

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Das Erdöl von Baku**

**Engler, Carl**

**Stuttgart, 1886**

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

DAS  
ERDÖL VON BAKU  
VON  
Dr. C. ENGLER











DAS  
ERDÖL VON BAKU.

EIN REISEBERICHT.

---

Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung,  
nebst vergleichenden Versuchen über dessen Eigenschaften gegenüber  
dem amerikanischen Petroleum.

Von

**Dr. C. ENGLER,**

Hofrath und Professor an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe.

---

Sonderabdruck aus Dingler's Polytechnischem Journal Bd. 260 und 261.



STUTTGART.  
VERLAG DER J. G. COTTA'SCHEN BUCHHANDLUNG.  
1886.

K

98 B 83713

---

Alle Rechte vorbehalten.

---

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

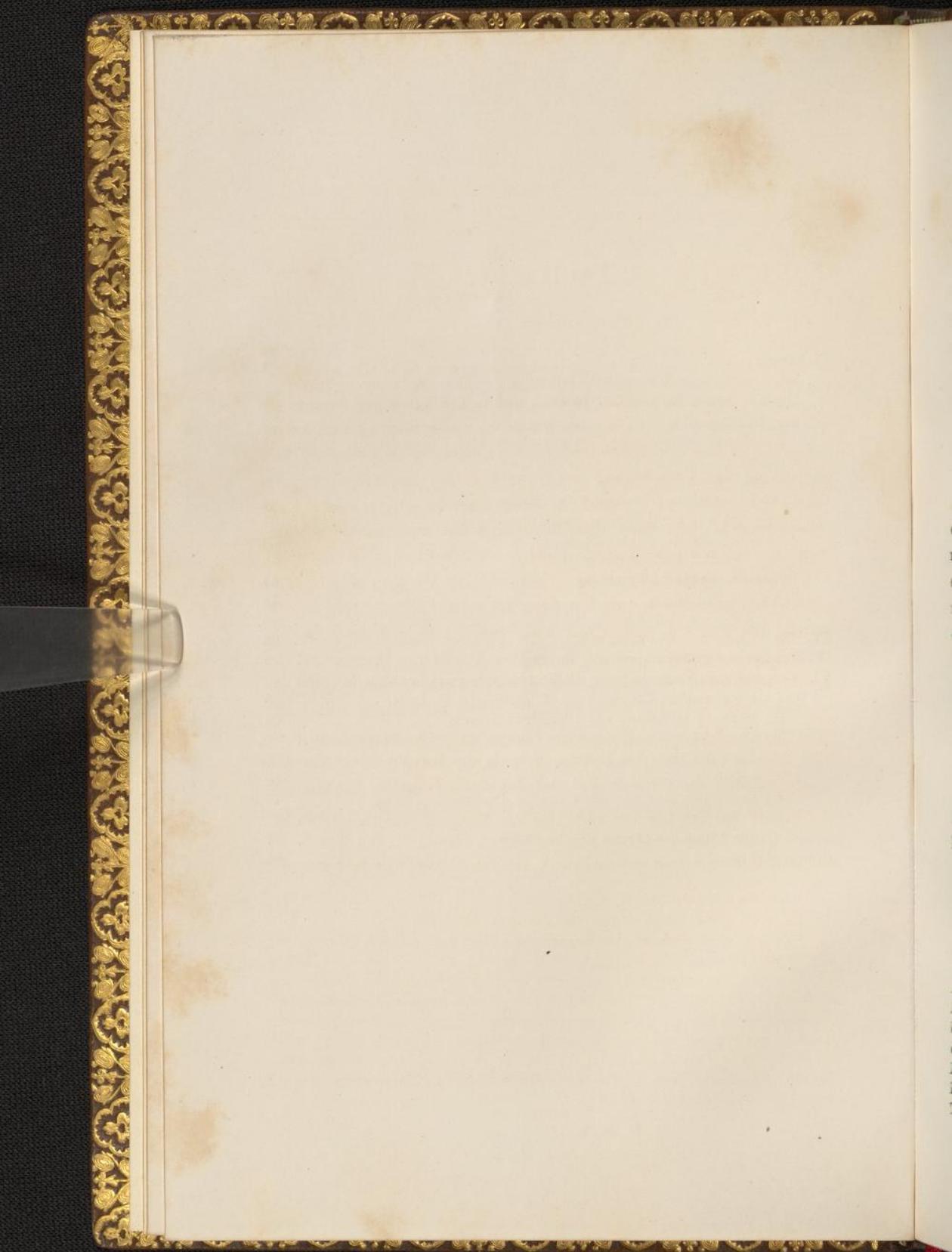


# Inhalt.

---

	Seite
Einleitung . . . . .	1
I. Geschichtliche und statistische Mittheilungen über Production an roher Naphta, sowie an Leuchtöl in Baku und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika . . . . .	3
II. Vorkommen, Gewinnung, Aufsammlung und Transport der rohen Naphta . . . . .	10
III. Die Raffination der Naphta . . . . .	23
A) Die Kerosin- (Brennöl-) Destillation . . . . .	24
a) Die Destillations- und Kühlapparate . . . . .	24
b) Die Rückstandsfeuerung . . . . .	32
c) Der Destillationsbetrieb . . . . .	39
B) Die chemische Reinigung . . . . .	43
C) Die Prüfung . . . . .	45
D) Ausbeute und Kosten . . . . .	46
IV. Die Fabrikation des Schmieröles . . . . .	49
V. Transport der Naphtaproducte Bakus . . . . .	59
VI. Vergleichende Versuche über die Eigenschaften des kaukasischen und des amerikanischen Erdöles (von <i>C. Engler</i> und <i>Ig. Levin</i> ) . . . . .	63
A) Mengenbestimmung der Einzelfractionen . . . . .	64
B) Vergleichende Messungen der Leuchtkraft des kaukasischen und des amerikanischen Petroleums sowie einzelner Fractionen derselben . . . . .	69
C) Ueber den Aufstieg des Oeles im Dochte . . . . .	73
D) Ueber das Leuchten und über den Rückgang der Leuchtkraft der Flamme während des Brennens . . . . .	77
Schlusswort . . . . .	81

---



Die folgende Mittheilung enthält einen gedrängten Bericht über die Wahrnehmungen, welche ich bei einem im Spätsommer letzten Jahres ausgeführten Besuche Bakus und dessen Umgebung in Bezug auf die Gewinnung und Verarbeitung des dortigen Erdöles gemacht habe. Es kann sich dabei, den Zwecken dieser Schrift entsprechend, nicht darum handeln, eine nach allen Richtungen hin erschöpfende Schilderung der Technik jenes Industriezweiges zu geben; mein Bericht wird sich vielmehr darauf beschränken, dasjenige zu bringen, was in fachmännischen Kreisen als entweder noch gar nicht, oder doch nur unvollständig bekannt vorausgesetzt werden darf. Zur Ergänzung meiner Mittheilungen verweise ich auf die beiden, von *Charles Marvin*<sup>1</sup> und von *Boverthon Redwood*<sup>2</sup> erstatteten, sehr schönen Reiseberichte, welche, da sie aus den J. 1883 und 1884 stammen, zwar nicht mehr vollständig dem neuesten Stande der Baku'schen Naphta-Industrie entsprechen, doch aber sehr viel des Wissenswerthen über deren Entwicklung und insbesondere über das Vorkommen und die Ausbeutung der Naphta enthalten. Ausserdem besitzt naturgemäfs Rufsland eine sehr reichhaltige Literatur über das kaukasische Petroleum, wobei ich in erster Reihe auf die zahlreichen, sehr gediegenen Werke von *Stephan Goulischambaroff*<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> *Engineering*, 1884 Bd. 37 S. 171.

<sup>2</sup> *Journal of the Society of Chemical Industry*, 1885 S. 70.

<sup>3</sup> *Versuch einer allgemeinen Bibliographie der Petroleum-Industrie*. (Enthält die Literaturangaben in 11 Sprachen.) St. Petersburg 1883. — *Ueber die Naphta-Fontänen*. St. Petersburg 1879 (russisch). — *Naphta-Heizung der Dampfer und Locomotiven*. St. Petersburg 1883 (russisch). — *Gesetze betreffend Gewinnung, Aufbewahrung, Verarbeitung und Transport der Naphta*. Tiflis 1884 (russisch). — *Bedeutung des Petroleums und seiner Derivate in der Medicin*. Tiflis 1884 (russisch). — *Die Naphta-Quellen von Bradford*. Tiflis 1882 (russisch). — *Karte der Apscheron-Halbinsel mit Angaben über Naphtaquellen, Kreosinfabriken, Naphtaleitungen u. s. w.* Tiflis 1886 (russisch und englisch).

eines ausgezeichneten Kenners nicht blofs der Naphta-Industrie Ruf-lands, sondern auch derjenigen aller anderen Länder, aufmerksam machen möchte. Des Weiteren besitzen wir ein sehr schätzenswerthes Werk von *Victor Ragosine*<sup>4</sup>, worin die geschichtlichen, allgemein naturwissenschaftlichen und wirthschaftlichen Verhältnisse des kaukasischen Petroleums eingehend berücksichtigt sind. Ueber die Technik macht *K. Tumsky*<sup>5</sup> theilweise recht brauchbare Mittheilungen, während in einer neuerdings erschienenen Schrift von *E. J. Starzew*<sup>6</sup> ein reichhaltiges statistisches Material enthalten ist.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> *Naphta und Naphta-Industrie*. St. Petersburg 1884 (russisch).

<sup>5</sup> *Technologie der Naphta*. Moskau 1884 (russisch).

<sup>6</sup> *Baku'sche Naphta-Production*. Baku 1886 (russisch).

<sup>7</sup> Siehe ferner: *Wl. Markownikoff* und *Wl. Oglobin*: *Untersuchung der Kaukasischen Naphta*. St. Petersburg 1883. *D. J. Mendelejeff*: *Reisebericht über den Stand der Naphtaproduction in Baku* im *Journal der Russischen chemisch-physikalischen Gesellschaft*, 1880 Bd. 12. *K. O. Lissenko*: *Bericht über den jetzigen Stand der Naphtaproduction in Rußland* u. s. w. St. Petersburg 1877. Derselbe: *Die Naphtaproduction*. St. Petersburg 1883. (Sämmtlich russisch.) *F. A. Roßmähler*: *Fabrikation von Photogen u. a. aus Baku'scher Naphta*. Halle a. S. 1884.

