

Jahresbericht

über das

Realgymnasium und die Realschule

der Franckeschen Stiftungen zu Halle a. S.

für das Schuljahr von Ostern 1894 bis Ostern 1895

von

Prof. Dr. G. Strien,

Direktor.

Hierzu als Beilage von Dr. Bernhard Willmer:

Die innere Reibung von Wasser, Methylalkohol, Athylalkohol, Ather, Benzol in der Nähe der Siedetemperatur.

Halle a. S.,

Druck der Buchdruckerei des Waisenhauses.

1895.

1895. Progr. Nr. 267.



Jahresbericht

Realschule und die Realschule

der städtischen Schulanstalten in Halle a. S.

für das Schuljahr von 1891 bis 1892

Herrn Dr. G. Stein

Druck und Verlag von G. Neumann, Neudamm, 1892



Halle a. S.

Verlag von G. Neumann, Neudamm

1892

Halle a. S. 1892



Schulnachrichten.

I. Die allgemeine Lehrverfassung der Schule.

1. Die Lehrgegenstände und deren Stundenzahl.

Lehrgegenstände	a) Realgymnasium				b) Realschule								Zu- sammen
	I	II ^a	II ^b	III ^a	III ^{b1}	III ^{b2}	IV ^a	IV ^b	V ^a	V ^b	VI ^a	VI ^b	
Religion	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	26
Deutschu. Geschichtserzählungen	3	3	3	3	3	3	4	4	$\left. \begin{smallmatrix} 3 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\} 4$	$\left. \begin{smallmatrix} 3 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\} 4$	$\left. \begin{smallmatrix} 4 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\} 5$	$\left. \begin{smallmatrix} 4 \\ 1 \end{smallmatrix} \right\} 5$	44
Lateinisch	3	3	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	13
Französisch	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	65
Englisch	3	3	3	3	5	5	—	—	—	—	—	—	22
Geschichte und Erdkunde . .	3	3	2 1	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2	2	2	2	37
Mathematik und Rechnen . .	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	64
Naturbeschreibung	—	—	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
Physik	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9
Chemie und Mineralogie . .	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Schönschreiben	—	—	—	—	—	—	2	2	2	2	2	2	12
Zeichnen	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	—	—	20
Summa	30	30	30	30	30	30	28	28	25	25	25	25	336
Turnen . . . 18 Stunden	3 Stunden		3 Stdn. 3 Stdn.		3 Stdn.		3 Stdn.		3 Stdn.				
Singen . . . 6 Stunden	in 2 Chören: 1. Chor 3 Stdn., 2. Chor 1 Stde.						1 Stunde		1 Stunde				

1*



2. Übersicht der Stundenverteilung unter die einzelnen Lehrer.
a) im Sommerhalbjahr 1894.

Lfd. Nr.	Lehrer	Ordnariats	Realgymnasium				Realschule								Summe der Stunden		
			I	II ^a	II ^b	III ^a	III ^{b1}	III ^{b2}	IV ^a	IV ^b	V ^a	V ^b	VI ^a	VI ^b			
1.	Direktor Prof. Dr. Strien . . .	—	Relig. 2 Franzöf. 4	Relig. 2 Franzöf. 4													12
2.	Professor Dr. Sommer . . .	I	Math. 5 Physik 3	Physik 3	Math. 5 Physik 3												19
3.	Professor Dr. Maennel . . .	II ^b	Deutsch 3 Latein 3		Deutsch 3 Latein 3	(Latein 4)				Deutsch 4							20(16)
4.	Professor Lambert	III ^a	Gesch. u. Geogr. 3		Gesch. 2 Geogr. 1	Deutsch 3 Gesch. 2 Geogr. 2	Geogr. 2	Geogr. 2			Geogr. 2				Geogr. 2		21
5.	Oberlehrer Dr. Kühsemann . .	III ^{b1}		Englisch 3		Franzöf. 5 Englisch 3	Franzöf. 6 Englisch 5										22
6.	Oberlehrer Flade zugleich Bibliothekar	IV ^a		Math. 5			Math. 6	Math. 6	Math. 6								23
7.	Oberlehrer Dr. Lange	IV ^b			Relig. 2	(Relig. 2)	Relig. 2 Deutsch 3	(Relig. 2)			Relig. 2 Deutsch 4 Gesch. 2		Relig. 2		Relig. 3		24(20)
8.	Oberlehrer Dr. Hammerschmidt zugleich Turnlehrer	V ^a	Chemie 2	Chemie 2	Naturg. 2	(Naturg. 2)	Naturg. 2				Naturg. 2		Rechnen 5 Geogr. 2 (Naturg. 2)		Naturg. 2		23(19)
9.	Oberlehrer Grampe Erzieher an der Pensionsanstalt	II ^a		Deutsch 3 Latein 3 Gesch. 3			Gesch. 2	Deutsch 3 Gesch. 2					Deutsch 4				20
10.	Oberlehrer Dr. Boecker zugl. Turnlehrer u. Erzieher a. d. Pensionsanstalt	III ^{b2}	Englisch 3		Franzöf. 4 Englisch 3			Franzöf. 6 Englisch 5									21
11.	Wissensch. Hilfslehrer Dr. Böllmer	V ^b				Math. 5				Math. 6		Rechnen 5 Geogr. 2	Rechnen 5				23
12.	Wissensch. Hilfslehrer Dr. Nagel Erzieher an der Pensionsanstalt	VI ^a							Franzöf. 6		Franzöf. 6		Deutsch 5 Franzöf. 6				23
13.	Cand. prob. Dr. Eiselen . . .	—						Naturg. 2	Geogr. 2 Naturg. 2				Naturg. 2	Geogr. 2 Naturg. 2			12
14.	Cand. prob. Dr. Eilste	—							Gesch. 2				Franzöf. 6				8
15.	Cand. prob. Dr. Fischer . . .	VI ^b								Franzöf. 6					Deutsch 5 Franzöf. 6		17
16.	Cand. prob. Wiebeck	—							Relig. 2		Relig. 2 Deutsch 4		Relig. 3				11
17.	Dr. Behr, Mitgl. d. Seminars	—				Latein 4											4
18.	Dr. Campe, Mitgl. d. Seminars	—				Relig. 2		Relig. 2									4
19.	Künstler, Mitglied des Seminars	—				Naturg. 2					Naturg. 2						4
20.	Zeichnlehrer Lehmann	—	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Schreib. 2 Zeichnen 2	Schreib. 2 Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2					24
21.	Elementarlehrer Schulze I . . .	—									Schreib. 2		Schreib. 2				4
22.	Elementarlehrer Schulze II . . .	—													Rechnen 5		5
23.	Elementarlehrer Haberkorn . . .	—											Schreib. 2		Schreib. 2		4
24.	Gesanglehrer Zehler	—	Singen in 2 Chören: 1. Chor 3 Stdn., 2. Chor 1 Stde.				Singen 1				Singen 1				6		

b) im Winterhalbjahr 1894/95.

Lfd. Nr.	Lehrer	Ordnariats	Realgymnasium				Realschule								Summe der Stunden
			I	II ^a	II ^b	III ^a	III ^{b1}	III ^{b2}	IV ^a	IV ^b	V ^a	V ^b	VI ^a	VI ^b	

21.	Elementarlehrer Schulze I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Rechnen 5	5
22.	Elementarlehrer Schulze II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Schreib. 2	4
23.	Elementarlehrer Haberborn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
24.	Gefanglehrer Zehler	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6

Singen in 2 Chören: 1. Chor 3 Stdn., 2. Chor 1 Stde.

Singen 1

Singen 1

in Wintersemester 1874/75.

Nr.	Lehrer	Ordinate	Realgymnasium				Realschule								Summe der Stunden	
			I	II ^a	II ^b	III ^a	III ^{b1}	III ^{b2}	IV ^a	IV ^b	V ^a	V ^b	VI ^a	VI ^b		
1.	Direktor Prof. Dr. Strien	—	Relig. 2 Franzöf. 4	Relig. 2 Franzöf. 4												12
2.	Professor Dr. Sommer	I	Math. 5 Physik 3	Math. 5 Physik 3												19
3.	Professor Dr. Maennel	II ^b	Deutsch 3 Latein 3		Deutsch 3 Latein 3	Latein 4				Deutsch 4						20
4.	Professor Lambert	III ^a	Gesch. u. Geogr. 3		Gesch. 2 Geogr. 1	Deutsch 3 Gesch. 2 Geogr. 2	Geogr. 2	Geogr. 2			Geogr. 2				Geogr. 2	21
5.	Oberlehrer Dr. Rühlmann	III ^{b1}		Englisch 3		Franzöf. 5 Englisch 3	Franzöf. 6 Englisch 5									22
6.	Oberlehrer Flade zugleich Bibliothekar	IV ^a		Math. 5			(Math. 6)	Math. 6	Math. 6							23(17)
7.	Oberlehrer Dr. Lange	IV ^b			Relig. 2	(Relig. 2)	Relig. 2 Deutsch 3	(Relig. 2)			Relig. 2 Deutsch 4 Gesch. 2		Relig. 2		Relig. 3	24(20)
8.	Oberlehrer Dr. Hammer Schmidt zugleich Turnlehrer	V ^a	Chemie 2	Chemie 2	Naturg. 2	Naturg. 2	(Natur. 2)				Naturg. 2	Rechnen 5 Geogr. 2 Naturg. 2		Naturg. 2		23(21)
9.	Oberlehrer Grampe Erzieher an der Pensionsanstalt	II ^a		Deutsch 3 Latein 3 Gesch. 3			Gesch. 2	(Deutsch 3) Gesch. 2	Gesch. 2				Deutsch 4			22(19)
10.	Oberlehrer Dr. Voelker zugl. Turnlehrer u. Erzieher a. d. Pensionsanst.	III ^{b2}	Englisch 3		Franzöf. 4 Englisch 3			Franzöf. 6 Englisch 5								21
11.	Wissensch. Hilfslehrer Dr. Böllmer	V ^b				Math. 5				Math. 6		Rechnen 5 Geogr. 2	Rechnen 5			23
12.	Wissensch. Hilfslehrer Dr. Dütschke	VI ^a									Franzöf. 6		Deutsch 5 Franzöf. 6			17
13.	Wissensch. Hilfslehr. Dr. Kesselring zugleich Turnlehrer	—								Franzöf. 6	Franzöf. 6		Franzöf. 6			18
14.	Cand. prob. Dr. Eifelen	—						Naturg. 2	Geogr. 2 Naturg. 2				Naturg. 2	Geogr. 2 Naturg. 2		12
15.	Cand. prob. Dr. Fischer	VI ^b													Deutsch 5 Franzöf. 6	11
16.	Cand. prob. Wiebeck	—							Relig. 2		Relig. 2 Deutsch 4			Relig. 3		11
17.	Dr. Campe, Mitgl. d. Seminars	—				Relig. 2		Relig. 2 Deutsch 3								7
18.	Köstler, Mitglied des Seminars zugleich Turnlehrer	—					Math. 6 Naturg. 2									8
19.	Zeichenlehrer Lehmann	—	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2	Schreib. 2 Zeichnen 2	Schreib. 2 Zeichnen 2	Zeichnen 2	Zeichnen 2				24
20.	Elementarlehrer Schulze I	—										Schreib. 2		Schreib. 2		4
21.	Elementarlehrer Schulze II	—													Rechnen 5	5
22.	Elementarlehrer Haberborn	—										Schreib. 2			Schreib. 2	4
23.	Gefanglehrer Musikdirektor Zehler	—	Singen in 2 Chören: 1. Chor 3 Stdn., 2. Chor 1 Stde.				Singen 1				Singen 1				6	



3. Übersicht über die während des abgelaufenen Schuljahres durchgenommenen Lehrstoffe.

A. Realgymnasium.

Prima.

Klassenlehrer: Professor Dr. Sommer.

Religion 2 Stb. Erklärung des Evangeliums Johannis. Glaubens- und Sittenlehre in Gestalt einer Erklärung der Conf. Augustana. Wiederholungen. Strien.

Deutsch 3 Stb. Überblick über die Litteraturgeschichte vom 16. Jahrh. bis Klopstock. Einige von dessen Oden. Proben aus dem Messias. Braut von Messina, Antigone, Iphigenie, Philoكتet. Lessings Laokoon (nach dem Lesebuche). Schillersche Gedankenlyrik. Dichter der Freiheitskriege (nach dem Lesebuche). — Vorträge im Anschlusse an die Privatlektüre. Aufsätze: 1. Die Rechtszustände in Goethes „Götz“. 2. Euch, ihr Götter, gehöret der Kaufmann. Güter zu suchen geht er, doch an sein Schiff knüpft das Gute sich an. 3. Der Ruhm der Ahnen, der Hort der Enkel. 4. Schuld und Schicksal in der „Braut von Messina“ (Klassenarbeit). 5. Der auf dem Hause des Tantalus lastende Fluch. Nach Goethes „Iphigenie“. 6. Thoas. 7. Goethes Iphigenie und des Sophokles Neoptolemos. 8. Weshalb darf nach Lessing der bildende Künstler keine starken Affekte darstellen? (Klassenarbeit.) Maennel.

Aufgabe für die Reiseprüfung: Phylades in Goethes „Iphigenie“.

Lateinisch 3 Stb. Vergil. Aen. I, II und IV (zum Teil); Liv. XXII und XXIII (zum Teil). Alle 14 Tage eine Übersetzung aus Livius. Gelegentlich grammatische Wiederholungen. Maennel.

Französisch 4 Stb. Lektüre im Sommer: Racine, Britannicus; Voltaire, Guerre de la Succession d'Espagne; im Winter: Molière, Le Bourgeois gentilhomme; Taine, Les Origines de la France contemporaine. Ergänzung und Wiederholung wichtiger Abschnitte der Grammatik. Das Notwendigste aus der Stilistik, Synonymik und Metrik. Übersetzungen ins Französische nach Bloez, Übungen zur Syntax; 14tägige Klassenarbeiten. Vorträge und Sprechübungen im Anschlusse an Gelesenes sowie an Vorkommnisse des täglichen Lebens. Aufsätze: 1. La bataille de Fehrbellin. 2. Les intrigues d'Agrippine. 3. La fête de l'université de Halle (lettre). 4. La lutte contre le dragon (Klassenaufsatz). 5. Une leçon de philosophie. 6. Portrait du Bourgeois gentilhomme. 7. La société française sous l'ancien régime. 8. La prise de la Bastille (Klassenaufsatz). Strien.

Aufgabe für die Reiseprüfung: Guerre de la Succession d'Espagne.

Englisch 3 Stb. Lektüre: Hume, History of England (Weidmann, Teil II). Shakspeare, King Richard the Second (Teubner). Privatlektüre (mit Benutzung der Schlegel-Tiedckschen Übersetzung) Shaksperes Historien. Sprechübungen im Anschlusse an die Klassen- und Privatlektüre, an Diktate, Vorträge und Vorkommnisse des täglichen Lebens. Das Wichtigste aus der Stilistik, Synonymik und Metrik. Wiederholung und Ergänzung der wichtigeren Abschnitte der Grammatik. 14tägige Klassenarbeiten. Thematika zu den freien Arbeiten: 1. Foundation of the Present Constitution of England. 2. Edward the Third's Wars with Scotland. 3. Dethronement of King Richard the Second, as represented by Shakspeare. 4. Henry the Fifth as a Prince-Royal and a King (im Anschlusse an die Privatlektüre). Voelker.

Geschichte und Erdkunde 3 Stb. Geschichte: Die wichtigsten Begebenheiten der Neuzeit vom Ende des dreißigjährigen Krieges bis zur Gegenwart im Zusammenhange ihrer Ursachen und Wirkungen.

Repetitionen. Schriftliche Ausarbeitungen in der Klasse. — Erdkunde: Gruppierende Wiederholungen aus der Geographie Deutschlands und der übrigen europäischen Länder nach Kirchhoff, Schulgeographie. Lambert.

Mathematik 5 Std. Gleichungen 3. Grades. — Maximums-Minimumstheorie. — Synthetische Behandlung der Kegelschnitte. — Analytische Geometrie der Ebene. Sechzehn schriftliche (Haus- und Klassen-) Arbeiten. Sommer.

Aufgaben für die Reifeprüfung: 1. Von einer Ellipse sei die Lage des einen Brennpunktes, eines Peripheriepunktes und zweier beliebiger Tangenten bekannt. Es ist der zweite Brennpunkt zu konstruieren. — 2. Wie lang ist in Halle der kürzeste Tag, wenn am Horizont die atmosphärische Strahlenbrechung 34' beträgt? — 3. Es wird gefordert, aus Platinblech einen offenen, geraden Hohlkegel (Trichter) so herzustellen, daß derselbe 2 Liter Flüssigkeit fasse, dabei aber der Materialverbrauch ein Minimum sei. Wie teuer (ohne Arbeitslohn) kommt dieser Trichter zu stehen, wenn das Blech 1 mm dick, das spezifische Gewicht $s = 21$ ist und 1 gr = 2,50 *M* kostet? — 4. Berechne x aus der Gleichung $4 = x + 3x^2 + 6x^3 + 10x^4 + 15x^5 + \dots$ in infin.

Physik 3 Std. Akustik. Optik. Sommer.

Aufgabe für die Reifeprüfung: Auf Grund der Gesetze des Winkelspiegels ist die Einrichtung und Wirkungsweise des Spiegelsextanten, sowie seine wichtigsten Anwendungen darzulegen.

Chemie und Mineralogie 2 Std. Salze, partielle Reduktionen, Wasserstoffverbindungen, Beleuchtung, Heizung (Arendt § 68—92). Wiederholungen. Kleinere schriftliche Arbeiten. Hamerschmidt.

Zeichnen 2 Std. Umfangreichere Flachornamente. Farbenharmonie. Zeichnen nach Gipsornamenten. Lehmann.

Ober-Sekunda.

Klassenlehrer: Oberlehrer Crampe.

Religion 2 Std. Erklärung der ganzen Apostelgeschichte. Lesung und Erklärung von Abschnitten neutestamentlicher Schriften (Jak., Thessal., Gal., 1. Korinth., Ephes., Philem., Philipp., 1. Petr.). Wiederholung von Katechismus, Sprüchen und Liedern. Strien.

Deutsch 3 Std. Einführung in das Nibelungenlied und in die Ilias (Vof). Vergleichende Betrachtung des deutschen und griechischen Volksepos. Ausblicke in die nordische Sage und in die großen deutschen Sagenkreise, auf das höfische Epos und die höfische Lyrik unter Zugrundelegung des Lesebuches von Hopf und Paulstief (mittelhochdeutsche Ausgabe). Gelesen wurden außerdem Egmont und Wallensteins Lager. Einzelne sprachgeschichtliche Belehrungen, zusammenfassender Rückblick auf die Arten der Dichtung. Freie Vorträge auf Grund der Privatlektüre. Deklamationen von Gedichten, zumal von Uhland und Geibel. Die Thematata für die Aufsätze waren: 1. Der europäische Schauplatz der griechischen Geschichte. 2. Die historischen Elemente im Nibelungenliede. 3. Hat Solon recht, wenn er sagt: „Ansehn hab' ich dem Volke verliehen, soviel ihm gebührte, — Seiner Würde gemäß, mehr nicht und weniger nicht, — Doch den Mächtigen auch, und die da prunkten im Reichtum, — Ihnen auch klugen Bedachts gab ich nicht über Gebühr“ —? 4. Parzivals Lebenslauf (Klassenaufsatz). 5. „Was du ererbt von deinen Vätern hast, — Erwirb es, um es zu besitzen.“ 6. Walther von der Vogelweide, ein Sänger für Kaiser und Reich. 7. Rom und Karthago vor dem ersten punischen Kriege. 8. Gang der Handlung in Goethes Egmont (Klassenaufsatz). Crampe.

Lateinisch 3 Std. Gelesen wurde aus Ovids Metamorphosen der Kampf um die Waffen des Achill und Hecuba, Caes. bell. civil. III mit Auswahl. 14 tägige Übersetzungen aus dem Lateinischen, die zum Teil zu Hause angefertigt wurden. Gelegentlich grammatische Wiederholungen. Crampe.

Französisch 4 Std. Gelesen wurde im Sommer: A. de Vigny; im Winter: Racine, Athalie; Feuillet, Le Village. Synonymisches, Stilistisches, Metrisches nach Bedürfnis. Grammatische Wiederholungen, namentlich der unregelmäßigen Zeitwörter. Übersetzungen ins Französische, 14 tägige Klassenarbeiten. Anleitung zu kleinen freien Arbeiten. Sprechübungen im Anschluß an Gelesenes sowie an Vorkommnisse des täglichen Lebens. Strien.

Englisch 3 Std. Gelesen wurde im Sommer: Macaulay, Lord Clive; im Winter: Dickens, The Cricket on the Hearth. Sprechübungen. Phraseologisches, Stilistisches, die wichtigsten Synonyma. Anleitung zu kleinen freien Arbeiten. — Grammatische Wiederholungen nach Gesenius II. 14 tägige Klassenarbeiten. Nühlemann.

