicher Strenge, als er feststellt, daß das richtige Ergebnis nicht ausgenutzt werden kann, da darin unbekannte Temperaturfunktionen (z. B. die Dichteabhängigkeit des Dampfes von der Temperatur) vorkommen. Es spricht vielleicht am meisten für Szilys Aufsatz, wenn darauf hingewiesen wird, daß auch bis heute keine Funktion bekannt ist, die die Temperaturabhängigkeit des Druckes des gesättigten Dampfes exakt ausdrückt [4].

Daß Szily ein hervorragender Physiker seiner Zeit war, wollen wir jedoch nicht durch das Gesagte, sondern durch die Behandlung seiner selbständigen Tätigkeit auf dem Gebiet der mechanischen Wärmetheorie beweisen. Im Mittelpunkt seiner Forschungen steht genauer die mechanische Deutung des 2. Hauptsatzes der Wärmelehre.

Zuerst möchten wir zeigen, daß diese Fragestellung damals in höchstem Grade zeitgemäß war.

\*

Für das physikalische Weltbild des 18. Jahrhunderts waren Zusammenhanglosigkeit, der Mangel an Einheit kennzeichnend. Man versuchte, jeden neuen Kreis von Erscheinungen durch eine besondere Art der Materie (gewichtlose Stoffe) zu erklären: elektrische Flüssigkeit, magnetische Flüssigkeit, Wärmestoff, Phlogiston usw. Die Entwicklung der Wärmelehre brachte eine entscheidende Änderung. Einen unerläßlichen Teil aller Vorstellungen über die gewichtslosen Stoffe bildete die Annahme der Erhaltung der Materie.

Als um die Wende des 19. Jahrhunderts durch verschiedene Versuche nachgewiesen wurde, daß die Menge des vorausgesetzten Wärmestoffs nicht ständig sei (z. B. Messung der Reibungswärme), wurde der in den Wärmestoff gesetzte Glaube — wenn auch nicht auf den ersten Anhieb — erschüttert. Nun wurde die uralte Hypothese wieder wachgerufen, daß die Wärme keine Materie sondern Bewegung sei: keine Bewegung des gesamten Körpers, sondern die Bewegung seiner Teilchen. Auch die Imponderabilitätslehren waren bereits Repräsentanten der Physik nach mechanischem Vorbild, doch lag die Möglichkeit der mechanischen Beschreibung noch mehr auf der Hand, sobald die Wärme einfach die Bewegung der Teilchen ist. Nach der Anschauungsweise dieser Zeit mußte die Deutung der Wärmeerscheinungen gleichbedeutend mit der Erschließung der mechanischen Bewegungsgesetze der Teilchen sein.

Diese Anschauungsweise führte Mitte des 19. Jahrhunderts durch die Tätigkeit von R. Mayer, Joule, Helmholtz zur Entdeckung eines der bis heute allgemeingültigen Gesetze der Physik — des Gesetzes der Erhaltung und Umwandlung der Energie. — Die immer vielseitigere Sicherheit des Energieprinzips festigte in zunehmendem Maße die zu seiner Entdeckung führende Hypothese; nämlich, daß die Wärme Bewegung sei.

Durch die Deutung der Wärme als Bewegung wurden in einigen Jahrzehnten der Entwicklung der Wärmelehre, und indirekt der Entwicklung der gesamten Physik, ungeahnte Perspektiven eröffnet. Es war ja der Mitte des 19. Jahrhunderts eingeschlagene Weg der Wärmelehre, der zur kinetischen Gastheorie und statistischen Mechanik führte. Die Erkenntnis der statistischen Naturgesetze stellt aber eine der am meisten nach vorwärts weisenden Ergebnisse der Physik des 19. Jahrhunderts dar. Der Vollständigkeit halber ist zu bemerken, daß das andere, die moderne Physik unmittelbar vorbereitende Ergebnis der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die erste Feldtheorie (die Maxwellsche elektromagnetische Feldtheorie) — analog zur Auffassung der Wärme als mechanische Bewegung — ebenfalls als Ergebnis der mechanischen Modellierung zustande kam. Zur allgemeinen Charakteristik der Zeit, in der Szily arbeitete, gehört auch die Feststellung, daß die Entwicklung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts sowohl der Wärmelehre als auch des Elektromagnetismus — trotzdem diese Entwicklung durch mechanische Vorbilder gefördert wurde — zu Ergebnissen führte, die bereits die Rahmen der Physik mit mechanischem Vorbild sprengen [5a]. (Für die Beurteilung von Szilys Tätigkeit ist das eine wichtige Tatsache.)

