

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Das Erdöl von Baku

Engler, Carl

Stuttgart, 1886

VI. Vergleichende Versuche über die Eigenschaften des kaukasischen und des amerikanischen Erdöles

[urn:nbn:de:bsz:31-266612](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266612)

VI. Vergleichende Versuche über die Eigenschaften des kaukasischen und des amerikanischen Erdöles (von C. Engler und Ig. Levin).

Die Frage, inwieweit die Erdöle verschiedener Herkunft, unter für sie gleich günstigen Bedingungen verbrannt, sich durch ihren Leuchtwert von einander unterscheiden, ist bis jetzt noch unbeantwortet. Versuche in dieser Richtung sind zwar schon von verschiedenen Seiten angestellt worden; da aber als Grundlage dabei nur die im Handel zufällig sich findenden Oelsorten, willkürliche und wechselnde Gemische einzelner Theile der betreffenden Erdöle, benutzt wurden, haben sie für die Beantwortung der rein wissenschaftlichen Seite jener Frage nur eine untergeordnete Bedeutung. Es genügt in dieser Hinsicht auch nicht, einzelne gleich siedende Fractionen verschiedener Erdölsorten mittels ein und derselben Lampe auf ihre Leuchtkraft zu vergleichen; denn da diese Einzelfractionen in physikalischer und insbesondere in chemischer Beziehung ungleich sind und demgemäß die Bedingungen, die in einer Lampe in Bezug auf Dochtbeschaffenheit, Luftzufuhr u. dgl. obwalten, rein zufällig der einen Oelsorte mehr angepaßt sind als der anderen, so wird dabei auch das eine Oel immer unter günstigeren Versuchsbedingungen geprüft als das andere. Um einigermaßen vergleichbare Zahlen zu erlangen, müßte jedesmal durch eine ganze Reihe von Versuchen und unter Benutzung von Lampen verschiedenster Construction für jedes einzelne Erdöl, ja wieder für jede Einzelfraction desselben der günstigste Werth der Leuchtkraft festgestellt werden. Apparate, mittels welcher sich die Lichtstärke eines Leuchtstoffes mit gleicher Genauigkeit bestimmen ließe, wie z. B. die Wärmeleistung, gibt es aber nicht und wir sind darauf angewiesen, auszuprobiren, unter welchen Bedingungen die besten Ergebnisse erhalten werden. So wenig aber, als es heute noch Jemandem einfällt, die verschiedenen Brennstoffe auf ein

und demselben Rost auf ihren praktisch nutzbaren Heizwerth zu untersuchen, ebenso wenig sollte man sich damit begnügen, Oele verschiedener Abstammung und mit verschiedenen Mengen der einzelnen Fractionen mittels nur einer Lampe auf ihren Leuchtwerth zu prüfen. Die so benöthigten Versuche werden allerdings langwierig und erfordern eine große Apparatur; da sie aber darum für einen zutreffenden Vergleich nicht weniger nothwendig sind, sollten sie nie unterlassen werden. Wir haben im hiesigen chemisch-technischen Laboratorium eine Versuchsreihe begonnen, bei welcher jene Voraussetzungen berücksichtigt werden und aus denen wir weiter unten einige der erhaltenen Ergebnisse vorläufig zur Mittheilung bringen.

Außer den photometrischen Messungen, welche für Beurtheilung eines Erdöles als Leuchtmaterial selbstredend am maßgebendsten sind, besitzen wir noch eine Reihe von Merkmalen, welche bei Beantwortung der Frage nach dem Werthe und der Brauchbarkeit einer Erdölsorte unter den in unseren gewöhnlichen Lampen herrschenden Bedingungen Anhaltspunkte darbieten. Dazu rechne ich den Gehalt eines Erdöles an einzelnen Fractionen verschiedenen Siedepunktes, die Capillarität und die Schnelligkeit des Aufstieges im Dochte in Verbindung mit der sogenannten Viscosität. Auch diese Merkmale sind bei unseren vergleichenden Versuchen zwischen amerikanischem und kaukasischem Erdöle benutzt worden. Als Versuchsmaterial dienten für amerikanisches Oel: verschiedene Petroleumsorten aus Kleingeschäften der Stadt Karlsruhe und des badischen Landes, für kaukasisches Oel *Nobel'sches* Brennpetroleum, welches von Verkäufern desselben in Berlin, Leipzig und Coburg in Cisternenwagen bezogen war; nur eine Probe ist unmittelbar dem *Nobel'schen* Behälter zu Illowo entnommen.

A) Mengenbestimmung der Einzelfractionen.

Daß beim Brennen in unseren gewöhnlichen Lampen die niedriger siedenden Theile des Petroleums einen größeren Leuchtwerth besitzen als die ganz hoch siedenden, ist eine dem Praktiker schon längst bekannte Thatsache, wurde aber auch in letzter Zeit von dem einen von uns¹⁴, sowie von *Zaloziecki* (vgl. *Dingler's polytechnisches Journal*, 1886 260 127) und von *Thörner*¹⁵ durch photometrische Messungen nach-

¹⁴ Vgl. *Engler, Chemische Industrie*, 1885 S. 44.

¹⁵ Vgl. *Chemiker-Zeitung*, 1886 S. 601.

gewiesen. Da auf der anderen Seite die ganz leicht siedenden Theile des rohen Erdöles die Feuergefährlichkeit des Petroleums erhöhen, müssen in den Raffinerien die leichtsiedenden feuergefährlichen und die schwer-siedenden schlecht brennenden Theile nach Möglichkeit entfernt werden und der Reinheitsgrad eines Handelsöles wird sich nach dem Gehalte an diesen nicht normalen Bestandtheilen eines Brennöles erkennen lassen. Durch das von Reichswegen eingeführte Entflammungsminimum von 21° ist für Deutschland eine gewisse Bürgschaft gegen einen zu hohen Gehalt an leichtflüchtigen Theilen geboten; dagegen können wir uns von dem Gehalte an schwersiedenden Oelen nur durch fractionirte Destillation überzeugen. Von diesem Gesichtspunkte, sowie auch um den ungefähren Gehalt der beiderseitigen Oele an den einzelnen Fractionstheilen kennen zu lernen, sind die weiter unten stehenden Destillationsversuche ausgeführt worden. Wir bedienten uns dabei der Methode, welche in der schon erwähnten Abhandlung in der *Chemischen Industrie* genau beschrieben ist.¹⁶

Um jedoch auch ein vergleichendes Bild von dem Gehalte der verschiedenen rohen Erdöle an normalen Brennölbestandtheilen zu erlangen, wurden einige in unserem Besitze befindliche grosstheils selbst entnommene rohe Oele¹⁷ unter gleichen Bedingungen der Destillation unterworfen und ergaben dabei in 100^{cc} die in Tabelle I S. 66 ersichtlichen Werthe.