Geschichte und Erdkunde 3 Std. Hauptereignisse der griechischen Geschichte bis zum Tode Alexanders des Großen und der römischen Geschichte bis zum Untergang des weströmischen Kaiserthums nach Ursachen und Wirkungen. Besondere Berücksichtigung der Verfassungs- und Kulturverhältnisse in zusammenfassender vergleichender Gruppierung. Gruppierende Wiederholungen. Vier schriftliche Ausarbeitungen in der Klasse. Crampe.

Mathematik 5 Std. Schwierigere quadratische Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen erster Ordnung. Zinsezins- und Rentenrechnung. Lehre von den harmonischen Punkten und Strahlen, Chordalen, Ähnlichkeitspunkten und Achsen. Konstruktion algebraischer Ausdrücke. — Goniometrie (einschließlich der Additionstheoreme) nebst schwierigeren Dreiecksberechnungen. — Wissenschaftliche Begründung und Ausführung der Stereometrie. — 14 tägige Klassenarbeiten. Flade.

Physik 3 Std. Wärmelehre. Magnetismus. Reibungs-Elektrizität. Galvanismus. Sommer.

Chemie und Mineralogie 2 Std. Dryde, Sulfide, Haloide (Arendt § 1—31). Krystallographie, wichtigste Mineralien. Kleinere schriftliche Arbeiten. Hammerschmidt.

Zeichnen 2 Std. Umfangreiche Flachornamente, namentlich solche aus der Renaissance. Farbenharmonie. Zeichnen nach Gipsornamenten wird fortgesetzt. Schattenkonstruktion. Lehmann.

Unter-Sekunda.

Klassenlehrer: Professor Dr. Maennel.

Religion 2 Std. Bibellese behufs Ergänzung der in Tertia gelesenen Abschnitte. Erklärung des Matthäus-Evangeliums. Wiederholung des Katechismus und Aufzeigung seiner inneren Gliederung. Sprüche, Lieder, Psalmen. Lange.

Deutsch 3 Std. Schillersche Balladen. Hermann und Dorothea. Tell und Minna von Barnhelm. Auswendiglernen von Dichterstellen. Übungen im Vortrag über Gelesenes. Aufsätze: 1. Der Laucher und der Handschuh. Ein Vergleich. 2. König Rudolf im „Grafen von Habsburg“ und der König in „des Sängers Fluch“. 3. Die Mutter in Goethes „Hermann und Dorothea“. 4. Grund, Veranlassung und Ergebnisse der drei schlesischen Kriege (Klassenarbeit). 5. Hermanns Lebensschicksale. Nach der Vorabel. 6. Die Tyrannei der Landvögte. Nach dem ersten Akte. 7. Die Beschlüsse der Rütli-Verammlung. 8. Ist der Fischer, der in der ersten Scene des vierten Aktes auftritt, der Ruodi des ersten Aktes? 9. Welche Aufgaben hat der fünfte Akt von Schillers „Wilhelm Tell“? 10. Was haben die drei „Dramen“ in Schillers Tell gemeinsam? (Klassenarbeit.) Maennel.

Lateinisch 3 Std. Gelesen wurden aus Ovids Metamorphosen die Abschnitte über Perseus und über Medea, sowie der größte Teil von Caes. bell. Gall. VII. — Grammatische Wiederholungen im Anschluß an die 14 tägigen, meist deutsch-lateinischen, Klassenarbeiten. Maennel.

Französisch 4 Std. Lektüre: Barante, Jeanne Darc (Kenger) und einige Gedichte. Sprechübungen. Erweiterung des Wort- und Phrasenschatzes. Ploetz, Schulgrammatik L. 37, 38, 58—78. 14-tägige Klassenarbeiten. Voelker.

Englisch 3 Std. Lektüre: Scott, Ivanhoe (Kenger) und einige Gedichte. Sprechübungen. Erweiterung des Wort- und Phrasenschatzes. Syntax des Verbs nach Gesenius II. 14-tägige Klassenarbeiten. Voelker.

Geschichte 2 Std. Deutsche und preussische Geschichte vom Regierungsantritt Friedrichs des Großen bis zur Gegenwart. Wiederholungen. Schriftliche Ausarbeitungen in der Klasse. Lambert.

Erdkunde 1 Std. Wiederholung der Länder Europas mit Ausnahme von Deutschland. Karten- und Skizzen. Elementare mathematische Erdkunde. Die bekanntesten Verkehrs- und Handelswege der Jetztzeit. Lambert.

Mathematik 5 Std. Logarithmen. — Trigonometrie. — Gleichungen, besonders II. Grades mit einer und zwei Unbekannten. — Stereometrie. 18 schriftliche (Haus- und Klassen-) Arbeiten. Sommer.

Physik 3 Std. Statik und Dynamik der flüssigen und luftförmigen Körper. — Magnetismus. Reibungs- und Elektrizität. Galvanismus. Sommer.

Naturbeschreibung 2 Std. Im Sommer: Einiges aus der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, sowie der Kryptogamen und Pflanzenkrankheiten. Im Winter: Anatomie und Physiologie des Menschen nebst Unterweisungen über die Gesundheitspflege. Kleinere schriftliche Arbeiten. Hammer Schmidt.

Zeichnen 2 Std. Übungsbeispiele aus den verschiedensten Stilarten. Betonen der den einzelnen Stilarten eigentümlichen Farben. — Elemente der Projektionslehre. — Belehrung über Licht und Schatten unter Benutzung einfacher Gipsmodelle. Lehmann.

Ober-Tertia.

Klassenlehrer: Professor Lambert.

Religion 2 Std. Lesung und Erklärung wichtiger Abschnitte aus dem N. T. Eingehend die Bergpredigt und Gleichnisse. Erklärung einiger Psalmen. Wiederholungen aus dem Katechismus. Kirchenlieder, Sprüche. Reformationsgeschichte im Anschluß an ein Lebensbild Luthers. Lange.

Deutsch 3 Std. Schillers Glocke; kleinere Gedichte in gruppierender Auswahl und Prosastücke nach dem Lesebuch von Hopf und Paulsief; Homers Ilias in der Bearbeitung von Kern. Vorträge. Vierwöchentliche Aufsätze. Lambert.

Lateinisch 4 Std. Wiederholungen aus der Kasuslehre. Das Wichtigste aus der Tempuslehre. Konjunktionen. Oratio obliqua. Übersetzungen aus Meirings Übungsbuche. Caes. bell. Gall. IV, 1—19; VI, 21—28; I, 30—54. 14-tägige Klassenarbeiten. Maennel.

Französisch 5 Std. Ploetz, Schulgrammatik, Lekt. 6—57 unter Wegfall von Lekt. 36—38. 14-tägige Klassenarbeiten. Lektüre: Erckmann-Chatrion, Histoire d'un Conserit. Sprechübungen im Anschluß an die Lektüre und an Vorkommnisse des täglichen Lebens, daneben einige Gedichte. Nühlemann.

Englisch 3 Std. Gesenius II § 1—167. Syntax des Artikels, Substantivs, Adjektivs, Pronomens und Adverbs. 14-tägige Klassenarbeiten. Lesebuch: Vershoven. Sprechübungen im Anschluß an Gelesenes. Einige Gedichte. Nühlemann.

Geschichte 2 Std. Deutsche und preussische Geschichte vom Ausgange des Mittelalters bis zum Regierungsantritt Friedrichs des Großen. Wiederholungen. Schriftliche Ausarbeitungen in der Klasse. Lambert.

Erdkunde 2 Stb. Wiederholung der physischen und politischen Erdkunde Deutschlands. Erdkunde der deutschen Kolonien. Kartenskizzen. Lambert.

Mathematik 5 Stb. Arithmetik (2 Stb.): Lehre von den Potenzen und Wurzeln. Gleichungen einschließlich einfacher quadratischer mit einer Unbekannten. — Planimetrie (3 Stb.): Ähnlichkeit der Figuren. Berechnung regulärer Vielecke sowie des Kreisinhaltcs und -umfangcs. 14 tägige Klassenarbeiten. Böllmer.

Naturbeschreibung 2 Stb. Im Sommer: Beschreibung einiger schwieriger Pflanzenarten zur Ergänzung und Wiederholung der Formenlehre, Systematik und Biologie. Besprechung der wichtigsten ausländischen Kulturgewächse. Mitteilungen über die geographische Verbreitung der Pflanzen. Kleinere schriftliche Arbeiten. — Im Winter: Niedere Tiere. Erweiterungen und Wiederholungen des zoologischen Lehrstoffcs der früheren Klassen mit Rücksicht auf die Erkennung des Systems der wirbellosen Tiere. Wiederholung des Systems der Wirbeltiere. Kleinere schriftliche Arbeiten. Hammer Schmidt.

Zeichnen 2 Stb. Schwierige Eisen- bzw. Holzornamente und Füllungen. Anwendung der Palmette. Farben fanden Berücksichtigung. Geometrische Ansichten von Gesimsen, Gefäßformen, Postamenten etc. Perspektivisches Zeichnen: Eben- und krummflächige Vollkörper. Lehmann.

B. Realschule.

Unter-Tertia.

Klassenlehrer in III^{b1}: Oberlehrer Dr. Rühlmann; in III^{b2}: Oberlehrer Dr. Voelker.

Religion 2 Stb. Lesung und Erklärung biblischer Abschnitte aus dem A. T. Erklärung einiger Psalmen. Wiederholung des Katechismus und der auf früheren Stufen gelernten Sprüche und Kirchenlieder. Vier Kirchenlieder, Sprüche. Das Kirchenjahr und die gottesdienstlichen Ordnungen. Lange.

Deutsch 3 Stb. Lesen von Gedichten und Prosa stücken. Anweisung zum Auswendiglernen und Vortragen von Gedichten. Belehrung über poetische Formen. Zusammenfassender Überblick über die wichtigsten grammatischen Gesetze. Alle vier Wochen ein Aufsatz. III^{b1} Lange, III^{b2} Crampe.

Französisch 6 Stb. Gelesen wurde: De Phalsbourg à Marseille, ed. Bretschneider. — Bloch, Schulgrammatik, Lekt. 39—57. Grammatische Wiederholungen, insbesondere aus dem Pensum der vorigen Klasse. Sprechübungen. 8 tägige Klassenarbeiten. Einige Gedichte. III^{b1} Rühlmann, III^{b2} Voelker.

Englisch 5 Stb. Formenlehre nach Gesenius I. Übungen im Lesen, Sprechen und in der Rechtschreibung. Aneignung eines beschränkten Wortschatzes im Anschluß an das Gelesene. 8 tägige Klassenarbeiten. Einige Gedichte. III^{b1} Rühlmann, III^{b2} Voelker.

Geschichte 2 Stb. Kurzer Überblick über die weströmische Kaiser Geschichte vom Tode des Augustus, dann deutsche Geschichte bis zum Ausgang des Mittelalters. Vier schriftliche Ausarbeitungen in der Klasse. Crampe.

Erdkunde 2 Stb. Physische und politische Erdkunde der außereuropäischen Erdteile. Wiederholung der politischen Erdkunde Deutschlands. Kartenskizzen. Lambert.

Mathematik 6 Stb. Arithmetik: Die Grundrechnungen mit absoluten Zahlen. Bestimmungs-
gleichungen ersten Grades. Anwendung derselben auf Aufgaben aus dem bürgerlichen Leben und dem
sogenannten kaufmännischen Rechnen. — Planimetrie: Kreislehre. Sätze über Flächengleichheit von
Figuren. Berechnung der Fläche geradliniger Figuren. Lösung geometrischer Aufgaben. 14 tägige
Klassenarbeiten. Flade.

Naturbeschreibung 2 Stb. Im Sommer: Wiederholungen und Erweiterungen des botanischen
Lehrstoffs der früheren Klassen mit Rücksicht auf die Erkennung des natürlichen Systems der Phanerogamen.
Kleinere schriftliche Arbeiten. — Im Winter: Gliedertiere. Kleinere schriftliche Arbeiten. III^{b1} Hammer-
schmidt, III^{b2} Eiselen.

Zeichnen 2 Stb. Leichte Eisen- bzw. Holzornamente und Füllungen. Die Palmette. Der Farben-
kreis durch tertiäre Farben erweitert. — Einfache gerad- und krummlinige geometrische Ornamente. —
Körperzeichnen: Die einfachsten perspektivischen Gesetze an Drahtmodellen erläutert. Lehmann.

Quarta.

Klassenlehrer in IV^a: Oberlehrer Flade; in IV^b: Oberlehrer Dr. Lange.

Religion 2 Stb. Das Allgemeinste von der Einteilung der Bibel. Wichtige Abschnitte des A. u.
N. T.'s behufs Wiederholung der biblischen Geschichten. Erklärung des III. Hauptstücks. Wiederholung
des I. u. II. Hauptstücks. Auswendiglernen des IV. u. V. Hauptstücks. 4 Kirchenlieder. Sprüche. IV^a
Wiebeck, IV^b Lange.

Deutsch 4 Stb. Lesen von Gedichten und Prosaftücken. Anweisung zum Auswendiglernen und
Vortragen von Gedichten. Der zusammengesetzte Satz. Das Wichtigste aus der Wortbildungslehre. Alle
14 Tage abwechselnd Diktate und Aufsätze. IV^a Maennel, IV^b Lange.

Französisch 6 Stb. Wiederholung der Lehraufgabe der Quinta, namentlich der Fürwörter. Die
unregelmäßigen Zeitwörter in logischer Gruppierung. Abschluß der Formenlehre des Substantivs, Adjektivs,
Adverbs und Zahlworts. Ploetz, Schulgrammatik, L. 1—23 und L. 29—35. Übersicht über die Konjunk-
tionen. Die Präpositionen de und à. Lektüre: Löwe, La France et les Français. Im Anschluß daran
Sprechübungen. Alle 8 Tage abwechselnd Dictées und Thème. IV^a im S. Nagel, im W. Kesselring;
IV^b im S. Fischer, im W. Kesselring.

Geschichte 2 Stb. Übersicht über die griechische Geschichte bis zum Tode Alexanders des Großen.
Übersicht über die römische Geschichte bis zum Tode des Augustus. Vier kleinere schriftliche Arbeiten.
IV^{a1} Crampe, IV^{b2} Lange.

Erdfunde 2 Stb. Physische und politische Erdfunde von Europa außer Deutschland. Kartenskizzen
IV Eiselen, IV Lambert.

Mathematik 6 Stb. Rechnen: Decimalrechnung. Einfache und zusammengesetzte Regelbetri mit
ganzen Zahlen und Brüchen. (Aufgaben aus dem bürgerlichen Leben.) — Planimetrie: Lehre von den
Geraden, Winkeln, Dreiecken und Parallelogrammen. Einführung in die Inhaltsberechnung. — 14 tägige
Klassenarbeiten. IV^a Flade, IV^b Böllmer.

Naturbeschreibung 2 Stb. Im Sommer: Vergleichende Beschreibung verwandter Arten und
Gattungen von Blütenpflanzen nach vorhandenen Exemplaren. Übersicht über das natürliche Pflanzensystem.
2*

Lebenserscheinungen der Pflanzen. Kleinere schriftliche Arbeiten. Im Winter: Wiederholungen und Erweiterungen des zoologischen Lehrstoffes der früheren Klassen mit Rücksicht auf die Erkennung des Systems der Wirbeltiere. Kleinere schriftliche Arbeiten. IV^a Eifelen, IV^b Hammerschmidt.

Schreiben 2 Std. Lehmann.

Zeichnen 2 Std. Schwierigere geradlinige Flächenfiguren (Bandverschlingungen). Krumme Linien und krummlinige Flächenfiguren: Spirale und ihre einfachste Anwendung; Blatt-, Blüten- und Fruchtformen. Einige der wichtigsten geometrischen Konstruktionsaufgaben mit Hilfe von Reißschiene, Dreieck und Zirkel gelöst. Primäre und sekundäre Farben. Lehmann.

Quinta.

Klassenlehrer in V^a: Oberlehrer Dr. Hammerschmidt; in V^b: Wissenschaftl. Hilfslehrer Dr. Böllmer.

Religion 2 Std. Biblische Geschichten des N. T. Erklärung und Einprägung des II. Hauptstücks mit Luthers Auslegung. Vier Kirchenlieder. Sprüche. V^a Wiebeck, V^b Lange.

Deutsch und Geschichtserzählungen 4 Std. Lesen von Gedichten und Prosa-Stücken. Anweisung zum Vortragen und Lernen von Gedichten. Mündliches Nacherzählen; schriftliches Nacherzählen, im Sommer nur in der Klasse, im Winter auch als Hausarbeit. Der einfache und der erweiterte Satz. Das Notwendigste vom zusammengesetzten Satz. Rechtschreib- und Interpunktionsübungen. Wöchentliche Diktate. Erzählungen aus der alten Sage und Geschichte. V^a Wiebeck, V^b Grampe.

Französisch 6 Std. Strien, Lehrbuch I. Geschlechtswort, Teilartikel, Geschlecht der Substantiva, Bildung der Mehrheit; die weibliche Form und die Steigerung des Adjektivs, Für- und Zahlwörter, die wichtigsten unregelmäßigen Verben. Sprechübungen stündlich, wöchentlich wechselnd Dictée und Thème. V^a im Sommer Nagel, im Winter Dütschke; V^b im Sommer Elste, im Winter Kesselring.

Erdkunde 2 Std. Physische und politische Erdkunde Deutschlands unter Benutzung eines Lehrbuchs. Weitere Einführung in das Verständnis des Reliefs, des Globus und der Karten. Anfänge im Entwerfen von einfachen Umriffen an der Wandtafel. V^a Hammerschmidt, V^b Böllmer.

Rechnen 5 Std. Teilbarkeit der Zahlen. Gemeine Brüche. Einfache Aufgaben der Regeldetri. Wiederholung der deutschen Maße, Gewichte und Münzen. 8tägige Klassenarbeiten. V^a Hammerschmidt, V^b Böllmer.

Naturbeschreibung 2 Std. Im Sommer: Vollständige Kenntnis der äußeren Organe der Blütenpflanzen im Anschluß an die Beschreibung und Vergleichung verwandter, gleichzeitig vorliegender Arten. Im Winter: Beschreibung wichtiger Wirbeltiere nach vorhandenen Exemplaren und Abbildungen nebst Mitteilungen über ihre Lebensweise, ihren Nutzen oder Schaden. Grundzüge des Knochenbaues beim Menschen. V^a Hammerschmidt, V^b Eifelen.

Schreiben 2 Std. V^a Schulze I, V^b Haberkorn.

Zeichnen 2 Std. Linien. Winkel. Geradlinige Flächenfiguren: Vierecke (Quadrat), Dreiecke, regelmäßiges Sech- und Achteck. Krumme Linien: Kreis, Ellipse, Eiform; einfache Blüten- und Knospenformen. Lehmann.

Sexta.

Klassenlehrer in VI^a: im Sommer Dr. Nagel, im Winter Dr. Dütschke; in VI^b: Cand. prob. Dr. Fischer.

Religion 3 Stb. Biblische Geschichten des N. T.; Festgeschichten. Durchnahme und Erlernung des I. Hauptstücks mit Luthers Auslegung, einfache Worterklärung des II. und III. Hauptstücks. Vier Kirchenlieder. Sprüche. VI^a Wiebeck, VI^b Lange.

Deutsch und Geschichtserzählungen 5 Stb. Grammatik: Einfacher Satz, starke und schwache Flexion. Wöchentliche Diktate. Durchnahme von Prosa-Stücken und Gedichten. Mündliches Nacherzählen des durchgenommenen Stoffes und Auswendiglernen von Gedichten. — Lebensbilder aus der vaterländischen Geschichte der letzten 3 Jahrhunderte. VI^a im Sommer Nagel, im Winter Dütschke; VI^b Fischer.

Französisch 6 Stb. Im Anschluß an die Lesestücke in Strien, Elementarbuch, Durchnahme der regelmäßigen Konjugation, der Hilfsverben avoir und être, des Notwendigsten aus der Formenlehre des Substantivs, des Adjektivs und der Zahlwörter. Sprechübungen. Übersetzungen aus dem Deutschen ins Französische. Wöchentlich Dictée oder Thème. VI^a im Sommer Nagel, im Winter Dütschke; VI^b Fischer.

Erdkunde 2 Stb. Grundbegriffe der physischen und mathematischen Erdkunde. Erste Anleitung zum Verständnis des Reliefs, des Globus und der Karten. Oro- und hydrographische Verhältnisse der Erdoberfläche im allgemeinen und Bild der engeren Heimat insbesondere. VI^a Eiselen, VI^b Lambert.

Rechnen 5 Stb. Wiederholung der Grundrechnungen mit ganzen Zahlen, unbenannten und benannten. Die deutschen Maße, Gewichte und Münzen nebst Übungen in der decimalen Schreibweise und den einfachsten decimalen Rechnungen. Stägige Klassenarbeiten. VI^a Böllmer, VI^b Schulze II.