### I. Geschichtliche und statistische Mittheilungen.

Obgleich die Petroleum-Industrie von Baku in ihrer derzeitigen hoch entwickelten Technik und gewaltigen Ausdehnung eine Schöpfung allerneuester Zeit ist, so darf trotzdem die Ausbeutung und Nutzbarmachung der kaukasischen Naphta, nach allerdings primitiven Methoden und in nur geringem Umfange, als die historisch älteste Industrie ihrer Art bezeichnet werden.

Zum mindesten ebenso alt, wenn nicht noch älter, ist in derselben Gegend die Benutzung der dem Boden entströmenden brennbaren Gase bei dem Kultus der Feueranbetung. Es wird allgemein angenommen, daß bei Baku schon im 6. Jahrhundert v. Chr. die Anbetung des Feuers geübt wurde, und es ist nicht unmöglich, daß *Zoroaster*, der Begründer dieses eigenthümlichen Kultus, dessen Heimath der nordöstliche Abhang des Kaukasus gewesen sein soll, durch die nicht fern davon aus der Erde hervortretenden Quellen brennbarer Gase und Oele zur Aufstellung seiner Lehre von Licht und Feuer angeregt worden ist. Spätere sicherer verbürgte historische Nachrichten machen es wahrscheinlich, daß schon vor unserer jetzigen Zeitrechnung Tausende von Pilgern nach den Tempeln auf Apscheron zogen und daß die dortigen heiligen oder ewigen Feuer bis zu den Zeiten Kaiser *Heracius*, der die Tempel niederreißen liefs, also bis ins 7. Jahrhundert, fast ununterbrochen gebrannt haben. Auch jetzt trat jedoch keine lange Pause ein; denn die Altäre wurden wieder aufgebaut und der Kultus der Feueranbetung kam zu neuer Blüthe, als nach Eroberung Persiens durch die Araber die dem alten Glauben treu gebliebenen Bewohner dieses Landes gezwungen wurden, sich in die entlegene Gegend bei Baku zurückzuziehen. Von anderen persischen Feueranbetern, welche sich in dieser Zeit auf die Insel Ormus im persischen Golf flüchteten und später von da nach Bombay wandten,

leiten sich die noch jetzt in Indien über 100000 Köpfe starken Parsen ab und von diesen letzteren gingen auch in späterer Zeit, als der heimische Kultus durch Islam und Christenthum verdrängt worden war, wiederholt Priester nach Baku, wo sie bis in die neueste Zeit in den dortigen Tempeln die heiligen Feuer unterhalten haben. Vor etwa 5 Jahren wurde der Feuer-Dienst in dem letzten Tempel von Surakhani durch die russische Regierung verboten und die heiligen Feuer sind damit wahrscheinlich für immer gelöscht worden. Von den letzten Feueranbetern, welche ihren Kultus nur noch der dabei erhaltenen Almosen wegen ausübten und durch ihre Bettelei fremde Besucher belästigten, machen Augenzeugen eine nichts weniger als erbauliche Schilderung. Immerhin bieten aber die noch vorhandenen Tempel, deren einen, noch recht gut erhaltenen, ich zu besichtigen Gelegenheit hatte, einen interessanten Anblick dar. Der betreffende Tempel steht unmittelbar neben der großen Petroleum-Raffinerie der *Baku'schen Naphta-Gesellschaft* in Surakhani und besteht aus einem massiven quadratischen Baue, der einen großen, ebenfalls quadratischen freien Hof umschließt und in seiner Bauart an ein altes Fort erinnert. Inmitten des Hofes steht ein verhältnißmäßig kleiner, nach vier Seiten offener Tempel, der dem Allerheiligsten des ganzen Baues entsprach. Die mit nur schwach leuchtender Flamme brennenden Gase entströmten dem Boden an verschiedenen Stellen unmittelbar und brannten, oder sie wurden durch gemauerte Kanäle weitergeleitet, um in kleinen schornsteinartigen Aufsätzen, welche sowohl den quadratischen Hauptbau an verschiedenen Stellen, als auch den mittleren kleinen Tempel krönen, während des Gottesdienstes herauszutreten und in hohen Flammen emporzulodern.

Da in der Gegend, in welcher die brennbaren Gase ausströmen, auch an vielen Stellen die rohe Naphta frei zu Tage tritt, geht auch die Kenntniß dieses letzteren Vorkommens voraussichtlich ebenso weit zurück als diejenige der heiligen Feuer. In dieser Beziehung ist der Bericht *Marco Polo's*, welcher letzterer in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts auf seiner Reise nach Innerasien mit seinem Vater und Oheim auch Baku besuchte, von großem Interesse. Er beschreibt darin die Verwendung der Naphta, welche in damaliger Zeit durch Kameltransport in die benachbarten Districte, ja bis in die Gegend von Bagdad verbracht und zum Brennen verwendet wurde. (Noch heutigen Tages wird an einigen Orten Rußlands rohes Erdöl auf primitiven Lampen ge-

brannt.) Besonderes Interesse bietet der Bericht *Marco Polo's* über eine schon damals bekannte natürliche Springquelle, welche so gewaltige Massen von Naphta ausgeworfen haben soll, dafs sich binnen einer Stunde hundert Schiffe damit befrachten liefsen.