Die zweite Tabelle S. 67 enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse von Destillationsversuchen mit Brennpetroleumsorten aus schon oben angeführten Bezugsquellen, und zwar für 100 Th. Oel in cc bezieh. in g ausgedrückt.

¹⁶ Destillation von 100^{cc} Oel in gewöhnlichem Siedekölbchen von bestimmter Gröfse und mit vorgeschriebener Geschwindigkeit. Das Sieden bis zu bestimmten Temperaturgraden (z. B. 150, 200, 250, 300°) wird dabei so oft wiederholt, als nach jedesmal vorausgegangener Abkühlung beim Weiterkochen bis zu dem betreffenden Temperaturgrade noch merkliche Mengen überdestilliren.

¹⁷ Das eine der pennsylvanischen Oele (Nr. I) ist (1886) aus einer deutschen Raffinerie, das andere, Nr. II, unmittelbar auf privatem Wege (1881) entnommen.

Tabelle I.

Rohes Erdöl von	cc oder g	Sp. Gew. bei 17°	Beginn des Siedens	bis 130°	130/150°	150/170°	170/190°	190/210°	210/230°	230/250°	250/270°	270/290°	290/300°	bis 150°	150/300°	über 300°
Pennsylvanien I . . .	cc	0,8175	829	15	6	5	5	5	5,75	4,75	6	4,75	2	21	38,25	40,75
	g			10,0	4,6	4,0	4,0	4,1	4,5	3,8	5	4,0	1,7	14,6	31,1	
Pennsylvanien II . . .	cc	0,8010	740	24,5	7	4,5	4,5	6,5	5	4,75	3,25	4	2,5	31,5	35,0	33,5
	g			16,8	4,7	3,2	3,3	4,8	4,3	4,2	3,0	3,9	2,5	21,5	29,2	
Galizien (Sloboda) . . .	cc	0,8235	900	16	10,5	10,25	6,5	6,5	7	6,75	6	3,5	0,5	26,5	47	26,5
	g			11,3	7,6	7,6	5,2	5,3	5,6	5,5	5,6	2,8	0,45	18,9	38,05	
Baku (Bibieybat) . . .	cc	0,8590	910	16	7	6,5	6,5	5	5	5	5,5	3,5	1	23	38	39
	g			11	5,7	4,9	5,1	4,1	4,2	4,2	4,7	3,1	0,9	16,7	31,2	
Baku (Balakhani) . . .	cc	0,8710	1050	3,75	4,75	5,5	4,75	5,25	5,0	7	4,75	5,5	1,75	8,5	39,5	52
	g			2,7	3,4	4,3	4	4,3	4,1	5,6	4,1	4,6	1,6	6,1	32,6	
Elsafs (Pechelbronn) . . .	cc	0,9075	1350	—	3	4,4	5,4	4,5	6,6	7,3	7	10,3	4,5	3	50	47
	g			—	2,2	3,3	4,1	3,5	5,3	5,9	5,8	9,7	4,0	2,2	41,6	
Hannover (Oellheim) . . .	cc	0,8990	1700	—	—	—	4,75	5,25	6	4	5	5	2	—	32	68
	g			—	—	—	3,2	2,6	4,8	3,4	4,3	4,3	1,8	—	24,4	

Dafs die aus dieser Tabelle zu entnehmenden Gehalte an Essenzen (bis 150°), Brennöl (150/300°) und Rückstand (über 300°) sich mit den früher mitgetheilten Raffinationsausbeuten nicht decken, ist selbstverständlich, da beim Raffiniren zum Brennöl immer auch noch wechselnde Mengen der wechselnden Fraktionen der Essenzen und der Rückstände hinzugenommen werden.

Obgleich aus diesen Ergebnissen hervorgeht, dafs, wie schon in einer früheren Mittheilung dargethan worden ist, der Raffinationsgrad der kaukasischen Brennöle ein erheblich höherer ist als derjenige der amerikanischen, kann daraus doch im vornherein noch nicht geschlossen werden, dafs der Leuchtwert zu diesem Raffinationsgrade in direktem Verhältnifs steht. Bei der allgemein bekannten Thatsache vielmehr, wonach die Einzelfractionen gleichen Siedepunktes verschiedener Erdöle von verschiedener physikalischer und chemischer Beschaffenheit sind, mufs angenommen werden, dafs diese Einzelfractionen beim Verbrennen eine verschiedene Lichtstärke zeigen, und es ist sehr wohl möglich, wenn auch bis jetzt noch nicht nachgewiesen, dafs die unmittelbar über 290⁰ siedenden Theile des amerikanischen Erdöles die Lichtstärke der eigentlichen Brennölfraction weniger beeinträchtigen, als dies bei dem kaukasischen der Fall ist. Auch die Entflammungspunkte der durch Destillation gewonnenen beiderseitigen Brennölfractionen weisen auf Verschiedenheiten in dieser Beziehung hin. Die Fraction 150/290⁰ zeigte nämlich:

	Spec. Gew.	Entfl.-Punkt
Kaukasisches Erdöl Nr. I	0,825	45,5 ⁰
Amerikanisches Erdöl Nr. I	0,805	29
Desgleichen Nr. II	0,800	28

Bei so großer Verschiedenheit in der Tension der gleichsiedenden Mittelfractionen, die ja doch ohne Zweifel auch mit der Leichtigkeit der Verbrennung in unmittelbarer Beziehung steht, ist zu erwarten, dafs gleiche Mengen über 290⁰ siedender Theile, zu der eigentlichen Leuchtölfraction (150/290⁰) gesetzt, bei Oelen verschiedener Abstammung auch einen verschiedenen Einfluß in Bezug auf die Lichtwirkung bedingen. Immerhin jedoch bleibt die Thatsache bestehen, dafs der Raffinationsgrad der im Handel befindlichen kaukasischen Erdöle ein ungleich höherer als derjenige der amerikanischen ist; denn die unter 150⁰ und über 290⁰ siedenden Beimischungen betragen bei ersteren im Mittel zusammen nur 13,4, bei letzteren aber 42,9. Man läßt eben in den amerikanischen Raffinerien absichtlich soviel als irgend möglich von den minderwerthigen, zu leicht und zu schwer siedenden Theilen bei dem eigentlichen Normalpetroleum und hebt dadurch scheinbar die beiderseitigen ungünstigen Einflüsse auf: die zu leichte Entflammbarkeit der leichten Essenzen durch einen hohen Gehalt an schweren Oelen und das zu

hohe spezifische Gewicht und die zu große Dickflüssigkeit der schweren Oele durch die entgegengesetzten Eigenschaften der leichten Essenzen. Daß diese Wirkung aber in Bezug auf die Lichtstärke eine nur scheinbare, den Verbraucher also schädigende ist, werden die folgenden Versuche zeigen.