Naturbeschreibung 2 Stb. Im Sommer: Beschreibung vorliegender Blütenpflanzen; im Anschluß daran Erklärung der Formen und Teile der Wurzeln, Stengel, Blätter, Blüten, leicht erkennbaren Blütenstände und Früchte. Im Winter: Beschreibung wichtiger Säugetiere und Vögel in Bezug auf Gestalt, Farbe und Größe nach vorhandenen Exemplaren und Abbildungen nebst Mitteilungen über ihre Lebensweise, ihren Nutzen und Schaden. VI^a Eiselen, VI^b Hammer Schmidt.

Schreiben 2 Stb. VI^a Schulze I, VI^b Haberforn.

Der technische Unterricht.

a) **Turnen.** Die Anstalt besuchten im Sommer 401, im Winter 390 Schüler.

Von diesen waren befreit:	vom Turnunterrichte überhaupt	von einzelnen Übungsarten
auf Grund ärztlichen Zeugnisses:	im S. 7, im W. 14	im S. 2, im W. 1
aus anderen Gründen:	im S. 5, im W. 7	im S. —, im W. —
zusammen:	im S. 12, im W. 21	im S. 2, im W. 1
also von der Gesamtzahl der Schüler:	im S. 3%, im W. 5,4%	im S. 0,5%, im W. 0,26%

Es bestanden bei 12 getrennt zu unterrichtenden Klassen 6 Turnabteilungen; zur kleinsten von diesen gehörten 39, zur größten 72 Schüler.

Von einer besonderen Vorturnerstunde abgesehen, waren für den Turnunterricht wöchentlich insgesamt 18 Stunden angesetzt. Ihn erteilten: Oberlehrer Dr. Hammerschmidt in der 1. und 4. Abteilung, Oberlehrer Dr. Voelker in der 3. und 5. Abteilung, wissenschaftlicher Hilfslehrer Dr. Kesselring in der 2. und Kandidat Köstler in der 6. Abteilung.

Der Anstalt stehen innerhalb der Franckeschen Stiftungen zwei Turnhallen und ein großer, schöner Turnplatz, der sogenannte „Feldgarten“, die gleichzeitig auch von andern Schülern, namentlich denen der Lateinischen Hauptschule benutzt werden, zur Verfügung. Die eine der beiden Turnhallen ist in den Jahren 1890/91 erbaut, vortrefflich eingerichtet und mit allem wohlversehen, während die ältere auch bescheidenen Ansprüchen kaum genügt.

Der Betrieb der Turnspiele ist dank den eifrigen Bemühungen des Oberlehrers Dr. Hammerschmidt in den letzten Jahren ein regerer geworden, besonders seitdem nicht nur die Turnabteilungen, welche gewöhnlich eine der drei Turnstunden dazu verwenden, sondern auch freiwillige Vereinigungen der Schüler dieselben ausführen. An der Anstalt besteht seit 1893 ein Turnspiel-Verein mit etwa 30 Mitgliedern, Schülern der Klassen I bis III^a. Von denselben ist auch in diesem Jahre, so oft es die Witterung zuließ, mit großem Eifer gespielt worden. Auch einige Gesellschafts-, bezw. Wettspiele mit Schülern anderer Anstalten sind ausgeführt worden. In erster Linie ist Fußball ohne Aufnehmen gespielt worden, außerdem deutscher Schlagball, Schnitzeljagd, Feldball, Barlauf, Cricket, Lawn Tennis. Im Sommer haben auch Schüler der Klassen III^b bis V in freiwilligen Abteilungen eifrig gespielt.

Von den 383 Schülern, welche am 1. Febr. 1895 die Anstalt besuchten, waren 232 Freischwimmer; von ihnen hatten 27 das Schwimmen erst im laufenden Schuljahre erlernt. Von der Gesamtzahl der Schüler waren mithin 60,55 % Freischwimmer.

b) **Gesang.** Prima bis Untertertia bildeten 2 Chöre. Der I. Chor sang 3 Std., der II. Chor 1 Std., Quarta mit Quinta vereint und Sexta je 1 Std. wöchentlich. Dem I. Chor gehörten 95, dem II. 46 Schüler an. Musikdirektor Zehler.

II. Auswahl aus den Verfügungen der vorgesezten Behörden.

1894.

Berlin, 10. April. Mitteilung über die Auswahl aus dem von der Verlagsanstalt für Kunst und Wissenschaft in München veröffentlichten Werke „Denkmäler griechischer und römischer Skulpturen in historischer Anordnung“.

Berlin, 26. April. Mitteilung über den vom 3. Okt. bis 8. Nov. in Italien zu veranstaltenden archäologischen Anschauungs-Kursus für deutsche Gymnasiallehrer.

Berlin, 28. April. Erteilung von Urlaub an Lehrer, welche an der Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Pfingsten in Wiesbaden teilnehmen.

Berlin, 1. Mai. Erteilung von Urlaub an Lehrer, die an dem 6. allgemeinen deutschen Neuphilologentage vom 15.—17. Mai in Karlsruhe teilnehmen.

Magdeburg, 18. Mai. Erteilung von Urlaub an Lehrer, die an der 4. Jahresversammlung des Turnlehrervereins der Provinz Sachsen vom 6.—8. Juli in Erfurt teilnehmen.

- Berlin, 7. Juni. Verfügung über den Umfang der Mitteilungen, die in den jährlich veröffentlichten Schulnachrichten über den Unterricht im Turnen und den Betrieb der Turnspiele zu machen sind.
- Magdeburg, 23. Juni. Mitteilung über die an Lehrer der neueren Sprachen zum Zwecke des Aufenthaltes in Ländern französischer Zunge oder in England zu verleihenden Stipendien.
- Magdeburg, 6. Juli. Empfehlung der im Verlage von Artaria in Wien erschienenen Weltkarte zum Studium der Entdeckungen mit dem kolonialen Besitz der Gegenwart von E. Mayer und J. Lufsch.
- Magdeburg, 13. Juli. Erteilung von Urlaub an Lehrer der Naturwissenschaften, die an der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte vom 24.—30. Sept. in Wien teilnehmen.
- Berlin, 20. Juli. Empfehlung der von Eduard Kremser bearbeiteten, im Leuckartschen Verlage in Leipzig erschienenen Ausgabe von altniederländischen Liedern.
- Magdeburg, 20. Juli. Mitteilung über die im Winterhalbjahr 1894/95 bei der Universität Halle abzuhaltenden staatlichen Kurse zur Ausbildung von Turnlehrern.
- Magdeburg, 24. Juli. Empfehlung des von Prof. Dr. Ludwig Schmid in Tübingen verfaßten Werkes „Graf Albert von Hohenberg, Rotenberg und Haigerloch vom Hohenzollern-Stamme“ für die Schülerbibliothek.
- Berlin, 15. Sept. Verfügung über die Feier zur Erinnerung an die dreihundertjährige Wiederkehr des Geburtstages Gustav Adolfs.
- Magdeburg, 9. Okt. Übersendung von 10 Exemplaren der im Verlage von Herrosé in Wittenberg erschienenen Festschrift des Prof. D. Witte über die Erneuerung der Schloßkirche in Wittenberg.
- Magdeburg, 16. Okt. Mitteilung der für die i. J. 1896 in Naumburg abzuhaltende 6. Versammlung der Direktoren der höheren Lehranstalten der Provinz Sachsen zur Beratung ausgewählter Gegenstände.
- Magdeburg, 26. Okt. Genehmigung der Berufung des wissenschaftlichen Hilfslehrers Dr. Völlmer in die zu Ostern 1895 zu gründende Oberlehrerstelle und die Berufung des Lehrers W. Schulze in die zu gleicher Zeit wieder zu besetzende Elementarlehrerstelle.
- Berlin, 31. Okt. Empfehlung der neuen Bearbeitung von Paulys Real-Encyclopädie der klassischen Altertumswissenschaft.
- Magdeburg, 3. Nov. Empfehlung der Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Band X, Heft 6 und 7.
- Magdeburg, 22. Nov. Mitteilung über den in Frankfurt a. M. vom 3.—15. Jan. 1895 abzuhaltenden Kursus für die französische Sprache.
- Berlin, 24. Nov. Empfehlung der Zeitschrift für lateinlose höhere Schulen.
- Berlin, 11. Dez. Aufforderung, über die Pflege des Bewegungsspieles zu berichten.
- Magdeburg, 17. Dez. Genehmigung der neuen Schulordnung für das Realgymnasium.

1895.

- Berlin, 3. Jan. Anfrage betr. den Gebrauch des Auersehen Gasglühlichts.
- Magdeburg, 7. Jan. Mitteilung der Ferienordnung für das Jahr 1895:

Schluß des Unterrichts:		Wiederbeginn:
Osterferien	Mittwoch den 3. April	Donnerstag den 18. April,
Pfingstferien	Freitag den 31. Mai nachm.	Donnerstag den 6. Juni,
Sommerferien	Sonnabend den 6. Juli	Dienstag den 6. August,
Herbstferien	Sonnabend den 5. Oktober	Dienstag den 22. Oktober,
Weihnachtsferien	Sonnabend den 21. Dezember	Dienstag den 7. Januar 1896.

- Berlin, 9. Jan. Empfehlung der Volksausgabe von Moltkes „Geschichte des Krieges von 1870/71“.
- Magdeburg, 10. Jan. Übersendung von 2 Exemplaren der von der historischen Kommission der Provinz Sachsen für d. J. 1895 herausgegebenen Neujaahrsblätter „Die historische Bedeutung des Saalethales“.
(Ein Exemplar hat der Primaner Trümpler erhalten.)
- Magdeburg, 17. Jan. Aufforderung, über die Bedeutung des Zeichenunterrichts für die Verfertigung der Schüler zu berichten.
- Magdeburg, 17. Jan. Verlegung der Feier des Geburtstages Sr. Majestät des Kaisers und Königs auf Sonnabend den 26. Jan.
- Berlin, 22. Jan. Empfehlung der Sammlung von Bildnissen Brandenburgisch-Preussischer Herrscher aus dem Hause Hohenzollern.
- Berlin, 24. Jan. Erneute Empfehlung des vaterländischen Romans „Gerke Eutemine“ von Gerhard von Arnim und des Dr. Güßfeldtschen Werkes über die Nordlandsreisen Seiner Majestät des Kaisers und Königs zur Verwendung als Prämien für Schüler der oberen Klassen.
- Magdeburg, 24. Jan. Hinweis auf die Wichtigkeit einer guten Handschrift und Aufforderung, über stenographischen Unterricht zu berichten.
- Magdeburg, 26. Jan. Genehmigung, daß bei längeren Beurlaubungen nach der Kabinettsordre vom 15. Juni 1863 verfahren wird.
- Berlin, 7. Febr. Empfehlung des im Kaiserlichen Gesundheitsamte ausgearbeiteten „Gesundheitsbüchleins“.
- Berlin, 9. Febr. Verfügung hinsichtlich der zum Zwecke der Befreiung vom Turnunterricht seitens der Schüler vorzulegenden ärztlichen Zeugnisse.
- Magdeburg, 19. Febr. Empfehlung des von dem Hof-Kunsthändler Troitsch reproduzierten Bildnisses des Großen Kurfürsten von Pieter Nafon.
- Berlin, 28. Febr. Mitteilung über den vom 17. bis 25. April in Berlin abzuhaltenden archäologischen Ferienkursus.
- Berlin, 9. März. Erteilung von Urlaub für die Teilnehmer an dem vom 17. bis 21. April d. J. in Bremen stattfindenden XI. Deutschen Geographentage.
- Berlin, 12. März. Mitteilung über den vom 17. bis 27. April in Berlin stattfindenden naturwissenschaftlichen Ferienkursus.
- Berlin, 18. März. Verfügung, daß aus Anlaß des 80. Geburtstages des Fürsten von Bismarck am Montag den 1. April der Unterricht ausfällt.

III. Zur Geschichte der Anstalt.

Das Schuljahr begann Donnerstag den 5. April mit der Prüfung der angemeldeten Schüler. Die Eröffnungsfeier fand an demselben Tage nachmittags 3 Uhr statt.

Die Umwandlung des Realgymnasiums nahm ihren Fortgang, indem nun die Untertertia der Realschule eingerichtet wurde. Die steigende Frequenz machte eine Teilung dieser Klasse sowohl als der Sexta in 2 parallele Coeten notwendig. Infolgedessen blieb Herr Dr. Nagel nach Beendigung seines Probejahres als wissenschaftlicher Hilfslehrer an unserer Anstalt, während Herr Dr. Kesselring sich zu seiner weiteren Ausbildung nach Paris begab. Ebenso blieben die Herren Kandidaten Dr. Eiselen, Dr. Elste, Dr. Fischer und Wiebeck zur Ableistung ihres Probejahres. Gleichzeitig wurden die Herren Dr. Beyer, Dr. Campe und Köstler als Mitglieder des Seminarium praeceptorum der Anstalt zugewiesen.

Die Pfingstferien dauerten vom 12. bis 16. Mai einschließlich.

Herr Dr. Eiselen übernahm vom 1. Juni bis 15. Juli die Vertretung eines zu einer militärischen Übung einberufenen Oberlehrers am Herzogl. Realgymnasium zu Altenburg.

Der übliche Schulausflug wurde von den Klassen II^a bis VI am 16. Juni unternommen.

Der Hitze wegen fiel an mehreren Tagen der Unterricht von 11 Uhr an aus.

Dem königlichen Realgymnasium in Erfurt übersandte das Kollegium zur 50jährigen Jubelfeier am 30. Juni eine von Herrn Prof. Dr. Maennel verfaßte Glückwunsch-Adresse.

Durch die Fürsorge des Directoriums wurde mit dem 1. Juli die Reliktenversorgung für die Lehrer der höheren Schulen in den Franckeschen Stiftungen in gleicher Weise wie bei den staatlichen Anstalten geregelt.

Anlässlich der zweihundertjährigen Jubelfeier der Universität Halle-Wittenberg beteiligte sich das Lehrerkollegium nicht nur an der im Namen sämtlicher höherer Schulen der Provinz Sachsen überreichten Votivtafel, sondern brachte seinen Glückwunsch noch in einer besonderen Festschrift dar, welche zwei Abhandlungen: „Thucydidem nunquam temere usurpare adverbium *μόρον* adiectivi vicem“ von Oberlehrer Crampe, und „Die innere Reibung von Wasser, Methylalkohol, Athylalkohol, Ather, Benzol in der Nähe der Siedetemperatur“ von Dr. Völlmer, enthielt und von dem Unterzeichneten am 2. Aug. bei der Feier in der Aula überreicht wurde.

Die Sommerferien dauerten vom 8. Juli bis 6. Aug. einschließlich. Während des zweiten Vierteljahres wurde der zu einer militärischen Übung einberufene Herr Oberlehrer Dr. Voelker mit dankenswerter Bereitwilligkeit von Herrn Kesselring, der aus Paris zu uns zurückkehrte, vertreten.

Das Sedanfest wurde am 1. September im großen VersammlungsSaale durch einen Aktus begangen, bei dem Deklamationen der Schüler mit Gesängen des Schülerchores abwechselten. Die Ansprache hielt Herr Professor Lambert, welcher den Tag von Sedan als einen Tag stolzer Erinnerung, freudigen Dankes, aber auch ernster Mahnung feierte.

Sonntag den 16. September nahmen Lehrer und Schüler gemeinsam das heilige Abendmahl in der Glauchaischen Kirche.

Am 26. September erlangten 6 Untersekundaner durch die Abschlußprüfung die Reife für Obersekunda.

Am Ende des Sommerhalbjahres verließen uns Herr Dr. Nagel, um einem Rufe als ordentlicher Lehrer an das Realgymnasium zu Begeßack zu folgen, Herr Dr. Elste, um ein halbes Jahr in der französischen

Schweiz zuzubringen, und Herr Dr. Beyer, um an die Lateinische Hauptschule überzugehen. Dafür traten als wissenschaftliche Hilfslehrer Herr Dr. Dütsche und Herr Dr. Kesselring nach den vom 30. September bis 15. Oktober währenden Herbstferien ein.

Am 27. und 28. November unterzog Herr Geh. Regierungsrat Trosien das Seminarium praecceptorum einer Revision und wohnte auch dem Unterrichte der an unserer Anstalt beschäftigten Kandidaten bei.

Mit Rücksicht auf die am Sonntag den 9. Dezember veranstaltete kirchliche Feier zur Erinnerung an die dreihundertjährige Wiederkehr des Geburtstages Gustav Adolfs wies Herr Prof. Dr. Maennel tags zuvor in der Wochenandacht auf die Bedeutung seines Lebens und Wirkens für die evangelische Kirche hin.

In der Schlußandacht vor den Weihnachtsferien, die vom 23. Dez. bis 7. Jan. dauerten, wurden aus dem Weihnachtsfonds 12 Bücher an würdige Schüler als Weihnachtsgeschenke verteilt.

Der Geburtstag Sr. Majestät des Kaisers wurde am 26. Januar in großen Versammlungs- und Saale feierlich begangen. Die Festrede hielt Herr Prof. Dr. Sommer über das Thema: „Welche Hauptaufgaben findet Wilhelm II. als deutscher Kaiser bei seinem Regierungsantritt vor und in welcher Weise bewältigt er dieselben?“

Vom 6. bis 8. Februar beehrte Herr Geh. Regierungsrat Trosien die Anstalt mit seinem Besuche und wohnte dem Unterrichte sämtlicher Lehrer in den verschiedenen Lehrgegenständen und Klassen bei.

Durch Patent vom 21. Februar wurde dem Gesanglehrer der Anstalt, Herrn Zehler, das Prädikat als königlicher Musikdirektor beigelegt.

Am 11. März verstarb nach längerem Leiden der Hausmann der Anstalt, A. Drigalsky, der der Schule fast vierzig Jahre lang in treuer Hingabe gedient hatte.

Am 19. März verschied im 77. Lebensjahre der frühere Leiter unserer Anstalt, Direktor Dr. Wilhelm Schrader, der sechzehn Jahre lang, von Ostern 1868 bis 1884, an unserer Schule seine reiche Erfahrung und sein vielseitiges Wissen in den Dienst der Jugendberziehung gestellt hatte. In einer am 22. März abgehaltenen Gedächtnisfeier suchte der Unterzeichnete den Schülern die Verdienste des Heimgegangenen zu schildern, dem seine früheren Mitarbeiter ihre dankbare Verehrung auch über das Grab hinaus bewahren werden.

Am 25. März fand die mündliche Reifeprüfung unter dem Vorsitz des Herrn Geh. Regierungsrates Trosien in Gegenwart des Herrn Direktors der Franckeschen Stiftungen statt. Der einzige Abiturient konnte von der ganzen mündlichen Prüfung befreit werden. — Die mündliche Abschlußprüfung wurde am 28. März unter dem Vorsitz des Unterzeichneten abgehalten. 20 Untersekundanern wurde die Reife für Obersekunda zuerkannt.

Aus Anlaß des 80. Geburtstages des Fürsten von Bismarck wurde am 1. April im großen Versammlungs- und Saale eine Feier veranstaltet, bei der Herr Oberlehrer Grampe die Festrede hielt.

Der Gesundheitszustand der Lehrer und Schüler im verflossenen Schuljahr darf als ein günstiger betrachtet werden. Wegen Krankheit waren nur Herr Professor Lambert auf 8, Herr Oberlehrer Dr. Lange auf 14 Tage zu vertreten.

Das Schuljahr soll am 3. April geschlossen werden.

1. Beis.
2. Abg.
3. Zug.
3 ^b . "
4. Schü.
5. Zug.
6. Abg.
7. Zug.
7 ^b . "
8. Schü.
9. Zug.
10. Abg.
11. Schü.
12. Durch.

1.
2.
3.

Ob.
Pr.
1.
2.



IV. Statistische Mitteilungen.

1) Schülerbewegung im Schuljahre 1894 bis 1895.

	Realgymnasium					Realschule						Sa.		
	I ^a	I ^b	II ^a	II ^b	III ^a	III ^b	IV ^a	IV ^b	V ^a	V ^b	VI			
1. Bestand am 1. Febr. 1894	10	7	22	40	43	47	36	31	33	34	56	359		
2. Abgang bis zum Schluß des Schuljahres 1893/94	10	2	5	17	8	10	2	1	—	3	3	61		
3 ^a . Zugang durch Versetzung zu Ostern 1894	1	13	14	24	29	56	25	30	25	25	—	242		
3 ^b . " " Aufnahme " " "	—	—	13	—	—	5	8	1	—	9	65	101		
4. Schülerzahl am Anfang des Schuljahres 1894/95	1	17	31	33	40	34	35*)	36	36	34	34	35	33*)	399
5. Zugang im Sommerhalbjahr 1894	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2
6. Abgang " " " " "	—	5	1	6	1	4	4	1	1	—	1	2	2	28
7 ^a . Zugang durch Versetzung zu Michaelis 1894	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
7 ^b . " " Aufnahme " " " " "	—	—	1	—	—	2	—	1	1	—	—	3	6	14
8. Schülerzahl am Anfang des Winterhalbjahres 94	3	10	31	27	39	32	32	36	36	34	33	37	37	387
9. Zugang im Winterhalbjahr 1894/95	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	—	3
10. Abgang " " " " bis 1. Febr. 95	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	1	—	2	7
11. Schülerzahl am 1. Febr. 1895	3	10	29	27	38	33	32	36	36	34	32	38	35	383
12. Durchschnittsalter am 1. Febr. 1895	18 ³ / ₄		17 ² / ₃	17	16 ¹ / ₃	15	14 ¹ / ₂	13 ³ / ₅	13 ⁷ / ₁₀	12 ³ / ₅	12 ³ / ₅	11 ¹ / ₄	11 ¹ / ₃	Jahre.