Die Ausbeutung der Naphta auf der Halbinsel Apscheron war, entsprechend dem sehr häufigen Besitzwechsel zwischen Persien, Armenien und Rußland, vielerlei Wandlungen unterworfen und erst, nachdem Baku und dessen Umgebung im J. 1801 an Rußland gefallen war, kam auch die Naphtagewinnung in geregeltere Bahnen. Immerhin war auch dann noch die Production, welche von der russischen Regierung an *Mirzoeff* verpachtet wurde, eine sehr geringe; sie betrug nach *Marvin* selbst in den J. 1836 bis 1860 nur etwa 3500<sup>t</sup> jährlich und auch von dieser Zeit ab, da man nach dem Vorgange Amerikas doch einen raschen Aufschwung hätte erwarten sollen, hob sich die Production, wohl hauptsächlich in Folge des von der russischen Regierung eingeführten Monopols, nur ganz allmählich.

In diese Zeit fallen auch die ersten Versuche der Darstellung raffinirter Brennöl. Merkwürdigerweise ging man dabei jedoch nicht von der so nahe liegenden Naphta als Rohmaterial, sondern von der in dortiger Gegend allerdings auch in bedeutender Menge sich findenden Erdwachsartigen, an Asphalt reichen Masse, „*Kirr*“ genannt, aus. Schon Mitte der 50er Jahre bemühte sich ein *Baron Thornau* in dieser Richtung und derselbe vereinigte sich bald darauf mit einer dortselbst auftretenden Petersburger Unternehmung: *Transkaspische Handelsgesellschaft*, um in Gemeinschaft mit dieser, nach dem Vorbilde der Darstellung von Photogen in England, Deutschland u. a., durch trockene Destillation bituminöser Stoffe Leuchtöl zu gewinnen. Man wendete sich, was noch nicht allgemein bekannt sein dürfte, in dieser Sache an keinen anderen als an *Justus v. Liebig* und auf Grund seines Gutachtens und seiner Pläne wurde die erste Fabrik zur Darstellung raffinirten Brennöles zu Surakhani bei Baku errichtet. Als Rohmaterial diente der „*Kirr*“, der zuerst ausgeschmolzen und dann in liegenden Retorten trocken destillirt wurde. *Moldenhauer*, ein Assistent *Liebig's*, welcher im J. 1859 von letzterem nach Baku geschickt worden war und den Bau der Fabrik bei Surakhani geleitet hatte, überzeugte sich jedoch bald, dafs der nur 15 bis 20 Proc. eines sehr schweren Oeles liefernde „*Kirr*“ sich nicht eignete und schritt dazu, die „*Naphta*“ durch Destillation auf Brennöl zu verar-

beiten. Er ging im J. 1860 wieder zurück und sein Nachfolger *Eichler*, der noch heute in Baku lebende Nestor der dortigen Industrie, war es dann, der durch Einführung der chemischen Reinigung ein haltbares helles Brennöl aus der destillirten Naphta zu erzeugen lehrte. Erwähnt sei hier noch, dafs man von vornherein die Fabrik deshalb nach Surakhani gelegt hatte, um die dort ausströmenden Gase als Heizmaterial bei der Destillation zu verwenden. Noch heute sieht man daselbst die grofsen, in den Sandstein getriebenen, viereckigen, mit eisernen Platten bedeckten Schächte, welche als Sammler der Bodengase dienten und aus denen man durch weite, im Deckel sitzende Röhren die Gase weiterleitete. Im J. 1861 errichtete die Firma *Witte und Comp.* auf der an der Spitze von Apscheron gelegenen heiligen Insel eine Fabrik zur Verarbeitung des von der Insel Tscheleken bezogenen Ozokerits durch trockene Destillation. Es wurden dabei 60 Proc. Paraffin und 8 Proc. Oel erhalten. Schon Ende der 60er Jahre wurde diese Fabrik, deren Leiter der ältere *Rofsmäfsler* war, jedoch wieder aufgegeben. Eine erste kleine Destillationsanlage in Baku selbst wurde 1863 durch *Melikoff* errichtet. Es fehlte jedoch an Geld für gröfsere Ausdehnung und nur dadurch, dafs schliesslich eine Gesellschaft mit dem allerdings sehr geringen Kapitale von 2000 Rubel das Ganze übernahm, wurde dieses Unternehmen gerettet. Bald darauf folgte die Begründung einer Raffinerie durch *Weiser* u. A.