\*

Kálmán Szily wuchs im Gedankenkreis der Physik mit mechanischem Vorbild heran. Das grundlegende physikalische Problem seiner Zeit war die mechanische Erklärung der Erscheinungen. Von diesen war seine Tätigkeit auf eine Aufgabe abgerichtet, die auch heute noch der Lösung harret. Sein Ver-

dienst wird dadurch wenig vermindert, daß er die Lösung nicht nur einer bis heute ungelösten, sondern im Sinne des 19. Jahrhunderts auch unlösbaren Aufgabe unternahm.

Von der Studienreise zurückgekehrt, setzt er sich schon in seiner ersten bedeutsameren Arbeit (Über die allgemeine Form der Gleichungen der mechanischen Wärmelehre [5b]) die mechanische Deutung der Wärmeerscheinungen zum Ziele. Er schreibt in der Einleitung des Beitrags: »Will man in einen beliebigen Teil der Naturwissenschaften der Mathematik den Weg freigeben, besteht die erste Schwierigkeit, die überwunden werden muß, darin: für die aus der Natur abstrahierten Begriffe ein Maß zu finden . . .« »Solange die Wissenschaft das Maß der Wärme, die Wärmeeinheit, als die Wärmemenge deutete, mit der 1 kg Wasser bei ständigem Außendruck von  $0^\circ$  auf  $1^\circ$  erwärmt werden kann, solange sie also das Unbekannte mit dem gleichen Unbekannten maß, kann sie . . . die alte Streitfrage über die Beschaffenheit der Wärme nicht entscheiden: seitdem jedoch nachgewiesen ist, daß die Wärmeeinheit die Arbeit sei, mit der 424 kg auf 1 m Höhe gehoben werden können — obwohl es noch kaum zwanzig Jahre her sind — sind bereits zwei Naturgesetze ans Licht gekommen . . .« »Die Aufgabe des vorliegenden Aufsatzes ist, zu untersuchen, inwiefern die Gleichungen allgemeinerer Form sind, die mit den Veränderlichen  $xy$  abgeleitet werden, als jene, in denen die Zustandsgrößen bestimmt gewählt sind.« Unter der bestimmten Wahl der Zustandsgrößen versteht Szily die bis heute übliche Beschreibung mit Hilfe der Zustandsgrößen Druck, Volumen, Temperatur. Anstelle dieser will er eine »allgemeine« also eine *rein* mechanische Beschreibung geben.

Die großangelegte Realisierung dieser Zielsetzung liefert er im Jahre 1872. Seine Arbeit (Das Hamiltonsche Prinzip und das zweite Hauptgesetz der mechanischen Wärmetheorie) erschien sowohl in ungarischer als auch in Poggendorff's Annalen in deutscher Sprache [6]. Um die konkrete Begründung der Aufgabe zu geben, sagt Szily: »Die Entwicklungsgeschichte der modernen Physik zeugt dafür, daß nur die Theorien eine beruhigende Erklärung der Erscheinungen geben können, deren Grundlage durch die Grundsätze der Mechanik gebildet wird.« Der erste Hauptsatz — sagt Szily weiter — hat sich deshalb so rasch in der Physik verbreitet, weil ein analoges »dynamisches Gesetz« vorhanden war. Der zweite Hauptsatz ist kaum jünger als der erste, trotzdem reicht er kaum über die Grenzen der Wärmelehre, weil das verwandte mechanische Prinzip noch nicht vorhanden ist. Die Folgerung von Szily lautet: da die Wärme eine Art der Bewegung ist, müssen die Gesetze der Wärme ihre mechanischen Äquivalenten haben.

Das Gesetz der Erhaltung der Energie wurde seit seiner Erklärung — es soll auf die Umstände der Entdeckung hingewiesen werden — als mechanisch gedeutet betrachtet, und der Clausius'sche erste Hauptsatz ist im wesentlichen das Gesetz der Erhaltung der Energie.