2) Religions-, Wohnungs- und Heimatsverhältnisse der Schüler.

	Religion			Wohnung			Heimat			
	evang.	kath.	jüd.	Stadt- schüler	Haus- schüler		Ein- heimische	Aus- wärtige	Aus- länder	
					P.-N.	M.				W.-N.
1. Am Anfang des Sommerhalbjahrs	394	2	3	310	65	13	11	151	220	28
2. Am Anfang des Winterhalbjahrs	383	1	3	295	66	16	10	149	214	24
3. Am 1. Febr. 1895	379	1	3	291	67	15	10	146	213	24

3) Übersicht der mit dem Reifezeugnis abgegangenen Schüler.

Rfde Nr.	Name	Geburts- tag	Geburts- ort	Konf.	Stand des Vaters	Aufenthalt auf		in Prima	künftiger Beruf
						a) unserer	b) anderer Schule		
Ostern 1895:									
1.	Liebener, Max	1. 4. 77.	Delitzsch	ev.	Kreistierarzt	3 J.	vorher R.-P.-G. Delitzsch 6 J.	2 J.	Rechtswissenschaft

*) Die Untertertia und die Sexta wurden mit Beginn des Schuljahres 94/95 in III^{b1} u. III^{b2}, VI^a u. VI^b parallel geteilt.
3*

V. Sammlungen der Lehrmittel.

A. Anschaffungen: a) für die physikalische Sammlung: 1 Gasmotor von 1 HP. mit Zubehör. 5 Stück Accumulatoren mit Kästen und Zellenhalter. 1 Voltmeter von 0—75 Volt. 1 Ampèremeter von 0—20 Amp. 1 Schaltbrett mit Glühlampe. 2 Stromregulatoren. 2 Umschalter. Wechsel- und Drehstromeinrichtung nebst Nebenschlußbewicklung an unserer gleichstromigen Dynamomaschine. 2 Glühlampen à 65 B. und 1 Glühlampe à 10 B. mit Stativ. 3 Ausschalter. 72 Isolatoren, 100 m Leitungsdraht und 6 St. Klemmen. 1 Drehstrommotor. 1 Wechselstromtransformator. — b) für das chemische Arbeitszimmer: 1 Gewichtssatz zur Analysenwaage, 1 Gasbrenner nach Teclu und zahlreiche Verbrauchsgegenstände. — c) für die naturgeschichtliche Sammlung: 1 Steinschmärer, 1 Gebirgsstelze und 1 Gartenrotschwänzchen. — d) für die Kartensammlung: Sydow-Habenicht, Wandkarte von Frankreich. Mühl-Keil, Wandkarte von Deutschland. Debes, Wandkarte von Europa. Kiepert, Wandkarte von Europa. Mayer-Lutich, Wandkarte zum Studium der Entdeckungen und des kolonialen Besitzes. — e) für den Zeichenunterricht: Schmidt, Lehrhefte für gewerbliches Zeichnen, 1. und 2. Heft. Lachner, Lehrhefte für den Zeichenunterricht an Gewerbeschulen, Heft 1—25. 2 größere Drahtmodelle für das perspektivische Zeichnen. 10 Vasenformen. 1 Malkasten zur Tuschnethode Müngberg. 50 größere Wandtafeln. — f) für die Schülerbibliothek: Schmid, Graf Albert von Hohenberg. Sievers, Europa. Eine allgemeine Landeskunde. Amynator, Werke Sutermines. v. Gülfeldt, Nordlandreisen Sr. Majestät des Kaisers. Auswahl von Weibels Gedichten, 4 Gg. Schenkendorfs Gedichte, 2 Gg. Giese, Deutsche Bürgerkunde. — g) für die Lehrer-Bibliothek: Fortsetzungen folgender Zeitschriften und Lieferungswerke: Poggenдорfs, Annalen für Physik und Chemie. Beiblätter dazu. Zeitschrift für den mathematischen Unterricht von Hoffmann. Das Zentralblatt für das gesamte Unterrichtswesen. Fricke und Richter, Lehrproben. Encyclopädie der Naturwissenschaften. Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Litteraturblatt für germanische und romanische Philologie. Zeitschrift für lateinlose höhere Schulen. Blätter für höheres Schulwesen. Zentralorgan für die Interessen des Realschulwesens. Postle, Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. Lyon, Zeitschrift für den deutschen Unterricht. Zeitschrift für Turnen und Jugendspiele. — Bezold, Farbenlehre. Holzmiüller, Einführung in das stereometrische Zeichnen. Münch, Mitarbeit der Schule an den nationalen Aufgaben. Ziegler, Die soziale Frage. Schrader, Nachtrag zur Erziehungslehre. Schnedermann, Die christliche Sittenlehre. Franz, Aufbau der Handlung im klassischen Drama. Schmidt, Shakespeare-Lexikon. Schmitz, Kommentar zum 1. Bd. der History of England von Macaulay. Weinhold, Vorschule der Experimentalphysik. Krager, Elektrotechnik, 2 Bde. Thimm, Deutsches Geistesleben. Statistisches Jahrbuch der höheren Schulen. Rethwisch, Jahresbericht über die höheren Schulen. Lamprecht, Deutsche Geschichte, 4. Bd. Ziegler, Geschichte der Pädagogik. v. Sybel, Die Begründung des deutschen Reiches, 6. u. 7. Bd. Ordnungen der Reiseprüfung. Lehrpläne. Hoffmann u. Groth, Deutsche Bürgerkunde. Moormeister, Die sozialen Fragen der Gegenwart. Moormeister, Über volkswirtschaftliche Belehrungen im Unterricht. Hochhut, Die sozialen Fragen der Gegenwart. Fischer, Grundzüge einer Sozialpädagogik. — h) für den Gesangunterricht: Hauptmann, Salvum fac regem. Reichardt, Das ist ein köstlich Ding, dem Herrn danken. Sang an Agir. Kremer, 6 altniederländische Volkslieder.

B. Geschenke: a) für die physikalische Sammlung: Aus der Geschenkliste, zu der die 5 Abiturienten Ostern 1894 Nr. 10 beitrugen, wurde zum Projektionsapparate eine Bogenlampe zu 45 Volt angeschafft. — b) für die naturgeschichtliche Sammlung: Von Kohl IV^b ein sehr schöner Steinmarber, von Vöft IV^a ein Perlhuhn, von Effe V^a ein Zigel; außerdem von Winter, Herrmann und Triimpler III^a, Römer III^{b1}, Regel III^{b2}, Schnabel und Apelt IV^a, Suppe, Henschel, Wegeleben und Schulze IV^b, Ronniger V^a andere Naturalien verschiedener Art. — c) für die Lehrer-Bibliothek: Vom königlichen Kultusministerium: Jahrbuch der geologischen Landesanstalt und Bergakademie in Berlin für 1892. Vom königlichen Oberbergamt in Halle: Übersicht über die Produktion der Bergwerke, Salinen und Hütten des preussischen Staates i. J. 1893. Von der historischen Kommission der Provinz Sachsen: Neujahrsblätter 1895 „die historische Bedeutung des Saalethales.“ Von den Herren Verfassern oder Verlegern: Floetz, Vocabulaire systématique. Schmidt, Elementarbuch und Schulgrammatik der englischen Sprache. Voigt, Leitfaden beim geographischen Unterricht. Fehle, Lehrbuch der englischen Sprache. Koch, Schulgrammatik der englischen Sprache. Schillmann, Schule der Geschichte. V. Teil. Spieß, Übungsbuch zum Übersetzen. Koppe, Anfangsgründe der Physik. Körner, Operationes del ejercito y escuadra constitucional. 1891. Rodde, Die Kontinentalsperre. Urkunde über die Einweihung der Schloßkirche zu Wittenberg. Witte, Die Erneuerung der Schloßkirche zu Wittenberg. Ziegler, Die Notwendigkeit und Berechtigung des Realgymnasiums.

Für alle diese Geschenke spreche ich im Namen der Anstalt den ergebensten Dank aus.

VI. Stiftungen und Unterstützungen an Schüler.

Das Ziemann-Stipendium erhielt am 5. Mai 1894 der Unterprimaner Karl Trümpler aus Halle, das von der Stadt Halle gestiftete Francke-Stipendium am 22. März 1895 der Abiturient Max Liebener aus Delitzsch. Zum erstenmal wurden aus der Trotha-Stiftung 2 Stipendien an zwei frühere Abiturienten unserer Schule, die Herren Posteleven Richard Dorn in Cochem a. Rh. und Paul Welz in Halle a. S., verliehen. Von einer Verleihung des Schrader-Stipendiums mußte Abstand genommen werden.

Aus dem Weihnachtsfonds erhielt am 22. Dezember 1894 je ein Schüler jeder Klasse ein Buch als Weihnachtsgabe.

Das Schulgeld wurde durch das Direktorium der Frankeschen Stiftungen im Sommerhalbjahr 2 Schülern ganz, 1 Schüler zu $\frac{2}{3}$, 4 Schülern halb, 1 Schüler zu $\frac{5}{12}$, 6 Schülern zu je $\frac{1}{3}$, 2 zu je $\frac{1}{4}$, 53 zu je $\frac{1}{6}$, 34 zu je $\frac{1}{12}$; im Winterhalbjahr 3 Schülern ganz, 1 Schüler zu $\frac{5}{6}$, 1 zu $\frac{2}{3}$, 4 Schülern halb, 1 Schüler zu $\frac{5}{12}$, 5 Schülern zu je $\frac{1}{3}$, 1 Schüler zu $\frac{1}{4}$, 39 Schülern zu je $\frac{1}{6}$, 36 zu je $\frac{1}{12}$ erlassen.

VII. Mitteilungen an die Schüler und an deren Eltern.

1. Was die **Umbildung** unseres Realgymnasiums in eine Oberrealschule betrifft, so wird zu Anfang des neuen Schuljahres 1895/96 die Obertertia der Realschule in zwei parallelen Coeten eröffnet, während die des Realgymnasiums verschwindet, so daß also von letzterem nur noch die beiden Sekunden und Primen, von ersterer die Klassen Sexta bis Obertertia vorhanden sein werden. In sämtliche Klassen werden Ostern dieses Jahres vorher angemeldete Schüler aufgenommen.

2. **Berechtigungen der Oberrealschule.** Die Reisezeugnisse derselben werden als Erweise zureichender Schulbildung anerkannt: 1. für das Studium der Mathematik und Naturwissenschaften auf der Universität und für die Zulassung zur Prüfung für das Lehramt an höheren Schulen; 2. für die Zulassung zu den Staatsprüfungen im Hochbau-, Bauingenieur- und Maschinenbaufach; 3. für das Studium auf den Forst-Akademien und für die Zulassung zu den Prüfungen für den Königl. Forstverwaltungsdienst; 4. für das Studium des Bergfachs und für die Zulassung zu den Prüfungen, durch welche die Befähigung zu den technischen Ämtern bei den Bergbehörden des Staats darzulegen ist; 5. für die Annahme von Civilanwärtern, welche als Posteleven in den Post- und Telegraphendienst eintreten wollen.

Die Zeugnisse über die nach Abschluß der Untersekunda einer neunstufigen höheren Lehranstalt, also nach sechs-jährigem Schulcurfus bestandene Prüfung werden als Erweise zureichender Schulbildung anerkannt: 1. für alle Zweige des Subalterndienstes, für welche bisher der Nachweis eines siebenjährigen Schulcurfus erforderlich war; 2. für die Supernumerarien bei der Verwaltung der indirekten Steuern, wenn noch das Reisezeugnis einer anerkannten zweijährigen mittleren Fachschule erworben ist; 3. für die Zulassung zu der Prüfung als Landmesser und Marktscheider, wenn noch der einjährige erfolgreiche Besuch einer anerkannten mittleren Fachschule nachgewiesen wird; 4. zum Besuch der höheren Abteilung der Gärtner-Lehranstalt bei Potsdam, falls noch der Nachweis der Kenntnisse des Quartapensums im Latein beigebracht wird.

Mithin haben die Oberrealschulen die sämtlichen Berechtigungen der Realgymnasien erhalten, ausgenommen diejenige des Studiums der neueren Sprachen fürs höhere Lehrfach.

Das neue Schuljahr 1895/96 wird Donnerstag den 18. April nachmittags 3 Uhr eröffnet, nach dem vormittags 8 Uhr die **Prüfung und Aufnahme** der angemeldeten Schüler stattgefunden hat; zu dieser sind Laufzeugnis, Impf- (bezw. Wiederimpf-) Schein und Schulabgangszeugnis vorzulegen.

Halle a. S., am 1. April 1895.

Der Direktor
Prof. Dr. G. Strien.

Die innere Reibung

von

Wasser, Methylalkohol, Athylalkohol, Äther, Benzol

in der Nähe der Siedetemperatur

von

Bernhard Völlmer.

Beilage zum Jahresbericht des Realgymnasiums der Franckeschen Stiftungen zu Halle a. S.

Ostern 1895.



Halle a. S.,

Druck der Buchdruckerei des Waisenhauses.

1895.

1895. Progr. Nr. 267.



Die innere Reibung

von

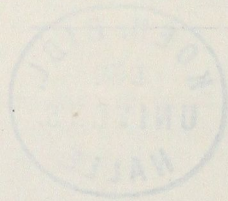
Wasser, Methylalkohol, Aethylalkohol, Äther, Benzol

in der Nähe der Siedetemperatur

von

Bernhard Tollner

Verlag des Verfassers, Halle a. S.



Halle a. S.

Druck der Buchdruckerei des Verfassers

1906

1886 Progr. Nr. 267



Die innere Reibung von Wasser, Methylalkohol, Äthylalkohol, Äther, Benzol in der Nähe der Siedetemperatur

von

Bernhard Völlmer.

E i n l e i t u n g.

Die wiederholt gefundenen Beziehungen zwischen elektrischer Leitfähigkeit und innerer Reibung veranlaßten mich, bei den elektrolytischen Untersuchungen, welche in den letzten Jahren mich beschäftigten, der Viscosität der in Betracht kommenden Lösungsmittel eine eingehendere Beachtung zu schenken.

Es ist ersichtlich, daß die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen, in die ein Salz zerfällt, von dem Widerstand beeinflusst wird, welchen dieselben bei ihrer Bewegung an den Molekülen des Lösungsmittels zu überwinden haben. Da diese Größe mit erhöhter Temperatur sich vermindert, so lag es nahe, das Anwachsen des Leitungsvermögens auf die Abnahme der Reibung zurückzuführen. Die Bemühungen in dieser Richtung sind des öfteren von Erfolg begleitet gewesen. So ist für die verdünnten wässrigen Lösungen nachgewiesen worden, daß der Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit mit dem der Viscosität des Wassers fast identisch ist; für Lösungen in Äthyl- und Methylalkohol habe ich selbst¹ vor kurzer Zeit feststellen können, daß die Einwirkung der Temperatur auf die Leitfähigkeit in äußerster Verdünnung der Änderung der Reibung parallel läuft.

Wenn man andererseits verschiedene Konzentrationen desselben Elektrolyten oder gleiche Konzentrationen verschiedener Elektrolyte in demselben Lösungsmittel vergleicht, so tritt eine merkliche Abhängigkeit des Leitungsvermögens von der inneren Reibung nur vereinzelt auf; die gefundenen Beziehungen sind wenig allgemein. Auch erscheint nach den neusten Untersuchungen die Viscosität, als Beeinträchtigung der Beweglichkeit der Ionen aufgefaßt, nur in beschränkter Weise dazu geeignet, die verschiedene Größe des Leitungsvermögens desselben Elektrolyten in den einzelnen Lösungsmitteln zu begründen. Weshalb z. B. Chlorkalium in Wasser, dessen Reibung größer ist, bedeutend besser leitet als in Methylalkohol, dafür fehlt noch jede ausreichende Erklärung. Doch darf wohl die Vermutung als zulässig gelten, daß die Fähigkeit eines Elektrolyten, seine Ionen zu Trägern des elektrischen Stromes werden zu lassen, sowie die Geschwindigkeit dieser kleinsten mit Elektrizität geladenen Teilchen wesentlich mit durch die molekulare Konstitution des betreffenden Lösungsmittels bedingt ist. Es ist nun meiner Ansicht nach nicht unwahrscheinlich, daß bei der Erforschung dieser Größe, über die wenig bekannt ist, die innere Reibung noch schätzbare Dienste leisten kann. Und wenn somit die letztere, falls es sich um einen kausalen Zusammenhang mit der Leitfähigkeit handelt, eine allgemeine Bedeutung nicht besitzen sollte, so wird sie andererseits vielleicht indirekt neue Stützpunkte für die Hypothesen der Elektrolyse gewinnen helfen.

1) Wied. Ann. 52, p. 347; 1894.



Ich habe daher in der Absicht, zu Schlusfolgerungen über die Gröfsenverhältnisse der Flüssigkeitsmoleküle zu gelangen, der Viscosität bei verschiedenen Lösungsmitteln in einem weiteren Temperaturbereich meine Aufmerksamkeit zugewendet. Die Frage hat allerdings in dem angedeuteten Sinne zunächst keine Beantwortung gefunden; andererseits hat sich aber für die innere Reibung von Wasser, Methylalkohol und Äthylalkohol in der Nähe der Siedetemperatur ein Zusammenhang mit dem Molekulargewicht, dem spezifischen Gewicht und der Verdampfungswärme ergeben, welcher mich veranlaßt, die nachfolgenden Untersuchungen zu veröffentlichen. Dieselben sind zur Prüfung der aufgefundenen Beziehung auf Äther und Benzol ausgedehnt worden.

Untersuchungsmethode und Apparate.

Bei der Untersuchung der inneren Reibung können zwei prinzipiell voneinander verschiedene Methoden benutzt werden. Die älteste, zuerst von Poiseuille zu genauen Messungen verwertete, ermittelt die Zeit, welche ein Volumen Flüssigkeit braucht, um unter einem gewissen Druck durch eine Capillarröhre von gegebenen Dimensionen hindurch zu fließen. Die andere läßt in bestimmter Weise aufgehängte Körper in der Flüssigkeit drehende Bewegungen ausführen, welche durch die Reibung der adhärerenden Teilchen an den benachbarten Schichten verlangsamt werden. Die zu der ersten Methode notwendigen Apparate standen mir im hiesigen physikalischen Universitäts-Laboratorium in ziemlich vollkommener Weise zur Verfügung. Es ist diese Methode jedenfalls die einfachere und ermöglicht bei einiger Übung ein leidlich schnelles Arbeiten, ohne daß die Sicherheit der Resultate dadurch gefährdet würde. Ich habe derselben mich daher bei den folgenden Untersuchungen bedient, noch dazu, da die Schwierigkeiten, welche die zweite Methode an sich darbietet, für die höheren Temperaturen, welche hauptsächlich in Betracht kamen, sich noch außerordentlich vermehrt hätten.

Bezeichnet v das Volumen Flüssigkeit, welches unter dem Drucke p in der Zeit t durch eine Capillarröhre von der Länge l und dem Radius r hindurchfließt, so ist die Reibungskonstante:

$$\eta = \frac{\pi \cdot p \cdot r^4}{8 \cdot v \cdot l} \cdot t.$$

Vorausgesetzt ist, daß bei gegebenem l der Wert von r eine gewisse Gröfse nicht überschreitet.

Die Konstanz der rechten Seite ist zuerst von Poiseuille durch eine gröfsere Reihe von Untersuchungen für Wasser derselben Temperatur experimentell nachgewiesen worden. Später hat u. a. Ed. Hagenbach² den Wert von η theoretisch abgeleitet, indem er seinen Berechnungen die Anschauung zu Grunde legte, daß innerhalb der Capillarröhre cylindrische Schichten von der Dicke eines Moleküls sich mit einer der Geschwindigkeitsdifferenz proportionalen Reibung aneinander vorbei bewegen. Nach ihm ist die Reibungskonstante η gleichbedeutend mit „der Kraft, welche nötig ist, um zwei Flüssigkeitsschichten von der Dicke eines Moleküls und der Einheit der Oberfläche mit einer solchen Geschwindigkeit aneinander zu verschieben, daß die eine in Beziehung auf die andere um die Entfernung zweier Moleküle vorrückt.“ Zugleich hat Hagenbach gezeigt, daß die obige Formel nur dann strenge Gültigkeit besitzt, wenn die Ausflufgeschwindigkeit unterhalb einer gewissen Grenze bleibt. Für den Fall, daß die

1) Die Formel setzt absolutes Maß voraus.