B) Vergleichende Messungen der Leuchtkraft des kaukasischen und des amerikanischen Petroleums sowie einzelner Fractionen derselben.

Durch die folgenden Versuche soll die Frage beantwortet werden, inwieweit sich die im Handel befindlichen kaukasischen und amerikanischen Brenn-Petroleumsorten hinsichtlich ihres Leuchtwertes von einander unterscheiden, sowie auch, in welchem Grade einzelne Fractionen dieser Oele die Lichtwirkung derselben beeinflussen.

Als Versuchslampen bedienten wir uns dabei zweier Lampensysteme, von welchen das erstere für kaukasisches, das andere für amerikanisches Erdöl als bewährt gilt: „Verbesserter Kosmosbrenner“ von *Schuster und Baer* in Berlin und Kosmos-Rundbrenner von *Wild und Wessel* daselbst. Die Lichtmessungen wurden mit *Bunsen's* Photometer unter Anwendung der deutschen Normal-Paraffinkerze und Reduction der Ablesungen auf 50mm Flammenhöhe ausgeführt. Die Versuchsöle sind für diese und alle folgenden Versuche dieselben wie die oben mit denselben Nummern bezeichneten:

Kaukasisches Brennpe- troleum aus dem Nobel- schen Behälter zu Illowo	Art des Erdöles	Art des Brenners	Nr. des Erdötes	% Gehalt an		Lichtstärke in der 1. Stunde	Lichtstärke am Ende des Versuches	Mittlere Licht- stärke aus 40 Ablesungen	Dauer des Ver- suches Stunden	g. Oelverbrauch für 4 NK und Stunde	g. Gewicht des Kohlenringes
				normalem Brennöl (150 bis 2900)	schwer sied. Theilen (über 3100)						
Verbesserte Kosmosbr. von <i>Schuster und Baer</i> 14 Lin. 10 Lin.	Brenner von <i>Wild und Wessel</i> 14 Lin. 10 Lin.	I	I	89	5	8,35	7,6	7,86	5	3,76	0,064
			II	82,25	6,75	8,4	7,8	7,93	6	3,8	0,050
		II	I			9,0	7,1	8,6	5	4,04	0,132
			II			9,2	7,2	8,8	6 1/2	4,5	0,107
	I	I			10,1	9,4	9,72	6 3/4	3,8	0,020	
		I			11,65	10,7	11,0	5	4,1	0,024	

Art des Erdöles	Art des Brenners	Nr. des Erdöles	% Gehalt an normalen Brennstoff (150 bis 200°)		% Gehalt an schwer sied. Theilen (über 300°)	Lichtstärke in der 4. Stunde	Lichtstärke am Ende des Versuches	Mittlere Lichtstärke aus 10 Ableesungen	Dauer des Versuches Stunden	g. Oelverbrauch für 1 NK und Stunde	g. Gewicht des Kohlenringes
			I	II							
Amerikanisches Brennpetroleum aus der Stadt Karlsruhe	Kleiner Brenner von Wild und Wessel 40 Linien	I	58	28		8,65	7,0	7,6	7 1/4	4,1	0,0849
		II	60,05	24,15		8,55	6,5	7,72	7 1/2	3,7	0,062
		III	64,5	20,5		9,15	6,8	7,8	5 1/4	4,0	0,0585
	Großer Brenner von Wild und Wessel 4 1/2 Linien	I				10,95	8,2	9,82	5	4,1	0,078
		II				11,9	8,8	10,0	8 1/4	4,3	0,126
		III				10,95	8,8	10,1	5 1/2	4,6	0,100
	Verbesserte Kosmosbr. von Schuster und Baer 4 1/2 Lin., 10 Lin.	I				9,4	7,8	8,0	6	4,2	0,0832
		I				11,3	8,6	9,4	5	5,7	0,104

Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs: 1) das kaukasische Erdöl, auf den dafür eingerichteten Lampen verbrannt, zum Mindesten ebenso hell brennt wie das amerikanische auf entsprechender Lampe; 2) dafs zwar die anfängliche Lichtwirkung beim amerikanischen Oele gröfser ist als beim kaukasischen, dafs aber auch eine entsprechend stärkere Abnahme des Leuchtens der Flamme eintritt, so dafs am Ende des Versuches das kaukasische Oel durchweg eine hellere Flamme zeigt als das amerikanische; 3) dafs der Oelverbrauch zur Erzeugung gleicher Lichtmengen bei beiden Oelarten ungefähr gleich, eher aber beim kaukasischen geringer ist als beim amerikanischen; 4) dafs die amerikanischen Oele auf der Lampe für kaukasisches Oel und die kaukasischen auf der Lampe für amerikanisches im Allgemeinen mit geringerer Lichtwirkung brennen.

Dabei mufs besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die amerikanischen Oele auf den mit stärkerer Luftzufuhr versehenen Lampen für kaukasische Oele zwar verhältnismäfsig heller brennen als die kaukasischen Oele auf amerikanischer Lampe, dafs aber, wie aus der entsprechenden Tabellenspalte leicht zu ersehen, der Oelverbrauch für gleiche Lichtmengen sich beim amerikanischen, jedenfalls in Folge zu heftigen und raschen Brennens, erheblich steigert, dagegen beim kaukasischen eher zurückgeht; d. h. also, man würde unter Anwendung verschieden grofser amerikanischer Brenner, auf denen aber beide Oelarten unter Ausstrahlung gleicher Lichtmengen brennen, weniger vom kaukasischen Erdöl verbrauchen als vom amerikanischen, wobei allerdings betont werden mufs, dafs dann die Flamme des kaukasischen

Oeles weniger schön und weiß ist, als wenn man die Oele auf ihren zugehörigen Lampen verbrennt. Kurz, jede Erdölsorte verlangt ihren besonderen Brenner, ihre besondere Lampe.