Bis zum J. 1872, wo das oben erwähnte Monopol durch eine blofse Abgabe ersetzt wurde, konnte die Industrie nicht recht gedeihen, entwickelte sich jedoch von da ab, insbesondere als 1877 auch noch die Abgabe aufgehoben wurde, aufs rascheste zu ihrer jetzigen gewaltigen Höhe. Die *Production von Rohöl* betrug in MC. zu 100<sup>k</sup>:

1863 . . . . .	55 000 MC.	1875 . . . . .	940 000 MC.
1864 . . . . .	87 000	1876 . . . . .	1 940 000
1865 . . . . .	89 000	1877 . . . . .	2 420 000
1866 . . . . .	111 000	1878 . . . . .	3 200 000
1867 . . . . .	161 000	1879 . . . . .	3 700 000
1868 . . . . .	119 000	1880 . . . . .	4 200 000
1869 . . . . .	271 800	1881 . . . . .	4 900 000
1870 . . . . .	275 000	1882 . . . . .	6 800 000
1871 . . . . .	222 000	1883 . . . . .	8 000 000
1872 . . . . .	248 000	1884 . . . . .	11 300 000
1873 . . . . .	640 000	1885 . . . . .	16 360 000
1874 . . . . .	780 000		

Der Preis des Rohöles, welcher 1872 für 100<sup>k</sup> noch 7 M. betrug, ging 1877 auf 1,20 M. zurück und beträgt heute in Baku nur noch 0,40 bis 0,60 M. Von nicht zu unterschätzendem Einflusse auf die Produktionssteigerung ist ohne Zweifel auch der Umstand gewesen, daß man vom J. 1872 ab dazu überging, die Naphta, welche vorher nur in einfachen brunnenartigen Gruben aufgesammelt wurde, nach amerikanischem Systeme durch Bohrlöcher zu erschließen und zu fördern. Desgleichen muß erwähnt werden, daß insbesondere auch das Auftreten der *Gebrüder Nobel* (ältere Brüder des Erfinders des Dynamites) vom J. 1875 ab mit ihren so sehr verbesserten Transportsystemen erheblich auf Förderung und Absatz der Naphta eingewirkt hat. In der folgenden Zusammenstellung über *das in Baku erzeugte raffinierte Erdöl* (Kerosin), ausgedrückt in metrischen Centner zu 100<sup>k</sup>, tritt dies deutlich genug hervor:

Jahr	Gesamterzeugung in Baku	Davon <i>Gebr. Nobel</i>	Ins Ausland gingen
1872 . . .	164 000 . . . . .	— . . . . .	—
1873 . . .	245 000 . . . . .	— . . . . .	—
1874 . . .	236 000 . . . . .	— . . . . .	—
1875 . . .	426 000 . . . . .	— . . . . .	—
1876 . . .	571 000 . . . . .	1 000 . . . . .	—
1877 . . .	776 000 . . . . .	25 000 . . . . .	—
1878 . . .	955 000 . . . . .	45 000 . . . . .	—
1879 . . .	1 100 000 . . . . .	90 000 . . . . .	—
1880 . . .	1 500 000 . . . . .	240 000 . . . . .	—
1881 . . .	1 830 000 . . . . .	500 000 . . . . .	—
1882 . . .	2 020 000 . . . . .	720 000 . . . . .	—
1883 . . .	2 060 000 . . . . .	1 060 000 . . . . .	66 000
1884 . . .	3 570 500 . . . . .	1 591 500 . . . . .	860 000
1885 . . .	4 500 000 . . . . .	1 750 000 . . . . .	1 170 000

Die Ausfuhr an Erdöl ist nach obiger Zusammenstellung noch relativ gering und würde noch geringer sein, wenn der Erdölverbrauch in Rußland, wohin das meiste Oel von Baku geht, sich nicht erheblich niedriger stellte als in den meisten Staaten. Auf den Kopf der Bevölkerung beträgt der jährliche Erdölverbrauch nach *Starzew* in:

Belgien . . . . .	36,5 <sup>k</sup>
Holland . . . . .	29,5
Dänemark . . . . .	27,1
Deutschland . . . . .	9,6
Nordamerika . . . . .	6,4
England . . . . .	5,5
Griechenland . . . . .	5,5

Frankreich . . . . .	3,3
Türkei . . . . .	3,1
Italien . . . . .	3,1
Portugal . . . . .	2,8
Rußland . . . . .	2,5
Oesterreich . . . . .	2,5
Schweden und Norwegen . . .	0,8
Spanien . . . . .	0,2

Aufser dem oben aufgeführten Brennöl wird aus der Rohnaphta in Baku eine sehr bedeutende Menge der verschiedensten *Schmieröle* hergestellt. Die *Nobel'sche* Raffinerie allein lieferte 1884 über 100 000 MC. und könnte nach jetziger Einrichtung jährlich mehr als 150 000 MC. darstellen. Die Gesamtterzeugung an Schmieröl in Baku belief sich im J. 1885 auf etwa 260 000 MC. und die bedeutendsten Schmierölfabriken waren *Gebrüder Nobel, Schibajeff* (Verwalter *V. J. Ragozine*), *Oelrich und Comp.* (mit Filialen in Riga und Hamburg), *Tagjef und Sarkisoff* u. A.

An Rückständen wurden im J. 1884 rund 4 700 000 MC., 1885 gegen 5 100 000 MC. abgesetzt.