2) Pogg. Ann. 109, p. 385; 1860.

gesamte Vorwärtsbewegung der Flüssigkeit einen merklichen Bruchteil der Druckkräfte in Anspruch nimmt, ist noch ein Korrektionsglied hinzuzufügen, so daß

$$\eta = \frac{\pi \cdot p \cdot r^4}{8 \cdot v \cdot l} t - \frac{s \cdot v}{2^{10/3} \cdot \pi \cdot g \cdot l}$$

wird. s ist das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, g die Fallbeschleunigung.

Die von mir benutzte Capillarröhre (Fig. 1) aa hatte eine Länge von 124 mm und einen Radius von 0,15956 mm. Am unteren Ende war nach den Angaben von Ostwald die etwas weitere Röhre ab angeschmolzen; am oberen Ende schlossen sich die kugelförmigen Erweiterungen ca und cc an, sowie das Rohr cd , welches durch einen Gummischlauch mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht werden konnte. Die Kugel cc war durch zwei eingezätzte Marken scharf begrenzt und faßte das Flüssigkeitsvolumen $v = 1194,3$ cbmm, dessen Ausflußzeit beobachtet wurde. Zwischen a und b war die Röhre vermittelst eines übergeschobenen Gummistopfens in dem Halse einer umgestülpten, gegen 4 l fassenden Flasche gg befestigt, deren Boden abgesprengt worden war. Bei b tauchte sie in das untergestellte Gefäß ee , welches die zu untersuchende Flüssigkeit aufnahm und durch den umgelegten Wattering hh einen schützenden Verschluss erhielt.

Bei einem Versuch wurde bei vertikaler Stellung des Apparates die Flüssigkeit durch die Luftpumpe aus dem Gefäß ee bis etwas über die Kugel cc emporgesaugt und in dieser Höhe gehalten — ungefähr 10 Minuten —, bis sie die Temperatur des umgebenden, das Gefäß gg füllenden Wasserbades angenommen hatte. Alsdann wurde bei d die Verbindung mit der atmosphärischen Luft hergestellt, die Flüssigkeit fiel, und die Zeitpunkte, in welchen ihre Oberfläche die Marken der Kugel cc passierte, wurden beobachtet. Hierzu diente ein Chronometer, welches halbe Sekunden schlug; Zehntel wurden geschätzt, bis auf zwei Zehntel Sekunden sind die Werte der Zeiten als genau anzusehen.

Bei der Bestimmung der Größe p ist zu beachten, daß die Flüssigkeitssäule, unter deren Druck das Ausfließen stattfindet, sich fortwährend ändert. In Rechnung gesetzt wurde ihr mittlerer Wert, nämlich die Höhendifferenz zwischen der Mitte der Kugel cc und dem Ausflußende b — 263 mm —, vermindert um die Höhendifferenz zwischen b und der Oberfläche der das Gefäß ee füllenden Flüssigkeit. Die letztere Größe wurde für jeden einzelnen Fall durch eine vorgehaltene Millimeter-Skala in dem Augenblicke ermittelt, wo die Kugel cc nur noch zur Hälfte gefüllt war. Die Flüssigkeit am Ausflußende b unter Weglassung des Gefäßes ee frei abfallen zu lassen, erschien nicht angängig. Der capillare Gegendruck der sich bildenden Tropfen machte sich so weit bemerkbar, daß eine Erhöhung der Werte von η um ziemlich $\frac{1}{2}$ Prozent unter den gegebenen Verhältnissen eintrat. Bei Anwendung eines bedeutend größeren Druckes wird ja allerdings, wie es bei einzelnen Beobachtern geschehen ist, dieser Gegendruck als innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegend vernachlässigt werden dürfen.¹

1) Gegen ein Urteil von J. Traube (Berichte der deutschen chem. Ges. 19, p. 875; 1886) über den capillaren Gegendruck, wenigstens gegen die allgemeine Form, in welcher dasselbe ausgesprochen ist, möchte ich Ein-

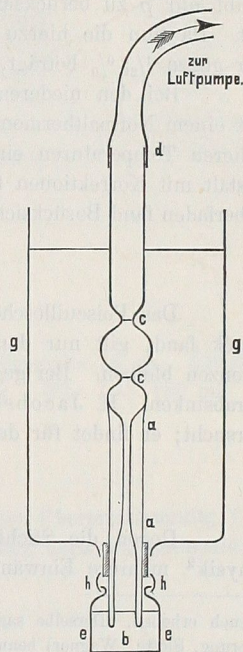


Fig. 1.

Die Temperatur des in gg befindlichen Wasserbades wurde durch Zuführen von Eis, bezüglich kochendem Wasser oder Dampf geregelt. Bis zu 35° C. war es nicht schwierig, dieselbe innerhalb 1/10° festzuhalten. Bei 90° waren jedoch Schwankungen bis zu 5/10° nicht selten; die im folgenden bei den Werten von η auftretenden Differenzen sind hierauf zurückzuführen. Da der ganze Apparat sich in dem Wasserbade befindet, so heben sich die Korrekturen für höhere Temperaturen, soweit sie die Dimensionen von r , v und l betreffen, gegenseitig auf. Es bleibt nur p zu berücksichtigen, d. h. die Höhe h der Flüssigkeitssäule, welche den Druck ausübt. Da nun die hierzu gehörige Korrektur für die höchste der vorkommenden Temperaturen nur gegen 1/20 % beträgt, so habe ich davon abgesehen, dieselbe in Rechnung zu setzen.

Bei den niederen Temperaturen wurde ein in Zehntel-Grade geteiltes, durch Vergleich mit einem Normalthermometer in den Hundertsteln korrigiertes Thermometer verwendet, bei den höheren Temperaturen ein in ganze Grade geteiltes, durch die physikalisch-technische Reichsanstalt mit Korrekturen für Zehntel-Grade versehenes Thermometer. Der herausragende Quecksilberfaden fand Berücksichtigung.

Prüfung des Capillarrohres.

Das Poiseuillesche Gesetz, welches in der oben gegebenen Beziehung für η seinen Ausdruck fand, gilt nur dann, wenn die Dimensionen des Strömungsrohres innerhalb bestimmter Grenzen bleiben. Bei gegebenem Durchmesser darf die Länge nicht unter einen gewissen Wert herabsinken. H. Jacobsohn¹ hat durch theoretische Erwägungen den Grenzfall zu bestimmen versucht; er findet für denselben als Bedingung:

$$l = \frac{\sqrt{2gh}}{8\eta} \cdot \rho^2.$$

Gegen die Stichhaltigkeit seiner Betrachtungen sind bereits in den „Fortschritten der Physik“ mehrere Einwände² erhoben worden. Da die Formel außerdem, wie sich durch Ein-

spruch erheben. Derselbe sagt: „Der Apparat unterscheidet sich beispielsweise von dem von mehreren Forschern (Sprung, Slotte, Wagner) benutzten G. Wiedemannschen Apparate wesentlich dadurch, daß Wiedemann nicht gleich mir die Flüssigkeit einfach in Luft abtropfen, sondern durch eine geeignete Vorrichtung dieselbe in Flüssigkeit ausfließen läßt. Wiedemann wurde hierzu wahrscheinlich veranlaßt durch gelegentliche Bemerkungen von Poiseuille und Hagen, nach welchen der Ausfluß in Luft nicht zu empfehlen sei, da der Gegendruck am Ende des Ausflußrohres leicht ungleichmäßige Ausflußgeschwindigkeiten zur Folge haben könnte. Aus Versuchen von Rosencranz, welche ich bestätigt fand, folgt aber, daß jene Befürchtungen nicht gerechtfertigt waren.“ Bei Rosencranz (Wied. Ann. 2, p. 397; 1877) fand der Ausfluß unter dem Druck einer Wassersäule von 8046 mm Höhe statt; bei meiner Versuchsanordnung betrug die letztere 263 mm. Unter sonst gleichen Verhältnissen würde also die Wirkung des capillaren Gegendrucks in Prozenten des Gesamtdrucks ausgedrückt ungefähr 30 mal so klein sein, der Wert von η würde somit nur eine Vermehrung von 1/60 % — gegenüber 1/2 % bei mir — erfahren und damit von dem capillaren Gegendruck so gut wie unabhängig sein. Dasselbe Urteil ist über die Versuche von Rellstab (Inaug.-Diss. Bonn 1868) zu fällen, der sich mit den Worten äußert: „Spezielle Beobachtung einmal bei freiem Ausfließen, dann beim Eintauchen liefs indes keinen Unterschied wahrnehmen.“ Bei Traube betrug die Höhe der den Druck ausübenden Wassersäule 1540 mm; es würde daher — die übrigen Verhältnisse ähnlich wie bei mir vorausgesetzt — der capillare Gegendruck den Wert der inneren Reibung um ungefähr 1/12 % vermehren und somit seinen Einfluß nur unter besonders günstigen Versuchsbedingungen deutlich erkennen lassen. — Bei einem geringeren Drucke wird jedoch die Wirkung des am Ausflussende sich bildenden Tropfens bemerkbar werden. Meine Beobachtungen bestätigen in diesem Punkte die Ansichten von Poiseuille und Hagen. Es wird daher in einem solchen Falle nicht statthaft sein, den capillaren Gegendruck außer acht zu lassen.

1) Arch. f. Anat., Physiol. u. Med. 1861, p. 304.

2) Fortschr. d. Phys. Bd. 17, p. 76, 1861.

setzen der Werte der nachfolgenden Tafeln zeigen läßt, nicht mit den Beobachtungen in Einklang steht, so sehe ich von ihrer Benutzung ab.

Ed. Hagenbach¹ hat mit Röhren von verschiedenen großen Dimensionen eine Reihe von Untersuchungen angestellt. Für konstantes r und h findet er bei Variierung von η folgende Resultate:

$r = 0,55 \text{ mm} \quad h = 291 \text{ mm}$			$r = 0,55 \text{ mm} \quad h = 291 \text{ mm}$				
	T	l	η		η		
1.	19,7°	397,5 mm	0,1028	7.	19,8°	230,9 mm	0,1026
2.	19,7	383,5 "	0,1024	8.	20,1	207,2 "	0,1024
3.	19,7	354,4 "	0,1019	9.	19,6	179,3 "	0,1031
4.	20,2	331,1 "	0,0945	10.	19,6	150,8 "	0,1040
5.	20,4	285,9 "	0,1003	11.	19,5	121,0 "	0,106
6.	20,2	258,2 "	0,1005	12.	19,7	95,5 "	0,112.

T ist die Temperatur in Celsiusgraden. Die Einheit von η ist der Druck eines Gramms auf 1 Quadratmeter.²

Der vorgenannte Forscher³ giebt weiter eine teilweise Zusammenstellung der Beobachtungen von Poiseuille. Wir entnehmen derselben folgende Zahlen:

	T	l	η
13.	10°	100,0 mm	0,135
15.	10°	49,4 "	0,133
19.	10°	9,0 "	0,135.

In der ersten Tafel nehmen die Werte η von dem neunten Versuche an zu. Die Röhre entspricht also dann nicht mehr den zu stellenden Anforderungen. Für $l = 180 \text{ mm}$ und $r = 0,55 \text{ mm}$ ist:

$$\frac{l}{r} = 327 \text{ und } \frac{l}{r^2} = 595.$$

Der neunzehnte Versuch von Poiseuille erweist durch die Übereinstimmung von η mit den voranstehenden Werten die Dimensionen der benutzten Röhre noch als genügend. Es ist für denselben $r = 0,057 \text{ mm}$, $l = 9 \text{ mm}$:

$$\frac{l}{r} = 158 \text{ und } \frac{l}{r^2} = 2770.$$

Der Quotient $\frac{l}{r}$ ist im zweiten Falle kleiner als im ersten und kennzeichnet sich somit zur Beurteilung eines Capillarrohres als nicht verwertbar. Dagegen ist $\frac{l}{r^2}$ im letzten Falle größer als im vorhergehenden. Die vorliegenden Beobachtungen schliessen daher das Verhältnis $\frac{l}{r^2}$ als Kriterium für die Dimensionen einer Röhre nicht aus.

Der Radius des von mir benutzten Strömungsrohres beträgt 0,16 mm, die Länge 124 mm. Es ist daher

$$\frac{l}{r^2} = 4800.$$

1) l. c. p. 408.

2) Die Reibungskonstante ist eine dem Druck bezüglich der räumlichen Masse äquivalente Größe, jedoch mit demselben nicht identisch, wie aus der Formel (p. 4) hervorgeht. Es tritt in den Dimensionen noch t^4 als Faktor hinzu, so daß bei der angeführten Einheit sec^4 zu ergänzen ist.

3) l. c. p. 412.

Falls also der Quotient $\frac{l}{r^2}$ als ausschlaggebend anzusehen ist, genügt die von mir verwendete Röhre dem Poiseuilleschen Gesetz. Immerhin liegt dies, wenn auch einzelne Gründe darauf hinweisen, noch nicht fest. Ich habe daher die innere Reibung von Wasser bei drei um 10° von einander abliegenden Temperaturen bestimmt und die erhaltenen Werte mit denjenigen verglichen, welche sich aus der Formel von O. E. Meyer¹ berechnen lassen. Derselbe hat auf Grund der Versuche von Poiseuille für die Reibungskonstante des Wassers zwischen 0° und 45° in mm, mg, sec gefunden:

$$\eta = \frac{1,775}{1 + 0,03315 T + 0,0002437 T^2},$$

wo T die Temperatur in Graden von Celsius bedeutet.

Es wurde nun bei der Temperatur $T = 15,94^\circ$ beobachtet
die Ausflußzeit $t = 257,6$ sec
und die mittlere Höhe der Flüssigkeitssäule $h = (263 - 9,5)$ mm = 253,5 mm.

Aus der letzteren Gröfse erhält man durch Multiplikation mit dem spezifischen Gewicht $s = 0,99901$ und der Fallbeschleunigung $g = 9810$ in absolutem Mafß
den Druck $p = 253,5 \cdot 0,99901 \cdot 9810$.

Zur Berechnung dienten die Formeln

$$\eta' = \frac{\pi \cdot h \cdot s \cdot g \cdot r^4}{8v \cdot l} \cdot t \text{ und}$$

$$\eta = \eta' \left(1 - \frac{v^2}{2^{1/2} \cdot \pi^2 \cdot g \cdot r^4 \cdot h \cdot t^2} \right).$$

Die beobachteten Werte nebst den Konstanten des Capillarrohres eingesetzt liefern in mm mg sec:

$$\eta' = \frac{\pi \cdot 253,5 \cdot 0,99901 \cdot 9810 \cdot 0,15956^4}{8 \cdot 1194,3 \cdot 124} \cdot 257,6 = 1,1001$$

$$\eta = \eta' \left(1 - \frac{1194,3^2}{2^{1/2} \cdot \pi^2 \cdot 9810 \cdot 0,15956^4 \cdot 253,5 \cdot 257,6^2} \right) = 1,0989.$$

Die Ergebnisse der Beobachtungen bei 26° und bei 36° enthält die nachstehende Tafel:

T	t sec	h mm	s	η	η
$26,10^\circ$	201,9	253,8	0,99688	0,86138	0,85988
$36,07$	164,0	253,35	0,9938	0,69630	0,69446.

Ich führe sowohl η' wie η an, um über die Gröfse der Geschwindigkeits-Korrektion keinen Zweifel zu lassen. Berechnen wir weiter η aus der Formel von O. E. Meyer, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

	$T = 15,94^\circ$	$T = 26,10^\circ$	$T = 36,07^\circ$
η nach Meyer	1,1160	0,87388	0,70639
η beobachtet .	1,0989	0,85988	0,69446
Differenz . .	1,6 %	1,6 %	1,7 %.

Die Differenz ist in Prozenten der beobachteten Reibung ausgedrückt. Wie ersichtlich ist, hat dieselbe für die drei Temperaturen ziemlich denselben Wert; die noch vorhandene Verschiedenheit liegt innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. Daraus ist zu schliessen, dafs

1) Wied. Ann. 2, p. 394; 1877.

in den Konstanten des Strömungsrohres eine Ungenauigkeit vorliegt, im übrigen das letztere aber den zu stellenden Anforderungen entspricht.

Der Umstand, daß die in Rechnung gesetzten Dimensionen zum Teil nicht genau sind, ist bei der Einrichtung des benutzten Apparates nicht auffällig. Einer scharfen Bestimmung von v steht nichts im Wege; dagegen ist bei der Ermittlung von r und l eine Unsicherheit dadurch bedingt, daß die Capillare wegen der angeschmolzenen weiteren Röhren an den Enden nicht denselben Querschnitt wie in ihrem übrigen Teile besitzt. Auch ist bei der Beurteilung der Druckhöhe h zu beachten, daß in Bezug auf die Horizontalebene, welche man sich durch die Mitte der kugelförmigen Erweiterung cc gelegt denken kann, ein genau symmetrischer Aufbau der letzteren nach oben und unten vorausgesetzt wird. Zweifellos sichere Resultate liefert der Ostwaldsche Apparat jedenfalls bei relativen Messungen, wo die erwähnten Bedenken ohne Folgen sind. Seine Verwendbarkeit zur Bestimmung absoluter Werte wird jedoch auch zulässig erscheinen, wenn die Differenz zwischen η_{beob} und $\eta_{\text{nach Meyer}}$ der vorstehenden Tafel Berücksichtigung findet.

Es sind zu dem Ende die sich aus den Beobachtungen für η' ergebenden Werte sämtlich um 1,63 % erhöht worden. Inwieweit der Fehler in den Konstanten die Geschwindigkeitskorrektur mit trifft, ließe sich zwar mathematisch aus einer Reihe von vergleichenden Beobachtungen ohne Schwierigkeit berechnen; doch dürfte die physikalische Unterlage in der dazu notwendigen Schärfe nicht zu ermitteln sein.

Um festzustellen, wie weit die Schätzung der Flüssigkeitssäule, welche in dem Gefäße e den Gegendruck ausübt, genau ist, führe ich eine zweite Beobachtung bei der Temperatur von $15,94^\circ$ an. Die Röhre tauchte bei b weniger tief ein. Es ergab sich:

$$h = (263 - 3,7) \text{ mm} = 259,3 \text{ mm}, \quad t = 251,6 \text{ sec}, \quad \eta = 1,0978.$$

Die Abweichung gegen den obigen Wert beträgt $\frac{1}{11}$ %, kommt also einem Schätzungsfehler von $\frac{1}{5}$ mm gleich.

Ich gehe nun dazu über, die Beobachtungen in der Nähe der Siedetemperatur für die bereits oben genannten Flüssigkeiten zu geben. Dieselben sind in Tafeln zusammengestellt, denen einige Bemerkungen über die Reinheit der Substanzen vorausgeschickt sind. Einzelne Beobachtungen sind auch bei niedrigerer Temperatur ausgeführt, um einen Vergleich mit bereits vorliegenden Untersuchungen zu ermöglichen.

Wasser (H₂O).

Es wurde mir käuflich zugängliches destilliertes Wasser benutzt. Eine nochmalige Destillation unter besonderen Vorsichtsmaßregeln hielt ich nicht für nötig, da die Verunreinigungen, die sich in demselben noch durch Feststellung der elektrischen Leitfähigkeit nachweisen ließen, zu gering waren, als daß sie eine merkliche Änderung der inneren Reibung hätten bewirken können. In der Tafel I ist das unmittelbare Ergebnis der Beobachtungen verzeichnet; die Tafel Ia enthält die Umrechnung der für benachbarte Temperaturen erhaltenen Werte von η auf eine gemeinsame Temperatur nebst dem für diese sich ergebenden Mittelwerte $M.-W.$ Beigefügt sind: der durch Extrapolation für die Siedetemperatur erhaltene Wert von η , sowie die Temperaturkoeffizienten der inneren Reibung $\Delta\eta$ und des spezifischen Gewichts Δs .

Es ist in den Tafeln I bis V:

- T die Beobachtungstemperatur in Celsiusgraden,
- t die Durchflußzeit in Sekunden,
- h die Druckhöhe in Millimetern,
- s das spezifische Gewicht,

η' die Reibungskonstante in absolutem Maße mm mg sec⁻¹ ohne Berücksichtigung der Geschwindigkeitskorrektur,

η die Reibungskonstante in absolutem Maße mm mg sec mit Berücksichtigung der Geschwindigkeitskorrektur.

Tafel I.

	T	t	h	s	η'	η
1.	89,5	73,4	258	0,9659	0,31353	0,3094
2.	89,2	73,8	258	0,9661	0,31532	0,3112
3.	92,7	71,2	258	0,9637	0,30346	0,2993
4.	92,4	71,6	258	0,9639	0,30521	0,3010

Tafel Ia.