Um vorläufig festzustellen, welche Fractionen des Handelspetroleums für gegebene Lampenverhältnisse die lichtgebendsten sind, wurden die einzelnen, innerhalb 50° siedenden Theile des eigentlichen Leuchtöles auf ihre Leuchtkraft in gleichen Lampen wie oben geprüft:

Kaukasisches Petroleum.

Fractionen	Nr. des Erdöles	Spec. Gewicht	Entflammungs- punkt	Lichtstärke in der 4. Stunde	Lichtstärke am Ende des Ver- suches	Mittlere Licht- stärke aus 10 Ablesungen	Dauer des Ver- suches Stunden	g Oelverbrauch für 1 NK und 1 Stunde	g Gewicht des Kohlenringes
1) Versuche mit 10-Linien-Brenner von <i>Wild und Wessel</i>									
150 bis 200°	I	0,805	31	9,7	9,4	9,5	5¼	4,0	nicht wägbar
200 bis 250°	I	0,835	63	7,9	7,0	7,4	6½	4,0	0,073
250 bis 300°	I	0,850	—	7,5	4,7	6,3	7	3,4	0,104
150 bis 300°	I	0,825	45,5	8,65	7,9	8,1	5	4,0	0,053
Alles Oel ausschl. der bis 150° sied. Th.	I	0,830	46	8,0	7,1	7,4	5	4,0	0,072
Alles Oel ausschl. der über 300° sied. Th.	I	0,820	26,5	9,1	8,6	8,8	6	4,1	nicht wägbar
2) Versuche mit 10-Linien- „Verbess. Kosmosbrenner“ von <i>Schuster und Baer</i>									
150 bis 200°	I	—	—	10,85	10,45	10,6	9½	3,9	nicht wägbar
200 bis 250°	I	—	—	9,95	9,25	9,5	6½	3,0	nicht wägbar
250 bis 300°	I	—	—	9,4	6,8	7,56	9½	3,0	0,071
150 bis 300°	I	—	—	10,3	9,7	9,9	6	3,7	0,024
Alles Oel ausschl. der bis 150° sied. Th.	I	—	—	10,1	9,3	9,7	5	3,8	0,042
Alles Oel ausschl. der über 300° sied. Th.	I	—	—	10,85	10,55	10,57	6½	3,9	nicht wägbar

Amerikanisches Petroleum.

Versuche mit 10-Linien-Brenner von <i>Wild und Wessel</i>									
150 bis 200°	I	0,795	27	9,35	8,6	8,8	6	3,9	nicht wägbar
	II	0,7905	26,5	9,4	8,4	8,7	6⅓	3,8	wägbar
200 bis 250°	I	0,815	41,5	8,4	6,9	8,0	7¼	3,7	0,064
	II	0,810	39,0	8,5	7,0	8,0	5	3,85	0,059
250 bis 300°	I	0,825	—	7,5	6,3	7,1	6	3,7	0,103
	II	0,825	—	7,6	6,0	6,9	6	3,7	0,102
150 bis 300°	I	0,805	29	9,3	7,7	8,2	6½	3,8	0,023
	II	0,800	28	9,2	7,9	8,3	6	3,9	0,020
Alles Oel ausschl. der bis 150° sied. Th.	I	0,810	32	8,1	5,0	6,5	6½	4,0	0,140
	II	0,805	31	7,8	5,4	6,7	6	4,1	0,095
Alles Oel ausschl. der über 300° sied. Th.	I	0,800	19,5	8,7	7,8	8,4	6½	4,03	nicht wägbar
	II	0,800	18,5	9,05	8,0	8,4	6⅓	4,2	wägbar

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, dafs unter Anwendung der näher bezeichneten Lampenconstructions: 1) die niedriger siedenden Theile aller Petroleumsorten lichtgebender sind als die höher siedenden; 2) dieser Unterschied gröfser ist beim kaukasischen als beim amerikanischen; 3) die mittlere Leuchtkraft und der Oelverbrauch der Einzel-fractionen zur Erzeugung gleicher Lichtmengen unter Anwendung entsprechender Lampen und bei 6 bis 7stündiger Brennzeit sich etwas günstiger stellt beim kaukasischen Erdöle; 4) der Rückgang der Leuchtkraft während mehrstündigen Brennens ungleich stärker ist bei der Fraction 250 bis 300^o als bei der von 150 bis 200^o und 200 bis 250^o und dafs dieser Rückgang bezüglich der ersteren Fraction (250/300^o) ein erheblich stärkerer ist beim kaukasischen (von 7,5 auf 4,7 bezieh. 9,4 auf 6,8) als beim amerikanischen (von 7,5 bis 7,6 auf 6,0 bis 6,3); 5) dafs dagegen das umgekehrte Verhältnifs statthat in Bezug auf die beiden niedriger siedenden Fractionen, sowie die gesammte, das eigentliche Leuchtöl in sich schließende Mittelfraction 150 bis 300^o, indem Fraction 150 bis 300^o des kaukasischen Oeles, mit verbessertem Kosmosbrenner geprüft, während 6stündigen Brennens nur von 10,3 auf 9,7, des amerikanischen Oeles in *Wild und Wessel*'scher Lampe dagegen von 9,2 bis 9,3 auf 7,7 bis 7,9 Lichtstärken zurückging; 6) dafs die unter 150^o siedenden Theile des kaukasischen Handelspetroleums viel weniger zu dessen Leuchtkraft beitragen als beim amerikanischen und 7) die schweren, über 300^o siedenden Theile die Leuchtkraft des kaukasischen Handelspetroleums viel weniger beeinträchtigen als diejenige des amerikanischen, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dafs das amerikanische Handelspetroleum viel mehr von diesen schweren Oelen enthält (im Mittel obiger Versuche 25 Proc.) als das kaukasische (etwa 5 Proc.).