Des Vergleiches halber lasse ich die Gesamtterzeugung an Roh-Petroleum in Nordamerika während der letzten 6 Jahre folgen. Dieselbe betrug nach *Stowell's Petroleum-Reporter*:

	Täglich	Im Jahr
1880 . . . . .	71 107 Barrels . . . . .	36 335 377 MC. <sup>8</sup>
1881 . . . . .	74 954 . . . . .	38 301 494
1882 . . . . .	82 303 . . . . .	42 056 833
1883 . . . . .	63 336 . . . . .	32 364 696
1884 . . . . .	67 684 . . . . .	34 586 524
1885 . . . . .	56 921 . . . . .	29 086 631

Ausgeführt wurden nach europäischen Häfen 1884 etwa 15,6 Millionen MC., im J. 1885 etwa 16 Millionen MC. Brennpetroleum.

Immerhin bildet das in Baku gewonnene Petroleum schon jetzt einen nicht unerheblichen Theil der amerikanischen Production, wozu noch kommt, daß die Schmierölbereitung von Baku weit bedeutender als die amerikanische ist.

Die *Gesammtzahl der Naphtaquellen* bei Balakhani belief sich im September 1885 auf 482, wovon jedoch 138 vor 1878 nach alter Art angelegte in Abzug zu bringen sind; es bleiben somit 344 richtige Bohrquellen, welche sich folgendermaßen vertheilen:

<sup>8</sup> 1 Barrel zu 140<sup>k</sup> Erdöl gerechnet.

Im September 1885 Naphta liefernde Quellen . . . . .	142
Erschöpfte Quellen . . . . .	40
Durch Bruch der Röhren, Verwerfungen u. dgl. außer Betrieb .	57
Während der Bohrung unterbrochen . . . . .	13
In Bohrung begriffen . . . . .	73
Zum Bohren vorbereitet . . . . .	19
	<u>344.</u>

Auf den nordamerikanischen Oelfeldern belief sich im J. 1885 die Zahl der bis dahin erbohrten Petroleumquellen, aus denen bekanntlich jedoch das Oel vorwiegend durch Pumpen gefördert werden muß, auf nicht weniger als 21950. Dabei ist aber die Ergiebigkeit der amerikanischen Einzelquellen weit geringer als die der kaukasischen: sie betrug bei ersteren nach *E. J. Starzew* 1884 für Bohrloch und Tag im Mittel 40 MC. (28 Barrels), 1885 sogar nur etwa 11,5 MC. (8 Barrels), während in Balakhani-Sabuntschi 1885 die mittlere Tagesleistung 491 MC. (3000 Pud) für jede Quelle ergab.

---

## II. Vorkommen, Gewinnung, Aufsammlung und Transport der Roh-Naphta.

Wendet man sich von Krakau aus südöstlich, so trifft man, durch die Richtung der Karpathen angedeutet und vorwiegend auf der Nordseite dieses gewaltigen Gebirgszuges, wiederholt auf recht bedeutende Erdölvorkommen, von denen die zur Zeit ausgebeuteten Quellen von Kleezani bei Neu-Sandec, Kryg bei Gorlice, Bobrea bei Krosno, Zagórz bei Sanok, Boryslav, Truskowice, Mrasnica und Schodnica bei Drohobycz, Drzwinacz bei Solotwina und Sloboda rungorska bei Kolomea (hier fand ich 156 Bohrbrunnen, deren 40 gegen 1000 MC. Rohöl täglich lieferten) die bedeutendsten sind. Diese Linie setzt sich in einer von einer Geraden nur wenig abweichenden Richtung in wiederholten sehr bemerkenswerthen Oelaufschlüssen durch die Bukowina, einen Theil Siebenbürgens, durch die Moldau und Walachei bis in die Nähe des Schwarzen Meeres fort, tritt auf der Krim in neuerdings bei Kertsch erschlossenen Quellen wieder zu Tage, um auf der gegenüber liegenden, den letzten westlichen Ausläufer des Kaukasus darstellenden Halbinsel Taman in ziemlich umfangreichem Vorkommen den Anfang der Linie einer neuen Reihe von sehr bedeutenden Erdölaufschlüssen zu bilden, deren Richtung durch den Gebirgszug des Kaukasus vorgezeichnet ist und welche auf der Halbinsel Apscheron mit Baku ihr scheinbares Ende erreicht. Sowohl nördlich, als südlich vom Kaukasus ist an zahlreichen Stellen, sogar bis in eine Höhe von 2750<sup>m</sup>, Erdöl aufgefunden und wird nicht bloß bei Baku, sondern auch im Westen, im Kubangebiete und neuerdings 60<sup>km</sup> landeinwärts von der am Schwarzen Meer gelegenen Hafenstadt Novorossisk, mit Erfolg ausgebeutet (die lange Zeit betriebene *Siemens'sche* Petroleumgewinnung in der Gegend von Tiflis ist dagegen wegen schlechter Beschaffenheit des Rohöles neuerdings aufgegeben worden). Bei weitem die massenhafteste Rohölgewinnung findet zur Zeit

jedoch auf der Halbinsel Apscheron in der Umgegend von Baku statt, ein Gebiet, welches nicht blofs durch die dort befindlichen Erdölmassen, sondern ganz besonders auch durch die Gewalt, mit welcher die Naphta oft in Form von gewaltigen Springquellen zu Tage tritt, in neuester Zeit berühmt geworden ist.