T	1) 89°	2) 89°	3) 92°	4) 92°	$\eta_{100} = 0,270$
η'	0,3154	0,3161	0,3042	0,3048	$\Delta\eta_{(90,5)} = \frac{\eta_{89} - \eta_{92}}{3 \cdot \eta_{90,5}} \cdot 100$
η	0,3113	0,3120	0,3000	0,3007	$= 1,2\%$
$M-W$	0,3117		0,3004		$\Delta s = 0,070\%$

Für die untere Hälfte des Intervalls zwischen Schmelz- und Siedepunkt ist die innere Reibung des Wassers von einer größeren Zahl von Forschern nach verschiedenen Methoden untersucht worden. Diejenigen Werte, welche man mit Hilfe der Ausflussmethode ermittelt hat, finden bis zu 45° eine ziemlich genaue Wiedergabe durch die oben angeführte Formel. Für die höheren Temperaturen hat A. Rosencranz² eine Reihe von Bestimmungen ausgeführt, welche von O. E. Meyer veröffentlicht worden sind. Der letztere schließt auf Grund des vorhandenen Beobachtungsmaterials, daß die von ihm nach den Poiseuilleschen Versuchen berechnete Beziehung zwischen η und T für Temperaturen über 50° keine Gültigkeit mehr besitzt. Stellen wir den von Rosencranz gefundenen Wert η_R und den von uns erhaltenen η_V mit dem aus der Formel berechneten $\eta_{ber.}$ zusammen, so ergibt sich:

T	$\eta_{ber.}$	η_R	η_V
89°	0,3018	0,3477	0,3117
92°	0,2904		0,3004

Der Unterschied zwischen den Werten von η_V und $\eta_{ber.}$ beträgt für 89° und 92° etwas über 3%, dagegen weicht η_R von dem entsprechenden $\eta_{ber.}$ ungefähr um 15% ab. Die Differenz — 12% — zwischen den von mir und Rosencranz für 89° erhaltenen Werten ist zu bedeutend, als daß sie auf Rechnung von zufälligen Beobachtungsfehlern gesetzt werden könnte. Da die angewendete Methode in beiden Fällen dieselbe ist, empfiehlt es sich, eine eventuelle Verschiedenheit in der Zusammenstellung der Apparate ins Auge zu fassen. Diese liegt nun in der That bei einem mir wesentlich erscheinenden Punkte vor. Während bei meiner Anordnung das Wassergefäß, dessen Inhalt durch die Capillare ausfloß, von demselben Bade wie die letztere umgeben war und infolgedessen auch dieselbe Temperatur besaß, trat bei Rosencranz Wasser von niedrigerer Temperatur in die Capillare ein. Die Capillarröhre A A war, wie Fig. 2 verdeutlicht, von einem weiteren Rohre G G umgeben, durch welches während des Versuches fortwäh-

1) Ich habe, um kürzere Zahlen zu gewinnen, das System mm, mg, sec gewählt; eine Umrechnung auf das jetzt übliche System cm, g, sec ist ja leicht durch Division mit 100 zu erzielen.

2) Wied. Ann. 2, p. 395; 1877.

rend Wasser von der gewünschten Temperatur floß. Die letztere wurde an dem eingelegten Thermometer T_1 abgelesen. Die Temperatur des Wassers, welches aus dem Gefäße CCC in das Durchflußrohr eintrat, war niedriger und wurde durch das Thermometer T_2 angezeigt. Herr Professor Meyer bemerkt zu dieser Versuchsanordnung: „Von den beobachteten Werten T_1 und T_2 der Temperatur ist der erstere T_1 , . . . ohne Zweifel als derjenige anzusehen, welcher am genauesten die Temperatur angiebt, welche dem gemessenen

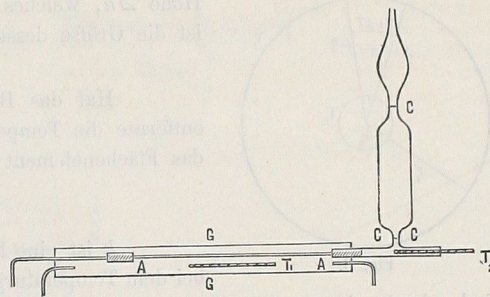


Fig. 2.

Werte η der Reibung entspricht. Allerdings tritt das Wasser mit der im Innern des Apparates beobachteten Temperatur T_2 oder mit einer etwas höheren in die Capillarröhre ein; jedoch muß der feine Wasserfaden in derselben in sehr kurzer Zeit die Temperatur T_1 , . . . , annehmen. Die wirkliche mittlere Temperatur des Versuches liegt also freilich wohl ein wenig unter dem Werte von T_1 ; doch kann sie von diesem nur um eine sehr unbedeutende Größe verschieden sein.“ Der im letzten Satze ausgesprochenen Ansicht glaube ich mich *nicht* anschließen zu dürfen. Als ich bei meinen Apparaten eine ähnliche Anordnung traf und das Gefäß CC auf einer niedrigeren Temperatur als die Capillare erhielt, ergab sich für η ein bedeutend größerer Wert, als man für die Temperatur des die Capillare umgebenden Wassers erwarten konnte. Es war also die Capillare nicht im stande, die notwendige Wärmemenge dem durchfließenden Wasserfaden zu übermitteln. Wenn nun auch vielleicht die Dimensionen der von mir verwendeten Röhre ungünstiger sind als die der von Rosencranz gebrauchten, so dürfte doch eine Untersuchung wünschenswert erscheinen, welche die Bedingungen klar stellt, unter denen das Glas in so kurzer Zeit so viel Wärme abgibt, bezüglich durchläßt, als die Verwertung der Beobachtungen von Rosencranz voraussetzt. Zu dem Ende soll kurz die Frage erörtert werden, wieviel Wärme durch die Wandung einer Capillarröhre in das Innere derselben eintreten kann, wenn die Temperatur der Außen- und Innenfläche gegeben ist.

Ich behandle das Problem zunächst in vereinfachter Form, wie folgt:

Gegeben sei eine cylindrische Glasröhre von der Länge l , deren äußerer Radius r_1 und deren innerer Radius r_2 sei. Die Außenfläche werde konstant auf der Temperatur T_1 , die Innenfläche auf der Temperatur T_2 erhalten. An den Enden trete keine Wärme aus. Es sei bereits so viel Zeit verflossen, daß der Temperaturzustand in der Wandung stationär geworden ist. Dann soll die Wärmemenge berechnet werden, welche in einer Sekunde in das Innere der Röhre eintritt.

Wenn der Temperaturzustand in der Wandung der Röhre stationär geworden ist, so wird bei unseren Annahmen in allen Punkten irgend einer konzentrischen Cylinderfläche dieselbe Temperatur herrschen. Ein Übergang von Wärme wird daher nur in der Richtung der Normalen dieser Flächen stattfinden können. Ferner wird durch alle konzentrischen Cylinderflächen stets gleichviel Wärme hindurchgehen müssen, da sonst an irgend einer Stelle eine Vermehrung oder Verminderung der vorhandenen Wärmemenge und somit eine Änderung der Temperatur eintreten würde.

Die Figur 3 stelle einen zur Achse der Röhre senkrechten Querschnitt dar. Betrachten wir nun in der Cylinderfläche, welche zu dem Radius ρ gehört, ein Flächenelement von der

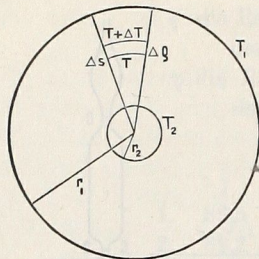


Fig. 3.

Höhe Δh , welches senkrecht über dem Bogenelement Δs steht, so ist die Größe desselben:

$$\Delta s \cdot \Delta h = \varrho \cdot \Delta \varphi \cdot \Delta h.$$

Hat das Bogenelement Δs die Temperatur T , das um $\Delta \varrho$ entfernte die Temperatur $T + \Delta T$, so ist die Wärmemenge, welche das Flächenelement passiert:

$$w = \varrho \cdot \Delta \varphi \cdot \Delta h \cdot \frac{\Delta T}{\Delta \varrho} \cdot k.$$

k ist eine Konstante und bedeutet die Wärmemenge, welche bei dem Temperaturgefälle 1 durch die Flächeneinheit in einer Sekunde hindurchgeht, in unserem Falle also das Wärmeleitungsvermögen des Glases.

Um die Wärmemenge W zu erhalten, welche durch die ganze Cylinderfläche hindurchtritt, haben wir über w zu integrieren nach h von 0 bis l , nach φ von 0 bis 2π . Es ergibt sich:

$$\begin{aligned} W &= \int_0^l dh \int_0^{2\pi} d\varphi \cdot \varrho \cdot \frac{dT}{d\varrho} \cdot k \\ &= 2\varrho\pi l \frac{dT}{d\varrho} \cdot k. \end{aligned}$$

Wie wir sahen, muß W von ϱ unabhängig sein. Es ist also:

$$2\pi \cdot \varrho \cdot l \cdot \frac{dT}{d\varrho} = c \text{ oder: } \varrho \frac{dT}{d\varrho} = c_0^1$$

wo c_0 eine noch zu ermittelnde Konstante bezeichnet.

Die letzte Gleichung dient zur Bestimmung von $\frac{dT}{d\varrho}$. Es ist:

$$dT = c_0 \cdot \frac{d\varrho}{\varrho}$$

$$T = c_0 \lg \text{nat } \varrho + c_1$$

$$\varrho = r_1 : T = T_1; \quad \varrho = r_2 : T = T_2$$

$$T_1 = c_0 \lg \text{nat } r_1 + c_1$$

$$T_2 = c_0 \lg \text{nat } r_2 + c_1$$

$$c_0 = \frac{T_1 - T_2}{\lg \text{nat } r_1 - \lg \text{nat } r_2}$$

$$c_1 = (T_1 \cdot \lg \text{nat } r_2 - T_2 \cdot \lg \text{nat } r_1) \cdot \frac{1}{\lg \text{nat } r_2 - \lg \text{nat } r_1}$$

1) Diese Beziehung ergibt sich auch aus der allgemeinen Gleichung der Wärmeleitung:

$$C \cdot \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{\delta^2 T}{\delta \varrho^2} + \frac{1}{\varrho} \frac{\delta T}{\delta \varrho} + \frac{1}{\varrho^2} \frac{\delta^2 T}{\delta \varphi^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta h^2}.$$

Für den stationären Zustand ist $\frac{\delta T}{\delta t} = 0$; ferner soll eine Wärmebewegung nur in der Richtung von ϱ stattfinden,

demnach $\frac{\delta T}{\delta \varphi} = 0$ und $\frac{\delta T}{\delta h} = 0$:

$$0 = \frac{\delta^2 T}{\delta \varrho^2} + \frac{1}{\varrho} \frac{\delta T}{\delta \varrho}$$

$$\varrho \frac{\delta T}{\delta \varrho} = c_0.$$

$$T = \frac{T_1 - T_2}{\lg \text{nat} \frac{r_1}{r_2}} \lg \text{nat} \varrho - \frac{T_1 \lg \text{nat} r_2 - T_2 \lg \text{nat} r_1}{\lg \text{nat} \frac{r_1}{r_2}}$$

$$\frac{dT}{d\varrho} = \frac{T_1 - T_2}{\lg \text{nat} \frac{r_1}{r_2}} \cdot \frac{1}{\varrho}$$

$$W = 2\varrho\pi \cdot l \cdot k \cdot \frac{T_1 - T_2}{\lg \text{nat} \frac{r_1}{r_2}} \cdot \frac{1}{\varrho}$$

$$= k \cdot 2\pi l \cdot \frac{T_1 - T_2}{\lg \text{nat} \frac{r_1}{r_2}}$$

W ist die Wärmemenge, welche in einer Sekunde durch eine beliebige konzentrische Cylinderfläche hindurchgeht und somit auch während dieses Zeitintervalls in das Innere der Röhre eintritt.

Setzen wir bei Rosencranz zunächst voraus, daß die Innenfläche der Capillare auf der Temperatur T_2 des eintretenden Wassers in der Länge von x cm erhalten wird. Alsdann können wir die Frage beantworten, wie groß x sein muß, damit soviel Wärme durch die Wandung zugeführt wird, daß das Volumen Wasser, welches zum Ausflus gelangt, von der Temperatur T_2 auf die Temperatur T_1 gebracht wird. Für den Fall, in welchem der oben für 89° gegebene Wert von η gewonnen wurde, ist $T_1 = 89,4^\circ$, $T_2 = 68,5^\circ$ zu setzen. Der Querschnitt der Röhre betrug 0,001588 qcm; daraus folgt $r_2 = 0,02248$ cm. Der äußere Durchmesser findet sich nicht angegeben, da er bei der Berechnung der Reibungskonstante unnötig war. Machen wir die Annahme, die jedenfalls günstiger als die Wirklichkeit liegt, daß derselbe 0,4 cm groß war, so haben wir $r_1 = 0,2$ cm. Über den Wert von k sind Untersuchungen von H. Meyer¹ mit verschiedenen Glassorten zwischen 10° und 15° angestellt worden. Er findet:

für Spiegelglas	$k = 0,00179$	in cm, g, sec,
„ Crownglas	$k = 0,00163$	„ „ „ „
„ Flintglas	$k = 0,00143$	„ „ „ „

Inwieweit allerdings das Wärmeleitungsvermögen sich für 80° ändert, ist nicht bekannt. Setzen wir rund $k = 0,002$, so ergibt sich:

$$W = 0,002 \cdot 2\pi \cdot x \cdot \frac{89,4 - 68,5}{\lg \text{nat} \frac{0,2}{0,02248}} \text{ Gramm-Calorien.}$$

Der Versuch dauerte 387 Sekunden; in dieser Zeit würden also eintreten:

$$W = 0,002 \cdot 2\pi \cdot x \cdot \frac{89,4 - 68,5}{\lg \text{nat} \frac{0,2}{0,02248}} \cdot 387 \text{ Gramm-Calorien.}$$

$$= x \cdot 46,5 \text{ Gramm-Calorien.}$$

Das Wasser, dessen Ausflußzeit beobachtet wurde, hatte ein Gewicht von 111,03 g. Um die Temperatur desselben von $68,5^\circ$ auf $89,4^\circ$ zu erhöhen, ist eine Wärmemenge von $111,03 \cdot 20,9$ Gramm-Calorien

1) H. Meyer, Wied. Ann. 34, p. 602, 1888.

nötig. Soll diese Wärmemenge durch die Wandung der Röhre von x cm Länge unter den gemachten Annahmen hindurchtreten, so gilt die Gleichung:

$$46,5 \cdot x = 111,03 \cdot 20,9$$

$$x = 49,9.$$

Die Voraussetzung, unter welcher x berechnet wurde, trifft nun bei dem Versuche thatsächlich nicht zu. Der Wasserfaden, welcher in die Capillare mit der Temperatur T_2 eintritt, erfährt durch die zugeführte Wärme eine Temperaturerhöhung, die sich immer mehr steigert, je weiter der Faden fließt. Die Temperaturdifferenz zwischen der Innenfläche und der Außenfläche der Röhre bleibt also nicht $T_1 - T_2$, sondern wird nach dem Ausfließen hin kleiner. Daraus folgt, daß die durch die Wandung übertretende Wärmemenge in Wirklichkeit nicht so groß ist, als sie für die Länge x in Rechnung gesetzt wurde. Soll andererseits die geforderte Wärmemenge geliefert werden, so muß die Röhre wesentlich länger als $x = 49,9$ cm sein. Die Länge der von Rosencranz verwendeten Röhre betrug 77,2 cm. Es ist daher auf Grund der vorhergehenden Betrachtungen zu folgern, daß der Wasserfaden nicht nur einen kurzen, sondern einen ganz beträchtlichen Teil der Röhre, wenn nicht die ganze, mit einer Temperatur durchfließt, die niedriger als die ihm zugeschriebene T_1 ist. Den mittleren Wert von T genauer festzustellen, zu welchem das von Rosencranz gefundene η gehört, ist kaum möglich. Doch darf wohl geschätzt werden, daß derselbe mehr nach der Mitte des Intervalls zwischen T_1 und T_2 als nach einer der Grenzen desselben hin liegt. Sollte er auf die Mitte selbst fallen, so würde, da der Temperaturkoeffizient der inneren Reibung für 89° ungefähr 1,2% beträgt, der von O. E. Meyer für 89° angegebene Wert von η gegen 12% zu hoch sein. Somit erklärt sich die Abweichung gegenüber dem von mir für 89° gewonnenen aus der Versuchsanordnung von Rosencranz.

Auf die Unzulänglichkeit der letzteren scheint mir auch ein Vergleich mit den von A. Sprung¹ für 50° und 60° ausgeführten Messungen hinzudeuten. Rechnen wir die von demselben gewonnenen Werte η_s auf das von uns gewählte Maß mm mg sec um, so ergibt sich:

T	η_R	η_s
45°	0,604	0,604
50°	0,554	0,556
60°	0,491	0,476.

Während für die beiden niedrigeren Temperaturen η_R und η_s ziemlich gut übereinstimmen, ist für 60° der von Rosencranz gefundene Wert um 3% größer. Die Beobachtungsungenauigkeit beträgt bei dem letzteren höchstens $\frac{1}{3}\%$; bei Sprung ist sie jedenfalls, wie aus dem ausführlich mitgeteilten Material hervorgeht, geringer. Wir sind also zur Erklärung der Abweichung wieder auf die Versuchsanordnung angewiesen. Und es zeigt sich in der That, daß für die ersten beiden Temperaturen T_1 und T_2 wenig von einander verschieden sind, während für 60° T_2 um 2° kleiner als T_1 ist, ein zu hoher Wert von η sich demnach erwarten läßt.

Auch die Beobachtungen, welche Slotte² bis zu 97° mit Wasser angestellt hat, weisen darauf hin, daß die Rosencranzschen Zahlen zu groß sind. Wir entnehmen seinen Mitteilungen folgende Werte:

$$\begin{aligned} \text{für } T = 50,1^\circ: \eta &= 0,554, \\ \text{„ } T = 60,2^\circ: \eta &= 0,473, \\ \text{„ } T = 89,0^\circ: \eta &= 0,326. \end{aligned}$$

1) Pogg. Ann. 159, p. 1; 1876.

2) Wied. Ann. 20, p. 261; 1883.

Die beiden ersten Werte stimmen fast genau mit den für die gleichen Temperaturen von Sprung erhaltenen überein. Für 89° ist der vorstehende Wert ungefähr 7% kleiner als der von Rosencranz gegebene und 4% größer als der von mir gewonnene (p. 10).

Slotte bemerkt in Bezug auf seine Versuche mit Wasser, „dafs die Dimensionen des Ausflufsrohres und die angewendete Druckhöhe für genaue Bestimmungen der Reibungskonstante einer leicht beweglichen Flüssigkeit nicht ganz geeignet waren und deshalb auch die Hagenbachsche Korrektion bei der Berechnung von η ... bei den höchsten Temperaturen eine beträchtliche Gröfse erreicht.“ Beachten wir, dafs, wie aus den Zahlen von Hagenbach (p. 6) hervorgeht, der Wert von η zunächst zu groß ausfällt, wenn die Dimensionen der Röhre gewisse Grenzen überschreiten, so haben wir aus der Bemerkung von Slotte zu schliessen, dafs der von ihm für 89° berechnete Wert vielleicht etwas zu groß, keinesfalls aber zu klein ist.

Die Prüfung der von mir benutzten Capillare erstreckte sich bis zu 36° . Ob dieselbe auch für die höchsten vorkommenden Temperaturen brauchbar ist, wird durch die Kleinheit der Geschwindigkeitskorrektion allerdings wahrscheinlich; doch hat dieser Umstand noch keine beweisende Kraft. Ich habe daher eine zweite Röhre anfertigen lassen. Nach den ausgeführten Messungen war für dieselbe: $r = 0,13951$ mm, $l = 148,7$ mm, $v = 1300,4$ cbmm. Ein Versuch bei der Temperatur $90,1^\circ$ ergab:

$$t = 154 \text{ sec}, \quad h = 278 \text{ mm}$$

$$\eta' = 0,3111 \quad \eta = 0,3095.$$

Vergleicht man hiermit den Wert, welcher durch Interpolation aus η_{89} und η_{92} (p. 10) erhalten wird, nämlich $\eta_{90,1} = 0,3077$, so zeigt sich eine befriedigende Übereinstimmung, wenn man beachtet, dafs die Ausmessung von l wegen der angeschmolzenen Erweiterungen mit einer gewissen Ungenauigkeit verbunden ist.

Die vorstehenden Erörterungen nötigen mich zu dem Schlufs, dafs die von Rosencranz gefundenen Werte der inneren Reibung des Wassers für die Temperaturen von 60° aufwärts beträchtlich zu groß sind. Andererseits bestätigen auch meine Beobachtungen den von O. E. Meyer ausgesprochenen Satz, dafs die Poiseuillesche Formel für die höheren Temperaturen die Reibungskonstante zu klein liefert.

Äthylalkohol (C_2H_6O).