Inwieweit *gleiche* Mengen der über 290 oder 300^o siedenden Schweröle die Leuchtkraft beider Oelsorten beeinträchtigen, haben wir noch nicht untersucht, vermuthen jedoch nach weiter oben gegebener Darlegung, sowie auf Grund der Ergebnisse mit Fraction 250/300^o (unter 4), dafs dabei das amerikanische etwas günstigere Werthe geben wird als das kaukasische. Für Beurtheilung der praktisch nutzbaren Leuchtkraft der Handelswaare kommt dies jedoch nicht in Betracht; denn thatsächlich haben wir in den gewöhnlichen Petroleumsorten beim amerikanischen Erdöle mit weit gröfseren Mengen jener lighthemmenden Schweröle zu rechnen als beim kaukasischen; auch hat der eine von uns in der

Chemischen Industrie, 1885 S. 44, schon früher nachgewiesen, was auch durch die in obiger Tabelle aufgeführten Entflammungspunkte bestätigt wird, daß, wenn man die Schweröle aus dem amerikanischen Handelspetroleum beseitigt, der Entflammungspunkt derselben unter die gesetzlich gestattete Entflammungsgrenze von 21° heruntergedrückt wird, so daß mit Beseitigung der Schweröle auch eine entsprechende Menge der leichtesten Essenzen entfernt werden muß, was selbstverständlich eine Vertheuerung der Waare zur Folge hat. Ein Gleiches tritt bei dem in Deutschland verkauften kaukasischen Petroleum der *Gebrüder Nobel* nicht ein, da dort, wie obige Tabellen zeigen, durch Entfernung der über 300° siedenden Theile der Entflammungspunkt nur auf $26,5^{\circ}$ heruntersinkt.

C) Ueber den Aufstieg des Oeles im Dochte.

Das Aufsteigen des Oeles im Dochte ist in erster Linie abhängig von der Capillarität und von der Zähflüssigkeit des Oeles, sowie auch von der Beschaffenheit des Dochtes. Je stärker die Capillarität, desto höher wird das Oel im Dochte in die Höhe steigen, wobei selbstverständlich auch das specifische Gewicht des Oeles seinen Einfluß geltend macht, und je dünnflüssiger das Oel, um so rascher wird es in die Höhe gehen. Durch Bestimmung der Capillarität und der sogen. „Viscosität“ (Klebrigkeit) erhält man Anhaltspunkte für Beurtheilung verschiedener Oelsorten hinsichtlich ihres Verhaltens beim Brennen. Während des Brennens des Oeles in der Lampe ist, wie *Zaloziecki* (vgl. *Dingler's polytechnisches Journal*, 1886 260 127) zuerst hervorgehoben hat, die Raschheit des Aufstieges im Dochte auch noch von der Schnelligkeit bezieh. Stärke der Verbrennung abhängig. Selbstverständlich aber kann der letztere Einfluß nicht allein maßgebend sein, denn auch bei leichtester Brennbarkeit des Oeles wird die Flamme oben am Dochte schlecht brennen, wenn dieselbe zu hoch über dem Oelspiegel steht, das Nachsaugen in dem langen herausragenden Dochtstücke also einem zu großen Widerstande begegnet und in Folge dessen nicht genügend Oel zugeführt wird, oder wenn der Docht selbst von ungünstiger Capillarbeschaffenheit ist.

Ogleich wir uns von vornherein gesagt haben, daß es für die Beurtheilung ausreichender Speisung der Flamme mehr darauf ankommen muß, wie rasch das Oel bis zu den in unseren Lampen üblichen Dochtstellungen in die Höhe geht, als wie hoch in einem leeren Dochte das-

selbe überhaupt emporzusteigen im Stande ist, erschien es uns dennoch von wissenschaftlichem Interesse, die beiden Erdölsorten und einzelne ihrer Fractionen auch in letzterer Beziehung einer kurzen vergleichenden Prüfung zu unterziehen.

Bei diesen Versuchen zur Ermittlung der Capillarität bedienten wir uns, da am Dochte selbst genaue Beobachtungen nicht zu machen waren, kleiner Glasecapillaren, wobei immer dieselben drei verschieden weiten, in ihrem Durchmesser genau gemessenen Röhrchen mit eingätzter Millimetertheilung zur Anwendung kamen. Die Röhrchen wurden bei immer derselben Temperatur (17°) mit ihrem Nullpunkte auf den Flüssigkeitsspiegel eingestellt und die Steighöhen an den Theilungen abgelesen. Die unten aufgeführten Zahlen sind Mittel aus je drei solcher Einzelbestimmungen mit den drei verschieden weiten Röhrchen. Durch Vergleichsversuche, wobei wir das Röhrchen nach jedesmaligem Versuche genau an der Stelle, bis zu welcher das Oel gestiegen war, abschnitten und genau maßen, wurde die Zuverlässigkeit unseres Verfahrens festgestellt.

Bedeutet h die Steighöhe, s das specifische Gewicht der Flüssigkeit, r den Radius des Capillarröhrchens und α die Capillarconstante, so ist:

$$hr = \frac{2\alpha}{s} \quad \text{oder} \quad \alpha = \frac{hrs}{2}.$$

In dieser Art berechnet, ergaben sich bei Prüfung je zweier Petroleumsorten und deren Fractionen die folgenden Capillarconstanten (α auf durch 2 theilbare Hundertel abgerundet):

Nr.	Ganzes Oel	Ganzes Oel ohne Fract. unter 150°	Fraction 150 bis 300°	Fraction unter 300°	Dieselbe + 10 % Rückstände	Dieselbe + 20 % Rückstände	Dieselbe + 30 % Rückst.
Kaukasisches Brennpetroleum							
I	$\alpha = 2,69$	2,60	2,68	2,65	2,65	2,60	2,60
II	$\alpha = 2,63$	2,64	2,62	2,69	2,59	2,62	2,58
Mittel	$\alpha = 2,66$	2,62	2,65	2,67	2,62	2,61	2,59
Amerikanisches Brennpetroleum							
I	$\alpha = 2,56$	2,52	2,58	2,61	2,54	2,53	2,50
II	$\alpha = 2,64$	2,60	2,60	2,65	2,60	2,57	2,48
Mittel	$\alpha = 2,60$	2,56	2,59	2,63	2,57	2,55	2,49

Diese Versuchszahlen ergeben, daß ein nennenswerther Unterschied in Bezug auf Capillarität zwischen den beiden Petroleumsorten nicht besteht, sie also in Dochten ungefähr gleich hoch steigen, daß aber die schwer siedenden Fractionen die Capillarkraft der Erdöle etwas vermindern.