Es kann mit Recht ausgesagt werden, daß sich mit der Erforschung des mechanischen Äquivalenten des zweiten Hauptsatzes die hervorragendsten Vertreter des Zeitalters beschäftigten. Der erste Beitrag wurde von Boltzmann 1866 verfaßt: Über die mechanische Bedeutung des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie [7]. Ohne Boltzmanns Aufsatz zu kennen, schrieb Clausius 1871: Über die Zurückführung des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie auf allgemeine mechanische Prinzipien [8]. Die Titel der Beiträge werden hier genannt, weil sie zugleich das Wesentliche des Inhalts angeben. Sowohl Clausius als auch Boltzmann versuchen, den zweiten Hauptsatz auf das Prinzip der kleinsten Wirkung zurückzuführen, während Szily in seinem angeführten Beitrag die Rückführung auf das Hamiltonsche Prinzip gibt. Alle drei verfolgen im wesentlichen denselben Gedankengang. Der Gedankengang von Szily ist insofern allgemeinerer Natur, daß für das Hamiltonsche Prinzip noch weniger konkrete mechanische Modelle vorauszusetzen sind als in den Ableitungen von Clausius und Boltzmann.

Noch in demselben Jahre 1872 reagiert Clausius auf Szilys Aufsatz [9]. Im wesentlichen ist er zwar mit Szily einverstanden, doch hat er gegen die Einzelheiten mehrere Einwendungen: Die Ableitungen scheinen zu einfach zu sein, indem gewisse Schwierigkeiten ungelöst bleiben. Clausius beanstandet gewisse konkretisierende Voraussetzungen bzw. die Begründung von deren Mangel. Unter anderem schreibt er — ohne es allzu sehr zu unterstreichen —: »... nicht nur geschlossene Bahnen, sondern auch die unregelmäßige Bewegung der Teilchen zugelassen, stößt man auf noch größere Schwierigkeiten.«

Szily antwortete Clausius im Jahre 1873 [10]. Im allgemeinen beantwortet er die Fragen von Clausius, er überträgt seine Überlegungen auch auf nicht geschlossene Kurven, doch gleitet er über den Hinweis auf die molekulare Unordnung — der im Clausiusschen Beitrag unbestreitbar »unter anderem« angeführt ist — hinweg.

Bei dieser Frage lohnt es sich, etwas länger zu verweilen. Die Rückführbarkeit des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre auf ein beliebiges, mechanisches Prinzip steht oder fällt nämlich damit, bzw. muß darum hinfällig werden, weil die Irreversibilität der Mechanik fremd ist. Kann man auch den Entropie-Satz aufgrund von mechanischen Gesetzen formal erhalten: die Irreversibilität läßt sich durch die klassische Mechanik nicht ausdrücken. (Die statistische Mechanik ist auch nicht einfach als ein Teil der klassischen Mechanik anzusehen.) Der statistische Charakter des Entropie-Satzes wird jedoch von Szily nicht erkannt. Es soll gleich hinzugesetzt werden, daß er auch Clausius unbekannt war. Er wurde von Boltzmann entdeckt, und erst Planck wird den konkreten funktionellen Zusammenhang zwischen der Entropie und der thermodynamischen Wahrscheinlichkeit (die sog. Boltzmann-Gleichung) anschreiben. Wenn Clausius — von dem der Entropie-Satz und die erste Formulierung des zweiten Hauptsatzes stammen — nicht bis zur statistischen Deu-

tung des Entropie-Satzes gelangte, darf dafür auch Szily kein Tadel treffen.

Wie schwer sich das Verständnis für die statistischen Naturgesetze Bahn brach, dafür wird der beste Beweis von Clausius selbst geliefert. Er gelangte nämlich durch statistische Überlegungen zum Begriff der Entropie, als er auch persönlich die Theorie des Wärmestoffes überwunden hatte. Er bringt die Entropie mit einer Umordnung der Teilchen (Disgregation) in Zusammenhang, doch wird von ihm der Entropie-Satz bis ans Ende phänomenologisch aufgefaßt [11].

Auf die Antwort von Szily reflektierte Clausius abermals [12], doch kam und konnte die Frage auch durch die Diskussion der beiden der Lösung nicht näher kommen.