Bei den Untersuchungen mit Äthylalkohol ist streng darauf zu achten, dafs derselbe wasserfrei ist. Schon der Zusatz von 1 Prozent Wasser reicht aus, die innere Reibung um 3 bis 4 Prozent zu vergrößern. Es ist daher der zu den folgenden Versuchen verwendete Alkohol erst längere Zeit mit frisch gebranntem Kalk behandelt worden.

Die Feststellung des spezifischen Gewichts ist bei dem Äthylalkohol wie bei den folgenden Substanzen in einem Pyknometer von 20 ccm Inhalt vorgenommen worden, welches mit einer übergeschliffenen Glaskappe versehen war. Da den betreffenden Angaben im allgemeinen nur eine Beobachtung zu Grunde liegt, so dürfte bei den höheren Temperaturen eine Ungenauigkeit bis zu $\frac{1}{7}$ Prozent nicht ausgeschlossen sein.

Die für benachbarte Temperaturen berechneten Mittelwerte sind der Beobachtungstafel angeschlossen.

Tafel II.

T	t	h	s	η'	η	
18,4°	343,4	263	0,7907	1,2236	1,2229	
26,3	297,3	263	0,7841	1,0505	1,0495	$\Delta\eta_{22,3} = 1,90\%$
68,1	155	260		0,5158	0,5143	$\Delta s_{22,3} = 0,106\%$
68,6	153,4	260	0,7468	0,5103	0,5088	
68,9	152,2	260		0,5061	0,5046	
75,1	140,3	260	0,7429	0,4643	0,4627	
75,2	140,3	260		0,4642	0,4626	$\Delta\eta_{72} = 1,45\%$
69				0,5074	0,5050	$\Delta s_{72} = 0,087\%$
75				0,4653	0,4637	

$$\eta_{78,3} = 0,440.$$

Graham¹ hat die innere Reibung des Äthylalkohols zwischen 0° und 70° mit zwei Capillarröhren untersucht. Die zur Berechnung von η in absolutem Maß notwendigen Größen giebt er sämtlich an; aus diesen jedoch η abzuleiten, ist ziemlich aussichtslos, da das Ergebnis mit sonst gefundenen Werten wenig in Einklang zu bringen ist. Es scheint in den Angaben über die Dimensionen der Röhren, wie bereits Herr Professor O. E. Meyer bemerkt, ein Fehler vorzuliegen. Immerhin sind wir im stande, da Graham außer der Durchflußzeit des Alkohols auch diejenige von Wasser bei 20° mitteilt, aus der Reibung des Wassers diejenige des Alkohols zu berechnen. Das Verhältnis der Durchflußzeiten ist:

$$\text{für } 20^\circ: 1,196, \text{ für } 30^\circ: 1,008, \text{ für } 70^\circ: 0,5216.$$

Da für Wasser $\eta_{20} = 1,0083$ ist, erhalten wir für Alkohol:

$$\eta_{20} = 1,206, \eta_{30} = 1,015, \eta_{70} = 0,5170.$$

Hierbei ist allerdings zu beachten, daß die Geschwindigkeitskorrektur, welche mit steigender Temperatur zunimmt, vernachlässigt worden ist, was genau genommen bei den Versuchsbedingungen von Graham nicht geschehen darf. Es werden also für 30° und 70° etwas niedrigere Werte anzusetzen sein.

Von Gartenmeister² liegen Untersuchungen für 10° bis 50° vor. Er hat als Einheit im Anschluß an Hagenbach den Druck eines Gramms auf eine Fläche von einem Quadratmeter gewählt. Die Umrechnung auf mm, mg, sec ist durch Multiplikation mit 9,810 vorgenommen worden.³

Berücksichtigen wir ferner noch die Beobachtungen von Wijkander⁴, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

T	η			
	Völlm.	Grah.	Gartenm.	Wijk.
20°	1,190	1,206	1,202	1,27
30°	0,983	1,015	1,000	
70°	0,499	0,517		

1) Phil. Trans. for 1861, p. 386. Liebig's Ann. 123, p. 90; 1862.

2) Zschr. für phys. Chemie VI, p. 524; 1890.

3) Ich erlaube mir darauf aufmerksam zu machen, daß das schätzwerte Material von Gartenmeister nicht richtig in die physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein übernommen worden ist. Die letzteren beziehen die angeführten Werte auf das absolute Maß cm, g, sec. Die Zahlen von Gartenmeister sind nach Division mit 10 aufgenommen worden. In dieser Form gilt für sie jedoch als Einheit der Druck eines Milligramms auf einen Quadratcentimeter. Es ist also, falls das gewählte absolute Maß Gültigkeit besitzen soll, noch der Faktor 0,981 hinzuzufügen.

4) Wied. Beibl. 3, p. 8; 1879.

Die Abweichungen zwischen den Werten der ersten beiden Reihen liegen innerhalb 3 Prozent und würden sich für die höheren Temperaturen mit Berücksichtigung der Geschwindigkeits-Korrektion etwas verringern. Für 20° liefse sich die Differenz von $1\frac{1}{3}$ Prozent durch einen Wassergehalt von nicht ganz $\frac{1}{2}$ Prozent erklären; Graham sagt über den von ihm verwendeten Alkohol, daß derselbe „rein“ gewesen sei.¹ Der von mir zu den Beobachtungen bei niedriger Temperatur benutzte hatte $\frac{1}{4}$ Jahr über Kalk gestanden und zeigte auf Quecksilber bezogen die sehr geringe elektrische Leitfähigkeit von $0,06 \cdot 10^{-10}$. Der bei 70° gebrauchte Alkohol hatte eine Leitfähigkeit von $0,12 \cdot 10^{-10}$. Soweit sich also überhaupt eine Wasserfreiheit verbürgen läßt, dürfen wir sie hier annehmen. Gartenmeister hat dem Alkohol durch acht-tägiges Stehenlassen über Baryumoxyd das Wasser entzogen. Die von ihm gefundenen Werte stimmen leidlich mit den meinigen überein.

Eine auffällige Abweichung gegen die übrigen Ergebnisse tritt bei dem Werte von Wijkander hervor, für die ich eine Aufklärung nicht habe finden können.

Methylalkohol (CH₄O).

Der Methylalkohol ist von Kahlbaum in Berlin als aceton- und wasserfrei bezogen worden. Ehe er verwendet wurde, stand er noch einige Tage über Kalk, um dann im Wasserbade bei 72° von diesem abdestilliert zu werden.

Tafel III.

<i>T</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	η'	η	
18,0°	158,8	252	0,7958	0,6385	0,6372	
26,0	165,6	252,1	0,7892	0,5646	0,5632	$\Delta\eta_{22} = 1,53\%$
55,4	110,6	259		0,3749	0,3728	$\Delta s_{22} = 0,10\%$
55,9	110,2	259	0,7637	0,3735	0,3714	
56,0	110,7	259		0,3751	0,3730	$\Delta\eta_{60} = 1,18\%$
63,3	102,0	259		0,3433	0,3410	$\Delta s_{59,6} = 0,09\%$
63,4	102,0	259	0,7585	0,3433	0,3410	
63,7	101,0	259		0,3399	0,3376	
56				0,3735	0,3714	
64				0,3394	0,3371	

$$\eta_{66} = 0,329.$$

Die innere Reibung des Methylalkohols ist von Graham bei 20°, von Gartenmeister zwischen 10° und 50°, von Traube² zwischen 20° und 60° untersucht worden. Stellen wir entsprechend umgerechnet die von den genannten Forschern gefundenen Zahlen mit den unsern zusammen, so ergibt sich folgende Tabelle:

<i>T</i>	η			
	Völlm.	Gartenm.	Traube	Graham
20°	0,618	0,611	0,607	0,635
30	0,530	0,529	0,528	
50	0,399	0,406	0,401	
60	0,355		0,361	

1) „Three alcohols in a state of purity were transpired through the same capillary.“

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 19, p. 871; 1886. — Die Werte für 30° und 50° sind aus den Angaben für 20°, 40° und 60° interpoliert.

Die ersten drei Reihen zeigen eine leidliche Übereinstimmung; die vorhandenen Abweichungen liegen innerhalb 2%. Der von Graham für 20° angeführte Wert ist etwas größer. Doch dürfte diesem Umstande nicht allzu hohe Bedeutung beizumessen sein; wie der Genannte selbst erklärt, erhielt er bei verschiedenen Quantitäten Methylalkohol, welche er nach demselben Verfahren herstellte, verschiedene Werte der inneren Reibung.

Äthyläther (C₄H₁₀O).

Der verwendete Äther hat mehrere Tage über Natrium gestanden und ist von diesem kurz vor dem Versuche abdestilliert worden.

Tafel IV.

<i>T</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	η'	η	
17,10°	76,4	256,5	0,7170	0,2408	0,2380	$\Delta\eta_{21,6} = 0,95\%$
26,14	70,8	258,0	0,7078	0,2216	0,2185	$\Delta s_{21,6} = 0,14\%$
29,94	68,6	258,4	0,7039	0,2138	0,2106	
30,18	68,2	258,7		0,2127	0,2095	$\Delta\eta_{28} = 0,97\%$
26					0,2188	$\Delta s_{28} = 0,14\%$
30					0,2102	

$$\eta_{34,9} = 0,2002.$$

Die innere Reibung des Äthers ist von Gartenmeister bei 20°, von Wijkander zwischen 12° und 30° untersucht worden. Zum Vergleich diene folgende Zusammenstellung:

<i>T</i>	η		
	Völlm.	Wijk.	Gartenm.
20°	0,232	0,258	0,237
30°	0,210	0,233	

Der Wert von Gartenmeister ist ungefähr 2% höher als der von mir für die gleiche Temperatur gefundene. Dagegen weisen die Zahlen von Wijkander eine ganz bedenkliche Abweichung gegen die übrigen Angaben auf; es liegt hier der Fall ähnlich wie bei dem Äthylalkohol, nur ist die Differenz noch größer.

Um ein Urteil über den Einfluß von möglicherweise noch vorhandenem Wasser zu gewinnen, habe ich einige Beobachtungen mit wasserhaltigem Äther bei 30° ausgeführt. Der frisch von Natrium destillierte Äther wurde in einem kleinen Kolben mit reinem Wasser durchgeschüttelt, um dann nach einigem Stehen auf seine innere Reibung untersucht zu werden. Es ergab sich:

$$\eta_{30} = 0,221.$$

Das von dem Äther aufgenommene Wasser hat demnach die Zähigkeit um ungefähr 5 Prozent vermehrt. Selbst die Annahme eines maximalen Wassergehaltes würde also nicht ausreichen, die bei den Werten von Wijkander vorliegende Differenz zu erklären.¹

1) Im Anschluß an die Beobachtungen über Äther sei es mir gestattet, eine Bemerkung mit Bezug auf die elektrische Leitfähigkeit einer ätherischen Lösung einzuschließen. Durch Arbeiten der jüngsten Zeit ist bei dieser Art von Lösungen ein negativer Temperaturkoeffizient festgestellt worden. Es ist dies eine Erscheinung, welche auf dem bis jetzt bearbeiteten Gebiete der Electrolyse nicht allzu häufig auftritt. Sie veranlaßte mich, eine ungefähr 0,7prozentige Lösung von Jodeadmium in Äther sowohl auf die elektrische Leitfähigkeit als auf die innere Reibung hin zu prüfen. Hierbei ergab sich in demselben Widerstandsgefäße für 14° und 23° derselbe Widerstand. Der Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit war also gleich 0. Andererseits änderte sich die Zähigkeit der

Benzol (C₆H₆).

Das Benzol war thiophenfrei; es entstammte einem Präparate, welches Ferche zu seinen eingehenden Untersuchungen¹ über diese Substanz hergestellt hatte.

Tafel V.

<i>T</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	η'	η	
6,78°	201,5	261	(0,886)?	0,7985	0,7972	$\Delta\eta_{8,8} = 1,61\%$
10,71	188,9	261,1		0,7494	0,7477	
65,3	98,0	260,2		0,3628	0,3602	
65,5	97,8	260,2	0,8300	0,3620	0,3594	
65,7	97,8	260,2		0,3619	0,3593	
74,5	90,0	260,2		0,3297	0,3269	
74,8	89,4	260,2	0,8211	0,3273	0,3245	$\Delta\eta_{70,2} = 1,08\%$
75,2	89,1	260,2		0,3261	0,3233	$\Delta s_{70,2} = 0,12\%$
65,5				0,3622	0,3596	
75,0				0,3271	0,3243	

$$\eta'_{80} = 0,306.$$

Die innere Reibung des Benzols ist von Gartenmeister bei 20°, von Wijkander zwischen 10° und 60° untersucht worden. Die Zusammenstellung der von denselben gefundenen Werte mit den meinigen führt zu folgender Tabelle:

<i>T</i>	η		
	Völlm.	Wijk.	Gartenm.
10°	0,756	0,746	
20°		0,645	0,641
60°	0,382	0,389	

Die in den ersten Reihen auftretenden Differenzen liegen innerhalb 2 Prozent. Das von Gartenmeister für 20° gegebene η schließt sich dem von Wijkander für dieselbe Temperatur beobachteten ziemlich gut an.

Zusammenhang der inneren Reibung bei der Siedetemperatur mit anderen Constanten.

Stellen wir die im Vorhergehenden für die Siedetemperatur durch Extrapolation gewonnenen Werte der inneren Reibung, welche den Tafeln I bis V beigelegt sind, mit einigen anderen physikalischen Constanten der untersuchten Flüssigkeiten zusammen, so ergibt sich Folgendes:

	Wasser	Methylalk.	Äthylalk.	Äther	Benzol
<i>Formel</i>	H ₂ O	CH ₄ O	C ₂ H ₆ O	C ₄ H ₁₀ O	C ₆ H ₆
<i>M</i>	18	32	46	74	78
<i>T</i> ⁰	100°	66°	78,3°	34,9°	80°
η^0	0,270	0,329	0,440	0,200	0,306
<i>s</i> ⁰	0,959	0,757	0,741	0,699	0,816
<i>w</i> ⁰	1,02	0,722	0,748	0,550	0,517
<i>W</i> ⁰	537	266	204	90	93
$10^{-3} \cdot W^0 M/s^0 \sqrt{\eta^0}$	19,4	19,6	19,1	21,3	16,1

M Molekulargewicht, *T*⁰ Siedetemperatur, η^0 innere Reibung bei *T*⁰, *s*⁰ spezifisches Gewicht bei *T*⁰, *w*⁰ spezifische Wärme bei *T*⁰, *W*⁰ Verdampfungswärme bei *T*⁰.

Lösung mit wechselnder Temperatur in demselben Sinne wie bei reinem Äther; es war nur der Temperaturkoeffizient ziemlich um die Hälfte kleiner.

1) Ferche, Inaug.-Dissert. Halle 1890.

Die beiden letzten Gröfsen sind den Tabellen von Landolt und Börnstein entnommen; w^0 darf auf grofse Genauigkeit keinen Anspruch machen, da es durch Extrapolation zum Teil aus Angaben berechnet worden ist, welche sich auf Temperaturen beziehen, die von dem Siedepunkt noch beträchtlich abliegen.

Die Zahlen in der letzten Querzeile der vorstehenden Tabelle besagen, dafs der Ausdruck $\frac{W^0 \cdot M}{s^0 \cdot \sqrt{\eta^0}}$ für Wasser, Äthylalkohol und Methylalkohol dieselbe Gröfse hat. $\frac{s}{M}$ ist die Zahl der

Moleküle in der Volumeneinheit, $\frac{M}{s}$ ist also das Molekularvolumen. Die drei genannten Flüssigkeiten besitzen daher die Eigenschaft, dafs die Quadratwurzel aus der inneren Reibung bei der Siedetemperatur dem Molekularvolumen und der Verdampfungswärme proportional ist. Bei dem Äther und dem Benzol zeigen die betreffenden Zahlen bereits eine stärkere Abweichung; bei dem letzteren steigert sich dieselbe bis zu 17 Prozent. Es wird der aufgestellten Beziehung in der gegebenen Form eine allgemeinere Bedeutung kaum zuzuschreiben sein. Betrachten wir die Zeilen, welche die Werte für das spezifische Gewicht und die spezifische Wärme enthalten, so zeigt sich, dafs das Verhältnis dieser zwei Gröfsen für Wasser, Äthylalkohol und Methylalkohol in der unmittelbaren Nähe von 1 liegt; für Benzol und Äther stellt sich dasselbe jedoch wesentlich anders. Möglicherweise ist daher die spezifische Wärme noch erforderlich, um eine allgemein gültige Beziehung zwischen der inneren Reibung und den übrigen physikalischen Konstanten herzustellen. In eine nähere Erörterung dieser Frage einzutreten, erscheint mir jedoch bei dem vorliegenden geringen Material wenig aussichtsvoll. Ich hatte noch das Chloroform in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen, sehe jedoch von einer Veröffentlichung der Beobachtungen ab, da die verwendete Substanz, wie sich nachträglich herausstellte, in Bezug auf ihre Reinheit nicht den zu stellenden Anforderungen entsprach. Immerhin darf ich unter Berücksichtigung der Abweichungen, welche die erhaltenen Werte gegen frühere Beobachtungen bei niedrigerer Temperatur aufwiesen, so viel schliessen, dafs der Wert von $\frac{W^0 \cdot M}{s^0 \cdot \sqrt{\eta^0}}$ in der Nähe von 9 liegt. Das Verhältnis von spezifischer Wärme und spezifischem Gewicht ist hier noch mehr als bei den vorher erwähnten beiden Substanzen von 1 verschieden; es ist $\frac{s^0}{w^0} = \frac{1,4}{0,24}$.

Innere Reibung und chemische Konstitution.

In den grundlegenden Arbeiten von Poiseuille über die innere Reibung findet sich unter anderen eine Untersuchung, welche die Zähigkeit von Gemengen aus Alkohol und Wasser bestimmt. Es hat sich durch dieselbe herausgestellt, dafs für verdünnten Alkohol ein Maximum der Reibung an der Stelle vorhanden ist, wo die stärkste Kontraktion stattfindet, also ein Maximum der Dichtigkeit vorliegt. Durch diese Thatsache ist Graham veranlaßt worden, sich mit einer Reihe von Säuren und deren Verdünnungen zu beschäftigen. Er hat hierbei gefunden, dafs ausgezeichnete Punkte der inneren Reibung meist mit bestimmten Hydratbildungen zusammenfallen. Seine Beobachtungen sind später zum Teil bestätigt, zum Teil modifiziert worden. Jedenfalls durfte er mit Recht aussprechen, dafs die Gröfse der inneren Reibung bestimmte Schlüsse auf die chemische Konstitution bei den untersuchten Flüssigkeiten zuläfst. Von den Flüssigkeitsgemengen ging Graham bereits weiter zum Vergleich von einigen reinen Substanzen unter einander über. Er bemerkt, dafs bei drei Alkoholarten die Reibung um so gröfser ist, je

höher die Siedetemperatur liegt. Ferner macht er darauf aufmerksam, daß in homologen Reihen die Vermehrung der inneren Reibung mit dem Anwachsen des Molekulargewichts in Verbindung steht. Eine dem ersten Satze entsprechende Beziehung ist später von Rellstab¹ für eine Reihe von metameren Körpern aufgestellt worden; derselbe findet, daß die Zähigkeiten sich um so mehr nähern, je weniger die Siedepunkte auseinander liegen: immerhin besitzt dieser Satz nur im allgemeinen Gültigkeit. Daß die Zähigkeit in gewisser Weise von dem Molekulargewicht abhängig ist, daß sie gewöhnlich mit dem letzteren wächst, ist gleichfalls durch spätere Forschungen verdeutlicht worden. Graham stellte es als aussichtsvoll hin, dieser Eigentümlichkeit besonders bei Reihen, welche bezüglich der chemischen Konstitution sich nahe stehen, die Aufmerksamkeit zuzuwenden. Dieser Gedanke ist später wiederholt aufgenommen worden; auf ziemlich breiter Basis hat ihn Gartenmeister in der schon öfter citierten Abhandlung durchgeführt. Derselbe untersucht eine zahlreiche Menge von flüssigen Kohlenstoffverbindungen bei derselben Temperatur — 20° — und kommt zu dem Schluß, daß η/M^2 in den einzelnen homologen Reihen sich ziemlich konstant hält, daß also in diesen die Quadratwurzel aus der Reibung dem Molekulargewicht proportional ist. Wir führen aus seiner Arbeit die beiden ersten Tabellen an:

1. Kohlenwasserstoffe und deren Halogensubstitutionsprodukte				2. Alkohole			
	<i>s</i>	η	$\frac{\eta \cdot 10^6}{M^2}$		<i>s</i>	η	$\frac{\eta \cdot 10^6}{M^2}$
Dipropyl C ₆ H ₁₄	0,660	0,0315	4,3	Methylalkohol CH ₄ O .	0,7943	0,0623	61
Diallyl C ₆ H ₁₀	0,6929	0,0280	4,2	Äthylalkohol C ₂ H ₆ O . .	0,7901	0,1225	58
Benzol C ₆ H ₆	0,8805	0,0654	11,1	Propylalkohol C ₃ H ₈ O .	0,8052	0,2273	63
Äthylbenzol C ₈ H ₁₀ . . .	0,8677	0,0686	6,1	Heptylalkohol C ₇ H ₁₆ O	0,8233	0,715	53
Methylenchlorid CH ₂ Cl ₂	1,2953	0,0439	6,1	Octylalkohol C ₈ H ₁₈ O .	0,8264	0,912	54
Chloroform CHCl ₃ . . .	1,4823	0,0568	4,0	Isopropylalkohol C ₃ H ₈ O	0,7854	0,2479	69
Kohlenstofftetrachlorid				Isobutylalkohol C ₄ H ₁₀ O	0,8019	0,1112	75
CCl ₄	1,5926	0,1019	4,3	Propylenglykol C ₃ H ₈ O ₂	1,0436	4,566	791
Äthyljodid C ₂ H ₅ J . . .	1,936	0,0593	2,4				
Methyljodid CH ₃ J . . .	2,277	0,0500	2,5				
Propyljodid C ₃ H ₇ J . .	1,747	0,0757	2,6				

Als Einheit für η gilt der Druck eines Gramms auf einen Quadratmeter.