Die oben skizzirte, nicht weit von Krakau beginnende Petroleumlinie erreicht jedoch auch auf Apscheron nur scheinbar ihr Ende; denn verfolgen wir die gleiche Richtung nach Südost weiter, so treffen wir im Kaspischen Meer wiederholt auf Stellen, an denen Petroleumgase oder auch Oel vom Grunde des Meeres durch das Wasser emporquellen, gelangen auf die an Naphta und an Erdwachs ziemlich reiche Insel Tscheleken und von da auf das turkmenische Festland, wo wieder am kleinen und am grofsen Balkan sehr bemerkenswerthe Oelaufschlüsse gemacht sind. Man hat in neuester Zeit sogar eine Zweigbahn nach dem dort befindlichen, an Naphta besonders reichen „Oelhügel“ oder „Naphtahügel“ angelegt, um von da aus die Locomotiven der Transkaspischen Bahn behufs Heizung mit Naphta speisen zu können.

Wenn es auch nicht Gegenstand dieses Berichtes sein kann, die Frage nach der Art und Weise der Bildung des Petroleums zu beantworten, so sei doch darauf hingewiesen, dafs fast auf der ganzen oben angedeuteten Linie das Erdöl sich in der Tertiärformation vorfindet, also, im Gegensatze zu Nordamerika, wo das Vorkommen desselben sich auf die ganz *alten Schichten* des Devon und Silur concentrirt, in einer der *neuesten Bildungen*, ein Umstand, der vielfach gegen die Richtigkeit der Annahme einer gleichartigen Bildungsweise des Erdöles ins Feld geführt wird. Insbesondere wird dabei auch auf die bei Baku befindlichen zahlreichen Schlammvulkane hingewiesen, um die dortige Entstehung des Erdöles mit vulkanischer Thätigkeit und namentlich mit der *Mendelejeff'schen* Hypothese der Bildung des Erdöles durch Einwirkung von Wasser auf das Eisencarburet des heifsen Erdinneren in Verbindung zu bringen (vgl. *Dingler's polytechnisches Journal*, 1878 228 531). Dem gegenüber sei nur bemerkt, dafs aus einer mit Petroleum durchsetzten Erde die Auswürfe der Schlammvulkane nothwendigerweise auch Petroleum enthalten *müssen* und dafs deshalb aus dieser Thatsache ein Schlufs auf die Entstehung des Erdöles durch vulkanische Thätigkeit unmöglich gezogen werden kann. Jedem fällt aber auch auf den Petroleumfeldern von Baku der ganz gewaltige Reichthum an Muschelkalk artigen Conglo-

meraten auf, welche ebenso wie die Versteinerungen der amerikanischen Schichten sammt ihren begleitenden Erscheinungen (kleine Oeileinschlüsse in allem Anschein nach primären Lagerstätten, welche früher der Sitz eines Thierkörpers waren u. a. m.) zu der Annahme einer gleichartigen Bildungsweise des Erdöles aus organischen Thierresten führen.

Die Gesamtausdehnung der Petroleumfelder des Kaukasusgebietes ist eine in neuester Zeit viel umstrittene Frage; sie soll nach *K. Manko* auf Grund officieller Angaben 30000 Quadrat-Werst, also 31000 bis 32000<sup>qkm</sup> betragen, wovon etwa 6000 auf das Gebiet des Kuban und der Halbinsel Taman kommen. Die Halbinsel Apscheron, auf welcher an verschiedenen Stellen schon Erdöl wahrgenommen worden ist und die auch noch in ihren letzten Ausläufern, der heiligen Insel, Gas-, Kirr- und Oelvorkommen aufweist, dürfte ein über die zur Zeit in Abbau begriffene Fläche weit sich erstreckendes Oelgebiet aufweisen. *Redwood* kommt in seinem erwähnten Berichte über die Naphta-Industrie Bakus bezüglich Apscherons zu der enorm hohen Zahl von 1000 bis 1200 englischen Quadratmeilen (2600 bis 3000 <sup>qkm</sup>) Oelgebiet; es ist dies jedoch, wenn man unter der Halbinsel nur den etwa 70<sup>km</sup> in das Kaspische Meer hineinragenden, 25 bis 30<sup>km</sup> breiten Theil des Festlandes mit etwa 1700 bis 2100<sup>qkm</sup> Flächenraum versteht, entschieden zu hoch gegriffen. Allerdings schließt sich unmittelbar an die Halbinsel auf dem Festlande ein noch ausgedehnteres Gebiet mit zahlreichen Petroleumfunden an, welches sich landeinwärts bis etwa Chemakhi, südlich bis über die Mündung der Kura und auch noch nördlich, hier allerdings nur mit großen Unterbrechungen, bis in die Nähe von Petrowsk erstreckt, so dafs, wenn man dieses Gebiet hinzunimmt, die *Redwood'sche* Angabe, welche 2600 bis 3000<sup>qkm</sup> entspricht, weniger auffallend erscheint.