Um die für den praktischen Gebrauch des Erdöles jedenfalls viel

wichtigere *Schnelligkeit des Aufstieges im Dochte* zu bestimmen, war es das Nächstliegende und Einfachste, die Beobachtungen an den Erdölen und dessen Fractionen mit dem Dochte selbst anzustellen. Wir verwendeten dabei immer ein und dieselbe Dochtsorte, bei jedesmaligem Versuche immer neu und besonders getrocknet, von 5 zu 5^{cm} mit aufgezeichneten Marken versehen. Bei jedesmaligem Versuche wurde der Docht bis zur ersten als Nullpunkt gerechneten Marke senkrecht in das Oel eingehängt und dann die Zeit in Minuten (*t*), am besten bei Lampenlicht, bestimmt, welche das Oel gebrauchte, um bis zur Marke 10 und 15^{cm} emporzusteigen:

Aufstieg	Ganzes Oel	Ganzes Oel ohne Fract. unter 150°	Fraction 150 bis 300°	Fraction unter 300°	Dieselbe +10 % Rückstände	Dieselbe +20 % Rückstände	Dieselbe +30 % Rückst.
Kaukasisches Brennpetroleum							
bis 10 ^{cm}	<i>t</i> = 3,5	4	3,5	2,5	3,5	4	5
„ 15 ^{cm}	<i>t</i> = 8,75	10,5	9,5	8	9,5	11	11
Amerikanisches Brennpetroleum							
bis 10 ^{cm}	<i>t</i> = 4	4,75	3,5	3,5	4	4,5	6
„ 15 ^{cm}	<i>t</i> = 11	13,5	10,5	10	12	13	15

Diese Versuche beweisen, daß die Erdöle um so langsamer im Dochte in die Höhe steigen, je mehr schwersiedende Theile sie enthalten, und außerdem, daß die Schnelligkeit des Aufstieges trotz höheren specifischen Gewichtes (0,820) etwas größer ist beim kaukasischen als beim amerikanischen (0,805 sp. G.). Zeigt uns dieses letztere Ergebnis, daß die Schnelligkeit des Aufstieges bei den beiderseitigen Brennpetroleumsorten nicht im Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte steht, so führt die erstere Thatsache zu der Schlußfolgerung, daß, da die Klebrigkeit (Viscosität) der Fractionen ein und derselben Oelsorte mit steigendem Siedepunkte und damit auch steigendem specifischem Gewichte zunimmt, die Raschheit des Dochtaufstieges direkt abhängig ist von der Viscosität der betreffenden Oele und Oelfractionen.

Um diese Schlußfolgerung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, haben wir zunächst dieselben kaukasischen und amerikanischen Brennöle auf ihre Viscosität geprüft und dabei gefunden (*Engler's* Apparat, vgl. *D. p. J.* 1885 258 * 126, Wasser = 1 gesetzt), daß das kaukasische Brennöl die Viscosität 1,07, das amerikanische die von 1,15 besitzt. Trotz geringeren specifischen Gewichtes ist also das amerikanische Erdöl des Handels etwas dickflüssiger und dem entsprechend steigt es in Folge größeren Reibungswiderstandes auch langsamer im Dochte in die Höhe.

Noch deutlicher geht die Richtigkeit dieses Satzes aus den folgenden Versuchen mit Oelen von sehr abweichenden Viscositätsgraden hervor:

	Sp. Gew.	Viscosität	Zeit des Aufstieges bis 10cm . . . 10 Min.
Sächsisches Paraffinöl, hell	0,855	1,37	15 . . 29
Sächsisches Gasöl	0,900	2,46	10 . . 17,5 15 . . 45
Gemischtes Mineralöl	0,885	3,65	10 . . 28 15 . . 84

Um endlich die Unabhängigkeit der Schnelligkeit des Dochtaufstieges von dem specifischen Gewicht, soweit überhaupt die Ergebnisse unserer Viscositätsbestimmungen von dem specifischen Gewichte unabhängig sind, darzuthun, mögen noch die folgenden Versuche mit Oelen von sehr verschiedenen Viscositätsgraden dienen. Dabei wurden in drei in gleicher Weise durchgeführten Versuchsreihen kaukasisches und amerikanisches Brennpetroleum, sowie sächsisches Solaröl durch leichtes bezieh. schweres Mineralöl einmal auf das specifische Gewicht 0,800 des amerikanischen, das zweite Mal auf das von 0,825 des kaukasischen Erdöles, das dritte Mal auf das von 0,830 des sächsischen Mineralöles (immer bei 17°) gebracht und dann mit jeder derart vorgerichteten Oelsorte das Verhältniß zwischen Viscosität und Dochtaufstieg festgestellt:

Oelsorte	Spec. Gew. = 0,800			Spec. Gew. = 0,825			Spec. Gew. = 0,830		
	Visco- sität	10 cm	15 cm	Visco- sität	10 cm	15 cm	Visco- sität	10 cm	15 cm
Amerikanisches Erdöl . . .	1,12	4	11 Min.	1,32	6	15 Min.	1,40	6,5	16,5 Min.
Kaukasisches Erdöl	1,00	3	8	1,08	3,5	8,5	1,11	4	10,5
Sächsisches Solaröl	0,98	2,5	7	1,04	3	7,5	1,09	3,5	8,5

Immer war bei diesen Versuchen das amerikanische Petroleum trotz gleicher specifischer Gewichte das dickflüssigste und in gleicher Weise stieg dasselbe auch in allen Fällen am langsamsten im Dochte in die Höhe. Auch läßt die Versuchsreihe deutlich erkennen, wie die Steigzeiten bei Oelen gleicher Viscosität thatsächlich auch die gleichen sind: z. B. kaukasisches Oel mit 0,825 sp. G. und 1,08 Viscosität, sowie Solaröl mit 0,830 sp. G. und 1,09 Viscosität zeigen beide die Steigzeiten 3,5 bezieh. 8,5 Minuten u. s. w. *Demnach läßt sich also durch eine Viscositätsbestimmung auch die Schnelligkeit des Aufstieges im Dochte feststellen, denn je höher der Viscositätsgrad, um so langsamer der Aufstieg im Dochte.*

Da unter Anwendung unseres Viscosimeters für Schmieröle die Zeitunterschiede des Auslaufes verschiedener Brennpetroleumsorten zu gering ausfallen, verwenden wir jetzt dabei immer einen der oben genannten

Apparate (zu beziehen von *C. Desaga* in Heidelberg) mit auf 1^{mm},8 verengter Auslaufspitze. *Nobel'sches* Brennöl fließt aus einem solchen Apparate um 20 bis 30 Secunden rascher ab als amerikanisches.