Das nächste bedeutsame Moment in der Tätigkeit Szilys ist seine Antrittsvorlesung an der Akademie im Jahre 1875 [13]; hier versucht er nichts Geringeres als den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie aus dem ersten abzuleiten. »Ausgangsaxiomen sind — schreibt er — für jede Theorie erforderlich . . . Doch ist eine Theorie für umso vollkommener anzusehen, je weniger . . . unabweisbare Grundannahmen dazu notwendig sind, und je mehr und je mehrerlei Tatsachen sie erfassen kann.« Szily hält den zweiten Hauptsatz an sich für zu »kompliziert«, um als Axiom zu gelten. Mit den Clausiusschen und W. Thomsonschen »thermischen« Hypothesen zur Begründung des zweiten Hauptsatzes, und der Rankineschen und Boltzmannschen »dynamischen« Hypothese ist er auch nicht einverstanden. Als konsequenter Anhänger der mechanischen Wärmetheorie will er den zweiten Hauptsatz auf den ersten zurückführen, den er für mechanisch gut fundiert hält. Das tut er auch in formaler Weise, wieder ohne den statistischen Inhalt des zweiten Hauptsatzes zu sehen.

Mit den nächsten Aufsätzen vom Gebiet der Wärmelehre (1876/77) hätte für Szily vielleicht eine neue Entwicklungsperiode ihren Anfang genommen, wenn diese nicht zugleich im wesentlichen seine letzten schöpferischen physikalischen Veröffentlichungen gewesen wären, nach denen er in den folgenden Jahren — von einigen zeitgemäßen Buchbesprechungen und Diskussionsbeiträgen abgesehen — lediglich Mitteilungen über nichtphysikalische Themen veröffentlichte. In Kenntnis seiner Laufbahn — seiner über 250 sprachwissenschaftlichen und literaturhistorischen Publikationen seit den 1880er Jahren — handelt es sich bei Szily keinesfalls um eine Art von geistiger Sättigung. Er wurde durch seine Tätigkeit als Rektor der Technischen Universität, als Generalsekretär, später Hauptbibliothekar der Akademie und anderer Arten des öffentlichen Wirkens der physikalischen Forschungsarbeit — leider — entzogen.

1876 schrieb er über »die dynamische Bedeutung der in der Wärmetheorie vorkommenden Größen« einen Beitrag in ungarischer, und 1877 auch in deutscher Sprache [14]. In diesen nähert er sich dem Verständnis des statistischen

Charakters der Wärmevorgänge. Er betrachtet das thermische Gleichgewicht nicht mehr als stabilen Zustand, und im Laufe des Gedankengangs — bei der Berechnung — benutzt er ausdrücklich den Umstand, daß die Beständigkeit dieses Zustands nur für die Durchschnittswerte gilt, und daß die Existenz der Durchschnittswerte der verschiedenen Größen eine »Oszillation« dieser Größen um den Durchschnitt voraussetzt. Das bei diesen Ausführungen erhaltene Ergebnis führt ihn bereits zu einer feineren Formulierung: »... der zweite Hauptsatz spielt in der Thermodynamik eine solche Rolle, wie das Hamiltonsche Prinzip in der Dynamik.« Es handelt sich also nicht mehr um eine ausdrückliche Identifizierung, Rückführung.

Was die mechanische Deutung gewisser Größen der Wärmelehre anbelangt, wurde dieser Versuch durch die Entwicklung der modernen Thermodynamik vollkommen gerechtfertigt. Wir denken hier an die modernen Tendenzen, die Thermodynamik axiomatisch zu fundieren, an die sich bis heute hinausziehende Problematik der statistischen Interpretation der Temperatur. In konkreter Weise setzt die Annahme des Existenzaxioms bei der axiomatischen Begründung der Thermostatik — in der Ausdrucksweise von heute — neben den Zustandsgrößen zweiten Grades (d. h. neben denen, die sich nur in Kenntnis der thermischen Wirkung deuten lassen) auch Zustandsgrößen ersten Grades voraus, für deren phänomenologische Interpretation keine Kenntnis der thermischen Wirkung erforderlich ist: und das gesamte System der Gleichgewichtszustandsgrößen läßt sich immer so wählen, daß es lediglich Zustandsgrößen ersten Grades enthalte [15].

Andererseits wurde in letzterer Zeit beim Ausbau der Thermodynamik der irreversiblen Vorgänge auf manche Analogien zwischen den Gleichungen der Mechanik und den irreversiblen (nicht statischen) thermodynamischen Gleichungen hingewiesen — die als kein Zufall gelten können. Nach der Meinung István Gyarmatis, des international anerkannten ungarischen Vertreters der Thermodynamik der irreversiblen Vorgänge, dürfen die Untersuchungen Kálmán Szilys im Spiegel der modernen Thermodynamik nicht als erfolglos und in allgemeinem Sinne auch nicht als abgeschlossen gelten [16]. In den letzten Jahrzehnten beschäftigt sich eine ausgedehnte Literatur mit Forschungen, nach denen eine gewisse mechanisch-analogische Abbildung in der thermodynamischen Axiomatisierung nützlich sein kann [17].