Wie man aus den vorstehenden Zahlen ersieht, ist die Konstanz von η/M^2 nicht allzu scharf aufzufassen; Abweichungen bis zu 50% sind auch in den homologen Reihen nicht selten. Selbst wenn man in der Physik an den Begriff der Konstante nicht so strenge Anforderungen als in der Mathematik stellen will, darf doch eine größere Übereinstimmung, als sie hier vorliegt, wünschenswert erscheinen. Eine Hindeutung auf die mögliche Konstanz von η/M^2 gelangt auch in der von mir gegebenen Formel zum Ausdruck, vorausgesetzt, daß *W* und *s* nicht sehr verschieden sind, oder daß die vorhandene Verschiedenheit durch den Abstand der Beobachtungstemperatur von der Siedetemperatur im wesentlichen ausgeglichen wird. Auch der Satz von Rellstab kann unter diesen Bedingungen eine allgemeinere Bedeutung gewinnen.

Im ganzen wird man zugestehen müssen, daß die bisher aufgestellten Beziehungen zwischen der inneren Reibung und anderen physikalischen, beziehungsweise chemischen Konstanten einer Flüssigkeit nur eine stark eingeschränkte Geltung besitzen. Auch da, wo sich die Betrachtung lediglich auf kleinere Gebiete erstreckt, die sich bezüglich ihrer Konstitution ähnlich sind, treten Ausnahmen noch ziemlich häufig hervor. Vielleicht hat diese Unsicherheit ihren

1) Rellstab, I.-D. Bonn 1868.

Grund darin, daß noch nicht alle Konstanten, von welchen die Zähigkeit beeinflusst wird, genügend berücksichtigt worden sind. Und wenn Brühl¹ sagt: „Es ist wahrscheinlich im allgemeinen Regel, daß von isomeren Körpern eine gleiche Anzahl von Molekülen zum Durchfließen einer Capillare um so mehr Zeit brauchen, je höher Siedepunkt, Dichte und Brechungsindex der Verbindung liegen“, so möchte ich, gestützt auf die Darlegung der vorhergehenden Seiten, diese Vermutung dahin erweitern, daß den Bestimmungsstücken der inneren Reibung jedenfalls auch die Verdampfungswärme und die spezifische Wärme hinzuzuzählen sind.

Temperaturkoeffizient.

Den Tabellen I bis V sind die Temperaturkoeffizienten beigelegt, welche die prozentuale Zunahme der inneren Reibung für einen Grad darstellen. Ergänzen wir dieselben aus den Beobachtungen von Gartenmeister (·) und Wijkander (··), so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

	8,8°	15°	22°	25°	28°	35°	45°	60°	70°	90°
Wasser H ₂ O			2,34 %							1,2 %
Methylalkohol CH ₄ O		1,58 %	1,53 %	1,39 %		1,31 %	1,34 %	1,18 %		
Äthylalkohol C ₂ H ₆ O		2,03 %	1,90 %	1,82 %		1,84 %	1,59 %		1,45 %	
Äthyläther C ₄ H ₁₀ O .		0,93 %	0,95 %	1,02 %	0,97 %					
Benzol C ₆ H ₆	1,61 %	1,45 %	1,41 %	1,39 %		1,31 %	1,27 %		1,08 %	

Aus den vorstehenden Zahlen geht hervor, daß der Temperaturkoeffizient im allgemeinen bei den einzelnen Substanzen mit steigender Temperatur abnimmt; er wird also um so kleiner, je kleiner die Reibung selbst wird. Als Ausnahme ist der Äther zu erwähnen, bei welchem die Änderung des Temperaturkoeffizienten nicht bedeutend ist; immerhin erfährt derselbe, wie übereinstimmend den Beobachtungen von Wijkander und mir zu entnehmen ist, mit erhöhter Temperatur eine Zunahme. Rellstab hat beim Vergleich verschiedener Flüssigkeiten die Regel aufgestellt, daß die Abnahme der Zähigkeit mit steigender Temperatur bei gleichen Intervallen um so bedeutender sei, je größer die Zähigkeit überhaupt ist. Hiergegen haben Pribram und Handl² sowie Gartenmeister mit Recht eingewendet, daß dies zwar im allgemeinen, aber nicht immer der Fall ist. Auch im Vorstehenden liegen einige Beispiele gegen diese Regel vor. Die Reibung des Äthylalkohols ist bei 22° ungefähr 16 % größer als die des Wassers, während der Temperaturkoeffizient nach der entgegengesetzten Seite eine Differenz aufweist. Ein gleiches abweichendes Verhalten zeigen Methylalkohol und Benzol, für welche bei 15°: $\eta = 0,666$ und $\eta = 0,696$ ist.

Der Temperaturkoeffizient der inneren Reibung ist, selbst wenn man homologe Reihen ins Auge faßt, für die einzelnen Substanzen recht verschieden. Beispielsweise ist er bei 25°: für Methylalkohol 1,39 %, für Äthylalkohol 1,82 %, für Propylalkohol 2,37 %. Diese Thatsache ist nicht neu, doch scheint sie mir bei vergleichenden Betrachtungen über die innere Reibung zur Vorsicht zu raten. Wenn diese Größe für zwei Flüssigkeiten sich mit der Temperatur verschieden ändert, so wird z. B. das Verhältnis der Werte von η/M^2 sich wesentlich anders gestalten, ob ich bei 20° oder 30° den Vergleich anstelle. Gartenmeister hat für eine Alkoholreihe η/M^2 zwischen 10° und 50° bestimmt. Während für die fünf untersuchten Verbindungen

1) Brühl, Ber. d. deutsch. chem. Ges, 13, 1530.

2) Pribram und Handl, Wiener Ber. 78, p. 2; 1878.

bei 10° sich Abweichungen bis zu 36 % ergeben, unterscheiden sich die Werte bei 30° nur um höchstens 13 %. Wenn man also die innere Reibung zu Konstanten, die von der Temperatur unabhängig sind, in Beziehung setzen will und zu dem Ende für alle Flüssigkeiten dieselbe Vergleichstemperatur wählt, so liegt darin unbedingt eine gewisse Willkür. Wie derselben abgeholfen werden kann, ist allerdings eine noch zu lösende Frage; jedenfalls wird die Temperatur mit in die betreffende Beziehung eintreten müssen. Im Obigen habe ich den Versuch gemacht, die Siedetemperatur dem Vergleich der einzelnen Substanzen zu Grunde zu legen. Die Auffassung, als korrespondierende Temperaturen die des gleichen Dampfdrucks anzusehen, ist bereits früher ausgesprochen worden; auch erscheint mir die Mutmaßung nicht allzu befremdlich, daß für den Grenz Zustand, in welchem die Flüssigkeiten in den gasförmigen Zustand übergehen, eine Reihe gleichartiger Bedingungen in der molekularen Beschaffenheit vorhanden ist. Ein abschließendes Urteil über den unternommenen Versuch läßt der geringe Umfang des zu Gebote stehenden Beobachtungsmaterials noch nicht zu.

Um zu beurteilen, in welcher Weise eine bestimmte Wärmemenge die innere Reibung beeinflusst, bilde ich den Quotienten $\frac{\Delta\eta}{w}$, wobei ich bemerke, daß die spezifische Wärme w den Tabellen von Landolt und Börnstein entnommen worden ist. $\Delta\eta$ bedeutet die prozentuale Abnahme von η , wenn z. B. 1 g Flüssigkeit seine Temperatur um 1° erhöht; $\frac{\Delta\eta}{w}$ wird also die Änderung ausdrücken, welche eintritt, falls dem Gramm eine Wärmemenge von 1 Gramm-Calorie zugeführt wird.

	22°			30°			70°			90°		
	$\Delta\eta$	w	$\frac{\Delta\eta}{w}$	$\Delta\eta$	w	$\frac{\Delta\eta}{w}$	$\Delta\eta$	w	$\frac{\Delta\eta}{w}$	$\Delta\eta$	w	$\frac{\Delta\eta}{w}$
Wasser	2,34 %	0,98	2,4 %	2,19 %	0,97	2,2 %				1,2 %	0,97	1,2 %
Methylalkohol .	1,53 %	0,62	2,5 %	1,35 %	0,64	2,1 %						
Äthylalkohol . .	1,90 %	0,53	3,6 %				1,45 %	0,72	2,0 %			
Äther	0,95 %	0,54	1,8 %	0,98 %	0,55	1,8 %						
Benzol	1,41 %	0,37	3,8 %				1,08 %	0,50	2,2 %			

Die Änderung, welche bei gleicher Wärmezufuhr die innere Reibung erfährt, ist für die einzelnen Flüssigkeiten verschieden. Eine Regelmäßigkeit ist insofern zu konstatieren, als bei jeder einzelnen Substanz mit erhöhter Temperatur dieselbe Wärmemenge eine geringere Änderung der Zähigkeit bewirkt, oder umgekehrt: soll bei höherer Temperatur die Reibung um gleich viel Prozente verringert werden, so ist hierzu mehr Wärme erforderlich als bei niedriger Temperatur.

Wenn man nach Gründen für die Abnahme der inneren Reibung mit der Zunahme der Temperatur sucht, so liegt es nahe, die Änderung der Dichte ins Auge zu fassen. Denn setzen wir zunächst voraus, daß die kleinsten Flüssigkeitsteilchen, Moleküle oder Molekularkomplexe, dieselbe Masse bei Temperaturänderungen beibehalten, so wird, da stärkere Formveränderungen dann kaum anzunehmen sind, die innere Reibung wesentlich durch den Abstand der Moleküle voneinander bedingt sein. Je größer derselbe wird, desto geringer wird die Reibung sein. Es wird also in diesem Falle die Dichte für die Änderung der Zähigkeit geradezu bestimmend sein. Entnehmen wir den Tabellen I—V die Temperaturkoeffizienten für das spezifische Gewicht — für höhere Temperaturen ist aus bereits angegebenen Gründen die Genauigkeit derselben eine

beschränkte —, und stellen wir dieselbe mit den Temperaturkoeffizienten der Reibung zusammen, so ergibt sich Folgendes:

	22°		28°		60°		70°	
	$\Delta\eta$	Δs	$\Delta\eta$	Δs	$\Delta\eta$	Δs	$\Delta\eta$	Δs
Wasser	2,34 %	0,02 %					1,2	0,07
Methylalkohol	1,53	0,10			1,18	0,09		
Äthylalkohol .	1,90	0,11					1,45	0,09
Äther	0,95	0,14	0,97	1,4				
Benzol							1,08	0,12

Bei den drei mittleren Substanzen ändern sich mit zunehmender Temperatur die Temperaturkoeffizienten der Reibung und der Dichte in demselben Sinne. Einer verhältnismäßig geringen Änderung von Δs entspricht allerdings teilweise eine beträchtliche Abnahme von $\Delta\eta$. Bei Wasser liegt das Verhältnis anders; während der Temperaturkoeffizient der Dichte mit der Erhöhung der Temperatur zunimmt, zeigt der Temperaturkoeffizient der Reibung das entgegengesetzte Verhalten. Vergleichen wir weiter bei 22° die vier ersten Verbindungen, so fällt es auf, daß Wasser neben dem größten Werte von $\Delta\eta$ den kleinsten Wert von Δs besitzt, während Äther das kleinste $\Delta\eta$ und zugleich das größte Δs aufweist. Die innere Reibung des Wassers ist von der des Äthylalkohols bei 22° wenig verschieden, auch die Temperaturkoeffizienten derselben stehen sich nahe; dagegen besitzt Δs bei beiden durchaus andere Werte.

Wenn nun auch die vorhandenen Unregelmäßigkeiten gewisse Schwierigkeiten darbieten, falls es sich darum handelt, die Änderung der Zähigkeit durch die Abnahme der Dichte zu erklären, so kann andererseits aus ihnen nicht mit Bestimmtheit gefolgert werden, daß die letztere überhaupt für den bezeichneten Zweck unzureichend ist. Zu diesem Schluss werden wir jedoch genötigt, wenn wir die Änderung der Reibung bei dem Wasser in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums einer Betrachtung unterwerfen. Das Wasser zieht sich bekanntlich bis zu einer Temperatur, die ein wenig unter 4° liegt, zusammen, um dann bei einem weiteren Fall der Temperatur sich wieder auszudehnen. Aus dieser Thatsache würde zu folgern sein, daß unterhalb 4° die Reibung abnimmt, oder daß hier der Temperaturkoeffizient derselben negativ wird. Dies ist aber durchaus nicht der Fall; der Temperaturkoeffizient bleibt immer positiv und ist sogar beträchtlich größer als beispielsweise bei 22°. Es ist also hier mit der Abnahme der Dichte eine Zunahme der Zähigkeit verbunden. Durch diese Thatsache wird die Schlussfolgerung notwendig, daß unter der Voraussetzung, daß die Flüssigkeitsmoleküle in ihrem Bestande unverändert bleiben, allgemein die Dichte nicht ausreicht, die Änderung der inneren Reibung mit wechselnder Temperatur zu erklären.

Zu einem ähnlichen Urteil ist Sprung bei seinen Untersuchungen über die Zähigkeit von Salzlösungen gelangt. Er bezeichnet mit ds und dw die Dichtigkeiten der Salzlösung und des Wassers, mit zs und zw die entsprechenden Zähigkeiten und verfolgt die Quotienten

$$q = \frac{ds}{dw} \quad \text{und} \quad q_1 = \frac{zs}{zw}$$

bei verschiedenen Chlorlithiumlösungen durch bestimmte Temperaturintervalle. Hierbei findet er, daß einer Zunahme des Quotienten q_1 eine Abnahme des Quotienten q parallel läuft, und schließt daraus, daß „die Ausdehnung durch die Wärme zur Erklärung der mit steigender Temperatur so bedeutend abnehmenden Zähigkeit ganz unzureichend ist“.

Röntgens Theorie über die molekulare Konstitution der Flüssigkeiten.

Zu dem Schluß, daß die Dichte allgemein nicht ausreicht, die Änderung der inneren Reibung mit wechselnder Temperatur zu begründen, gelangten wir unter der Annahme, daß die kleinsten Flüssigkeitsteilchen ihre Masse und Form unverändert beibehalten. Würden wir diese Voraussetzung fallen lassen, so dürften verschiedene Möglichkeiten offen sein, für die beobachteten Erscheinungen eine ausreichende Erklärung zu finden. Es könnte beispielsweise angenommen werden, daß die kleinsten Bestandteile der Flüssigkeiten Molekülaggregate sind, welche sich mit Zunahme der Temperatur teilen, so daß kleinere Komplexe entstehen, die eine geringere Reibung bedingen. Ehe wir jedoch einer solchen neuen Anschauung über die molekulare Beschaffenheit Raum geben, wollen wir versuchen, auf Grund einer Theorie von W. C. Röntgen,¹ die gleichfalls eine Änderung in der molekularen Zusammensetzung mit wechselnder Temperatur annimmt, das Verhalten der Zähigkeit in den oben besprochenen Punkten zu erklären. Nach der Ansicht des Genannten besteht das flüssige Wasser aus einem Aggregat von zwei Arten verschieden konstituierter Moleküle. Die Moleküle erster Art, von ihm auch als Eismoleküle bezeichnet, gehen durch Wärmezufuhr in Moleküle zweiter Art über; dieser Vorgang hat eine Volumenverminderung der Mischung zur Folge. Das nicht unterkältete Wasser hält er für eine bei jeder Temperatur gesättigte Lösung von Eismolekülen und nimmt an, daß durch Druck deren Lösungsfähigkeit vermindert wird, was eine Rückbildung von Eismolekülen in Moleküle zweiter Art nach sich zieht. Diese Auffassung, welche zwei verschieden konstituierte Moleküle voraussetzt, dehnt dann Röntgen auf die Konstitution der anderen Flüssigkeiten aus und zwar mit der Modifikation, daß die Einwirkung des Drucks auf die Zahl der Moleküle der einen oder anderen Art von dem Verhalten abhängig ist, welches die betreffende Substanz bei dem Übergang aus dem festen in den flüssigen Zustand aufweist. Findet bei diesem Vorgange eine Kontraktion statt, so soll durch Druck — wie bei dem Wasser — eine Verminderung der Eismoleküle bewirkt werden; ist andererseits das Schmelzen mit einer Ausdehnung der Substanz verbunden, so soll sich der Einfluß des Druckes in entgegengesetztem Sinne geltend machen.

Gerechtfertigt wird diese Hypothese über die molekulare Konstitution durch den Umstand, daß es mit ihrer Hilfe gelingt, folgende Anomalien bei dem Wasser zu erklären:

1. die Existenz des Dichtemaximums bei 4°,
2. die Abnahme der Kompressibilität in dem Temperaturintervall von 0° bis 50° mit zunehmender Temperatur,
3. die Zunahme des thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen 0° und 50° mit dem Druck,
4. die Verminderung der Viscosität bei 18° durch verstärkten Druck.

Bezüglich der Viscosität stützt Röntgen seine Erörterungen auf die Thatsache, daß wässrige Lösungen in den meisten Fällen eine größere Reibung als reines Wasser besitzen, und daß die Zähigkeit mit der Konzentration der Lösungen bis zu einem gewissen Grade zunimmt. Das Wasser ist als eine um so gesättigtere Lösung anzusehen, je mehr Eismoleküle es enthält; eine Vermehrung der letzteren wird also die Reibung vergrößern. Damit erklärt sich die Verminderung der Viscosität des Wassers bei 18° durch verstärkten Druck, da der letztere die Zahl der Eismoleküle verringert.

1) Wied. Ann. 45, p. 91; 1892.

Weiter wird eine Abnahme der Temperatur bei allen Flüssigkeiten von einer Vermehrung der Eismoleküle begleitet sein und somit eine Zunahme der inneren Reibung veranlassen. Speziell beim Wasser wird ein Durchgang der Temperatur durch 4° hieran nichts ändern; die Zähigkeit wird mit dem Fall der Temperatur stetig wachsen. Daneben bleibt die Thatsache des Dichtigkeitsmaximums bei 4° verständlich, wenn man beachtet, daß die Bildung von Eismolekülen eine Dilatation der Flüssigkeit zur Folge hat, welche oberhalb 4° kleiner ist als die allgemeine durch Wärmeabgabe bewirkte Kontraktion, dagegen unterhalb 4° die letztere überwiegt.

Wenden wir uns zu der Tafel zurück, in welcher der Temperaturkoeffizient der Zähigkeit mit dem der Dichte zusammengestellt ist, so haben wir daselbst konstatiert, daß der kleinste Wert von $\Delta\eta$ mit dem größten Werte von Δs sich zusammenfindet. Diese Thatsache paßt gleichfalls gut in den Rahmen der vorstehenden Auffassung. Der kleine Temperaturkoeffizient der inneren Reibung weist auf eine geringere Abnahme von Eismolekülen und demnach auf eine weniger starke Kontraktion hin; die allgemeine durch die Wärme bewirkte Dilatation wird also hier in geringerem Maße kompensiert.

Für die Zähigkeits-Erscheinungen, bei denen die Änderung der Dichte zur Erklärung nicht ausreichte, giebt sonach die Hypothese von Röntgen einen befriedigenden Aufschluß.

Die experimentellen Untersuchungen der vorstehenden Arbeit sind in dem physikalischen Laboratorium der hiesigen Universität ausgeführt worden. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Professor Dr. Dorn für die mir gütigst gewährte Unterstützung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Jahresbericht

über das

Asium und die Realschule

ankeschen Stiftungen zu Halle a. S.

uljahr von Ostern 1894 bis Ostern 1895

von

Prof. Dr. G. Strien,
Direktor.

Hierzu als Beilage von Dr. Bernhard Böllmer:
ffer, Methylalkohol, Aethylalkohol, Aether, Benzol in der Nähe der Siedetemperatur.

Halle a. S.,

Druck der Buchdruckerei des Waisenhauses.

1895.