Dafs während des Brennens die Schnelligkeit des Aufstieges lediglich durch den Oelverbrauch in der Flamme, also durch die Schnelligkeit des Brennens geregelt wird, worauf zuerst *Zalociecki* hingewiesen hat, muß unbedingt als richtig anerkannt werden; nur muß selbstverständlich dabei die Viscosität des Oeles so gering bezieh. sein spezifisches Vermögen, rasch im Dochte in die Höhe zu steigen, so groß sein, dafs eine genügende Speisung der Flamme überhaupt möglich ist. Auch unsere besten Erdöle brennen nicht mehr auf Lampen, bei denen beispielsweise die Flamme 40^{cm} über dem Oelspiegel steht, obgleich das Oel weit höher als 40^{cm} im Dochte zu steigen vermag. Aber je höher das Oel steigt, um so langsamer vollzieht sich, was auch aus obigen Versuchen erhellt, dieser Aufstieg in Folge der sich mehrenden Reibung und für jedes Oel besteht deshalb eine Höhengrenze, über welche hinaus dasselbe zwar noch steigt, aber nicht mehr rasch genug steigt, um der Flamme genügend Oel zuzuführen. Je größer die Viscosität, desto niedriger diese Höhengrenze und desto weniger hoch darf der Dochtrand mit der Flamme über den Oelspiegel emporragen. Genügende Luftzufuhr zur Flamme vorausgesetzt, wird man deshalb auch das schwerste Mineralöl auf Lampen verbrennen können, in denen das Oel nur wenig oder gar nicht zu steigen braucht, um zur Flamme zu gelangen.

D) Ueber das Leuchten und über den Rückgang der Leuchtkraft der Flamme während des Brennens.

Ueber die Ursachen des Rückganges der Leuchtkraft während mehrstündigen Brennens des Oeles in einer Lampe herrschen noch verschiedene Ansichten. Man führt dieselben theils zurück auf das Herabsinken des Oelspiegels und dadurch erschwerte Speisung der Flamme durch den immer höher hervorragenden Docht, theils auf eine Verdickung des Oeles in Folge rascherer Verbrennung der leichten Oele gegenüber den schwereren, welche letzteren sich demgemäß in dem rückständigen Oele anreichern und dessen spezifisches Gewicht erhöhen, theils endlich darauf, dafs durch die brennende Flamme an dem Dochtrande ein Kohlen-

ring gebildet wird, welcher den Zutritt und die Vertheilung des aufsteigenden Oeles in der Flamme hemmt und verhindert.

Dafs ein Theil des Rückganges der Leuchtkraft auf Kosten der in Folge sinkenden Oelspiegels sich vergrößernden Steighöhe zu setzen ist, geht aus Untersuchungen von *Biel* (vgl. *D. p. J.* 1879 232 354), *Schmelck* (daselbst 1885 255 39. 79) u. A. deutlich hervor; dafs jedoch dieser Rückgang nur zum kleinen Theile seine Ursache in dem sinkenden Oelspiegel hat, ergibt sich aus früheren Versuchen des einen von uns (*Chemische Industrie*, 1885 S. 47) und ist auch durch neuere Versuche *Thörner's* bestätigt worden.

Darüber jedoch, ob während des Brennens der Lampe das Oel im Behälter in Folge rascheren Abbrennens der leichten Essenzen eine Verdichtung und Verdickung erleidet, gehen die Ansichten noch aus einander. *M. Albrecht*¹⁸, *Junker*¹⁹ und *Thörner*²⁰ können bei gewöhnlichem Brennpetroleum eine irgend ins Gewicht fallende Zunahme des specifischen Gewichtes nicht wahrnehmen und *Thörner* stellt eine solche Abnahme nur fest für Oele mit abnorm hohem Gehalte an leichten Essenzen, während *Zaloziecki* (vgl. 1886 260 134) den Rückgang der Leuchtkraft mit der Zunahme des specifischen Gewichtes in Zusammenhang bringt.

Um uns in dieser Beziehung Gewifsheit zu verschaffen, wurde ein amerikanisches Petroleum mit einem Gehalte von 16 Proc. unter 150° siedender Theile in einer Lampe so lange gebrannt, bis die Oelmenge auf $\frac{1}{5}$ herabgemindert war. Bei einer anfänglichen Lichtstärke von 11,7 und dem specifischen Gewichte (mittels Piknometer bestimmt) von 0,8076 ging die Lichtstärke während 5 $\frac{1}{2}$ stündiger Brennzeit auf 8,3 zurück; dagegen wurde das specifische Gewicht zu 0,8069 gefunden, *es hatte sonach eine über die Fehlergrenze der Bestimmungsmethode hinausgehende Veränderung nicht ergeben.*

Bei der verhältnismäfsig geringen Concentration des Oeles auf $\frac{1}{5}$ konnte der Unterschied möglicherweise so gering sein, dafs er der Beobachtung entging. Deshalb wurden fünf Reste der beschriebenen Art vereinigt, der Behälter der Erdöllampe damit gefüllt und das Ganze nochmals bis auf $\frac{1}{5}$ heruntergebrannt. Jetzt war eine Concentration gegenüber dem ursprünglichen Petroleum auf $\frac{1}{25}$ vorhanden. Auch hier ging die

¹⁸ *Zeitschrift für Paraffinindustrie*, 1879 S. 25.

¹⁹ *Chemiker-Zeitung*, 1883 S. 650.

²⁰ Daselbst 1886 S. 583.

Leuchtkraft während $5\frac{3}{4}$ stündiger Brennzeit von 11,4 auf 8 Lichtstärken zurück, während aber das spezifische Gewicht des Oeles im Behälter zu Anfang und zu Ende 0,8069 betrug, also *unverändert geblieben* war.

Ueber den Einfluss des am Dochte sich ansetzenden Kohlenringes sind die ersten Untersuchungen von dem einen von uns (a. a. O. S. 47) veröffentlicht worden. Es ergab sich daraus, dass die von 11,7 während mehrstündiger Brennzeit auf 6,8 Lichtstärken zurückgegangene Leuchtkraft durch Entfernung des Kohlenringes auch bei niedrigstem Oel-spiegel wieder auf 9,5 gesteigert werden konnte, woraus folgt, dass dem Sinken und der Verdickung des Oeles jedenfalls nur zum geringsten Theile der Rückgang der Leuchtkraft zugeschrieben werden darf.

Auch bei dem obigen Versuche ging nach Verminderung des Oel-volumens durch andauerndes Brennen auf $\frac{1}{25}$ die von 11,4 auf 8 Lichtstärken herabgerückte Leuchtkraft wieder auf 11,5 in die Höhe, nachdem der Kohlenring entfernt worden war, trotzdem nur noch ein kleiner Oelrest im Behälter sich befand.