Es handelt sich jedoch nicht darum, als ob im Lichte dieser Forschungen die Gegenwart die konkreten Versuche von Szily (oder Clausius) rechtfertigen würde. Zumindest seit dem Auftreten Carathéodorys darf mit Sicherheit ausgesagt werden, daß sich die Wärmelehre nicht auf die Mechanik zurückführen läßt. Wir denken hier an das Carathéodorysche Prinzip der adiabatischen Unerreichbarkeit, nachdem »in beliebiger Nähe jedes Zustands eines Körpersystems Nachbarzustände bestehen, die sich aus dem ersteren adiabatisch nicht erreichen lassen« [18].

Enggenommen gehört es zwar nicht zu unserem Thema, es verdient jedoch Interesse, zu bemerken, daß das Carathéodory-Prinzip fast zwei Jahrzehnte vor Carathéodory von einem ungarischen Forscher, Gyula Farkas, im wesentlichen formuliert wurde; da er jedoch seine Arbeit nur in ungarischer Sprache veröffentlichte, wurde sie weder Carathéodory noch anderen Fachleuten bekannt [19].

Den Forschungen und Ergebnissen Kálmán Szilys kann keine ähnlich weitgreifende Bedeutung beigemessen werden wie im Falle von Gyula Farkas. Zu seiner Zeit schienen seine Ergebnisse hervorragender zu sein als durch die Entwicklung der Physik bestätigt wurde. In seinem Zeitalter wurde ihm jedoch auch international ein Platz unter den Größten zuerkannt, so daß der zweite Hauptsatz oft auch Clausius—Szilyscher Satz genannt wurde. So steht es auch in der Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften zu lesen [20].

\*

Eine Persönlichkeit wie Kálmán Szily, die mit Clausius, Boltzmann, Helmholtz den gleichen Weg beschritt, verdient es — selbst wenn es sich später von diesem Wege herausstellte, daß er nicht die Hauptentwicklungslinie der Physik darstellte —, unter den hervorragenden Persönlichkeiten der Geschichte der Physik in Ungarn genannt zu werden. Wird noch hinzugesetzt, daß Kálmán Szily sich kaum anderthalb Jahrzehnte lang mit Physik beschäftigte und — nach seinen letzten Veröffentlichungen über physikalische Themen, die von einer bedeutenden Anschauungsentwicklung zeugen, — noch über 40 Jahre lang auf anderen geistigen Gebieten schöpferisch arbeitete, muß der Historiker große Mäßigung üben, um kein Phantasiebild von der möglichen Weiterentwicklung Szilys als Physiker zu malen. Die tatsächlichen Gründe dafür, daß Szilys Tätigkeit als solche in voller Blüte seiner Schaffenskraft unterbrochen wurde, sind unbekannt, doch spielte sicherlich die österreichisch-ungarische Kulturpolitik seiner Zeit eine wesentliche Rolle, durch die die naturwissenschaftliche Kultur geringgeschätzt wurde. Die die praktische Arbeit geringschätzende, ungarische feudal-adlige Betrachtungsweise wirkte in dieser Hinsicht in gleicher Richtung wie die österreichische Kulturpolitik. Der Professor der Technischen Universität, der Physiker Szily, der erste Sekretär des Ungarischen Ingenieur-Vereins, der enthusiastische Mitarbeiter der naturwissenschaftlichen Gesellschaft, der Redakteur der naturwissenschaftlichen Zeitschrift *Természettudományi Közlöny* teilte selbstverständlich diese Auffassung nicht. Im Gegenteil, er verfaßte mehrere Beiträge, in denen er für die Verbreitung der naturwissenschaftlichen Bildung Stellung nahm, diese ausdrücklich *in Schutz nahm*. Trotzdem beschäftigte er sich als Generalsekretär der Akademie eher mit Sprachwissenschaft und arbeitete nicht als Physiker, — ein großer Verlust für die Physik in Ungarn.