Dass die Menge der sich ausscheidenden Kohle am Dochte von der Menge der im Petroleum enthaltenen schweren Oele abhängt, ist ebenfalls schon vor längerer Zeit im hiesigen Laboratorium (a. a. O.) festgestellt, in neuerer Zeit von *Zaloziecki* und von *Thörner* bestätigt worden. Auch die oben mitgetheilten Versuche, bei welchen die Menge der ausgeschiedenen, mit Petroläther gewaschenen und getrockneten Kohle durch unmittelbare Wägung ermittelt wurde, beweisen die Richtigkeit jenes Satzes. Ganz besonders aber springt bei der photometrischen Prüfung der Einzelfractionen in die Augen, wie mit zunehmendem specifischem Gewichte und steigender Siedetemperatur die Menge der ausgeschiedenen Kohle zunimmt: die Fractionen 150 bis 200^o geben nicht wägbare Mengen, diejenigen von 250 bis 300^o meist über 0,1 Kohle. Desgleichen hat man starke Kohlenausscheidung, wenn vom Brennpetroleum nur die unter 150^o siedenden leichten Essenzen, dagegen fast gar keine Kohlenbildung, wenn die über 300^o siedenden Theile abgetrennt sind. Ziemlich parallel mit der ausgeschiedenen Kohlenmenge am Dochte verläuft der Rückgang der Leuchtkraft der Flamme, d. h. wo viel Kohle, da starker Rückgang.

Aus denselben Versuchen ist aber auch noch der Schluss zu ziehen, dass die Ausscheidung der Kohle nicht blofs abhängig ist von dem Schwerölgehalte des Petroleums, denn ein und dasselbe Erdöl gibt auf

der einen Lampe einen starken, auf einer anderen einen nur schwachen Kohlenring; so z. B. das kaukasische Oel (vgl. oben S. 69) mittels des 14-Linien-Brenners von *Wild und Wessel* bis 0 $\frac{6}{10}$,132, mit dem Brenner von *Schuster und Baer* aber, welcher stärkere Luftzufuhr hat, nur 0 $\frac{6}{10}$,024. Aehnliches zeigen auch die Versuche mit einzelnen Theilen der Oele, auch hier immer mit entsprechender Abnahme der Leuchtkraft.

Aus den obigen Versuchen müssen die folgenden allgemeinen Schlüsse gezogen werden:

1) Vergleichende Messungen über Lichtwirkung verschiedener Oelarten haben nur dann einen Werth, wenn sie unter Anwendung verschiedener, der Natur des betreffenden Oeles am meisten angepafster Brenner durchgeführt sind.

2) Auch bei vergleichenden Lichtmessungen mit einzelnen Fractionstheilen der Oele müssen Brenner mit verschieden starkem Luftzuge verwendet werden.

3) Fast alle die zahlreichen bisher ausgeführten vergleichenden Lichtmessungen mit Oelen verschiedener Abstammung und mit verschiedenen siedenden Theilen ein und desselben Petroleums besitzen einen Werth nur für die zufälligen und eng begrenzten Bedingungen *einer* Lampe; denn prüft man die schwereren Erdölsorten oder die höher siedenden Fractionen derselben auf Lampen mit erheblich verstärktem Luftzuge, so dreht sich das bisher gefundene Verhältniß zu Gunsten der schweren Oele um und diese werden lichtgebender als die leichten Essenzen. Der in letzter Zeit vielfach ausgesprochene und bisher nicht bestrittene Satz, daß die niedriger siedenden Fractionen unseres Brennpetroleums lichtgebender sind als die höher siedenden, entbehrt sonach, allgemein ausgesprochen, nicht bloß jedweden durchschlagenden Beweises, sondern ist falsch.

4) Kohlenausscheidung am Dochte findet nur statt: a) wenn das Erdöl aus zu extremen Bestandtheilen bezüglich des Siedepunktes zusammengesetzt ist und wenn b) der Luftzutritt im Brenner im Verhältnisse zu der Schwere des Oeles ein zu schwacher ist.

5) Die Destillationsprobe und die Bestimmung der Viscosität liefern die wichtigsten Anhaltspunkte für die vorläufige Beurtheilung der Brauchbarkeit eines Petroleums zum Brennen auf bestimmten Lampen.

Mit dem Abschlusse meines Reiseberichtes erfülle ich noch die angenehme Pflicht, allen denjenigen, welche mich in meinen Bestrebungen durch Empfehlungen und durch direkte Mittheilungen in so reichem Mafse unterstützt haben, meinen Dank abzustatten.

Vor Allem meinen ehrerbietigsten Dank dem Gouverneur des Kaukasus, *Fürsten Dondukoff-Korsakoff*, für den mir gütigst gewährten wirkungsvollen Empfehlungsbrief.

Ebenso aufrichtig danke ich den Herren Professor Dr. *Radde*, wirklicher Staatsrath in Tiflis, und Professor Dr. *F. Beilstein* in St. Petersburg für ihre eingehenden Rathschläge und werthvollen Anregungen in Bezug auf den allgemeinen Plan meiner Reise, ferner den Herren Staatsrath Professor Dr. *Struve*, *Stephan Goulischambaroff*, Staatsrath *Chatisoff* und Consulatsverweser *Rafaeli* in Tiflis, Dr. *Max Albrecht* und *Ch. Denneys* in Baku, Direktor *de Boer* von der *Kaspischen Gesellschaft*, den Direktoren und Angestellten der *Nobel'schen Werke*, den Herren *Thyfs*, *Bergroth*, *Sandgreen* und Dr. *Hirsch*, ferner den Herren Direktor *Otto* (Firma *Pallaschkowsky*), Dr. *Schmidt* (Firma *Schibajeff*), *Pietsch* (Firma *Oelrich und Comp.*), *Bereschanoff* (*Kaspische Gesellschaft*) und *Blank* (Firma *Tagjef und Sarkisoff*), sämmtlich in Baku, Herren Consul *Burkhardt* und Ingenieur *Altwater* in Batum.

Und endlich herzlichen Dank auch noch meinen Reisegenossen, den Herren Dr. *Max Böhm*, Dr. *R. Jürgensen*, *Ig. Levin* und *Carl Ringwald* für die unverdrossene Mitarbeit und Unterstützung, deren ich mich auf der ganzen Reise zu erfreuen hatte.