### Zusammenfassung

Im Beitrag wird die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert behandelt: Es wird nachgewiesen, daß die Wärmelehre (und die gesamte Physik) bis zum Ende des 19. Jahrhunderts ihre wichtigsten Ergebnisse auf der Grundlage der Bildung von mechanischen Modellen erreicht; selbst solche Ergebnisse (wie z. B. die Erkenntnis des statistischen Wesens der Wärmeerscheinungen), die gerade den Wirkungskreis der Physik mit mechanischem Vorbild durchbrechen.

Die physikalischen Forschungsmethoden Kálmán Szily's sind in ihrer Gänze von den mechanischen Vorbildern seiner Zeit durchdrungen. Sein Forschungsziel ist: die Wärmeerscheinungen auf mechanischer Grundlage zu deuten. Seine Ergebnisse wurden zu seiner Zeit auch international hochgeschätzt (zweiter Hauptsatz: »Clausius—Szily-Satz«). Auch seine Irrtümer waren die gleichen, wie die der größten Vertreter seines Zeitalters (Clausius—Helmholtz usw.). Es war ein großer Verlust für die Geschichte der Physik in Ungarn, daß Szily seine Tätigkeit als Physiker noch in voller Schaffenskraft abbrach.

### Literatur

1. Műegyetemi Lapok **14**, 123—25 (1877).
2. Műegyetemi Lapok **28**, 254—55 (1878).
3. A telített gőz nyomásának törvényéről. Értekezések a matematikai tudományok köréből **7**, 17 (1880).
4. GYARMATI, I.: id. Szily Kálmán. Fizikai Szemle **5**, 147—157 (1955).
- 5a. Ausführlicher siehe BÍRÓ, G.: Fizikátörténet és mechanikus materializmus. Filozófiai Szemle. **5.—6.** 661—681 (1971).
- 5b. Értekezések a matematikai tudományok köréből **1**, 3—20 (1867).
6. Értekezések a matematikai tudományok köréből **1**, 10 (1872): Das Hamiltonsche Prinzip und der Zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Poggendorff's Annalen **145**, 295 (1872).
7. Sitzungsberichte der Wiener Akademie **53**, 2 (1866).
8. Poggendorff's Annalen **142**, 433 (1871).
9. CLAUDIUS, R.: Über den Zusammenhang des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie mit dem Hamiltonschen Prinzip. Poggendorff's Annalen **146**, 585 (1872).
10. SZILY, K.: Das dynamische Prinzip von Hamilton in der Thermodynamik. Pogg. Ann. **149**, 873—74 (1875).
11. Ausführlicher siehe BÍRÓ, G.: Az entrópia-fogalom kialakulásának történetéhez. Fizikai Szemle **3**, 84 (1963).
12. CLAUDIUS, R.: Poggendorff's Annalen **150**, 106 (1873).
13. SZILY, K.: A hőelmélet második főtétele levezetve az elsőből. Értek. a matematikai tudományok köréből **4**, 3 (1875). In deutscher Sprache: Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband **7**, 154 (1875).
14. Műegyetemi Lapok **6**, 165 (1876) und **8**, 239 (1876). In deutscher Sprache: Pogg. Ann. **160**, 436 (1877).
15. Siehe GYARMATI, I.: A termodinamika elveiről. Kandidatendissertation, 1958, 7—8.
16. GYARMATI, I.: id. Szily Kálmán. Fizikai Szemle **5**, 156 (1955).
17. Siehe FÉNYES, I.: Die Anwendung der mathematischen Prinzipien der Mechanik in der Thermodynamik. Zeitschrift für Physik **132**, 140 (1952).
18. CARATHÉODORY: Mathematische Annalen **67**, 305 (1909).
19. FARKAS, GY.: A Carnot—Clausius féle tétel egyszerűsített levezetése. Matematikai-Fizikai Lapok **1**, 7—11 (1895). Auch ORTVAY, R. der im Jahre 1933 GY. FARKAS einen Nachruf widmete, wurde von I. BRÓDY auf diese Tatsache aufmerksam gemacht. GY. FARKAS schreibt im genannten Beitrag: »Adiabatisch, also durch rein mechanische Operationen läßt sich kein Körper oder kein Körpersystem in einen Zustand versetzen, in den . . . er durch Wärmeänderung versetzt werden kann.«
20. Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften Leipzig. Teubner 1903. Bd. 5. Theil 1, 185.

Dr. Gábor BÍRÓ, Budapest XI., Budafoki u. 8, Ungarn