Das zur Zeit auf Apscheron bei Baku in Ausbeutung begriffene oder schon ausgebeutete Feld umfaßt nur etwa 12<sup>qkm</sup>, was im Verhältnisse zu den obigen Angaben allerdings eine so kleine Fläche wäre, dafs das Rohmaterial für die dortige Industrie noch auf fast unberechenbare Zeit gesichert erschiene.

Dieser vielleicht etwas zu optimistischen Annahme gegenüber macht sich in letzter Zeit von verschiedenen Seiten die Auffassung geltend, dafs man es bei Baku nur mit einer blasenartigen Einlagerung von Naphta zu thun habe, und wird berechnet, dafs in etwa 4 bis 5 Jahren das dortige Oelvorkommen erschöpft sein müsse. Dafs derartige Stim-

men verlaublichen, ist ganz natürlich gegenüber einem so unberechenbaren Vorrath, wie es ja fast alle unsere Petroleumvorkommen sind. Dieser Fall hat sich aber auch bei den amerikanischen Feldern schon mehrere Male wiederholt. So wird z. B. in der *Times* (August 1882) berechnet, daß der pennsylvanische Oelreichthum nur noch bis zum J. 1895 vorhalte. Auch hier kommt man aber immer wieder auf neuere Oelaufschlüsse. Auf Grund der ungemein zahlreichen Aufschlüsse von Naphta, die sich innerhalb des großen Viereckes Kertsch-Batum-Lenkoran-Petrowsk, also zwischen Schwarzem und Kaspischem Meer, finden, in Rücksicht auch auf die große Unwahrscheinlichkeit, daß ein so massiges Vorkommen wie das von Baku auf einen Kessel von vielleicht 17<sup>q</sup>km beschränkt ist, bin ich der Ueberzeugung, daß man es im Kaukasusgebiet denn doch mit einem nachhaltigeren Vorrathe zu thun hat. Es kommt dazu, daß durch Vertiefung der Bohrlöcher jeweils wieder Naphta erscheint, was wichtig ist, wenn man bedenkt, daß die amerikanischen Petroleumbohrlöcher durchschnittlich mehr als doppelt so tief als die von Baku sind. Immerhin muß zugegeben werden, daß der Beweis des Vorhandenseins so großer Naphtavorräthe, wie sie von *Marvin*, *Redwood* u. A. angenommen werden, noch zu erbringen ist.

Auf Apscheron sind es bis jetzt die Felder von *Balakhani*, *Sabuntschi*, *Surakhani* und *Bibieybat* gewesen, welche ausgebeutet wurden. Bei weitem die bedeutendste Gewinnung findet auf den beiden, ungefähr gleichbedeutenden und neben einander liegenden Oelfeldern von Balakhani und Sabuntschi statt, welche etwa 10<sup>km</sup> landeinwärts von Baku, ziemlich inmitten der Halbinsel Apscheron und 53<sup>m</sup> über dem Spiegel des Kaspischen Meeres (der Spiegel dieses Meeres liegt bekanntlich 26<sup>m</sup> unter dem des Weltmeeres) sich befinden. Das 6<sup>km</sup> östlich davon gelegene Surakhani, der Sitz der alten Feueranbetung, hat zwar viel Gas, doch nur ganz wenig Oel, welches in der dortigen Raffinerie der *Baku'schen Naphta-Gesellschaft* gereinigt wird. Die Quellen von Bibieybat befinden sich am Golf von Baku südlich der Stadt und in der Nähe der kaiserlichen Rhede. Das hier gewonnene Oel wird in der einzigen dort befindlichen Raffinerie von *Tagjeff und Sarkisoff* verarbeitet.

Man hat zwischen *Gasquellen* und *Oelquellen* zu unterscheiden. Aus den ersteren strömt ein farbloses Gas aus, welches mit wenig leuch-

tender Flamme brennt. Nach Analysen von *Bunsen* und *Schmidt*<sup>9</sup> besteht das kaukasische Naphtagas aus:

Methan . . . .	92,49	93,09	92,24	95,39	97,57	95,56
Olefine . . . .	4,11	3,26	4,26	—	—	—
Kohlenoxyd . .	0,93	2,18	3,50	—	2,49	4,44
Wasserstoff . .	0,94	0,98	—	—	—	—
Stickstoff . . .	2,13	0,49	—	—	—	—

Nach Angaben von *Sattler* enthält das Gas nur 60 bis 90 Proc. Methan, blofs Spuren Kohlenoxyd, dagegen zwischen 5 und 22,5 Proc. Wasserstoff. Auch Schwefel haltige Gase vermuthet dieser auf Grund des Geruches als Beimischung.

Der Austritt dieser Gase erfolgt entweder von selbst durch Spalten und Löcher, welche sich in der Erde befinden, oder aber er ist eine Folge von Bohrungen auf Erdöl. Das frei austretende Gas wurde, wie schon erwähnt, seit alter Zeit in den Tempeln der Feueranbeter benutzt, desgleichen, wie auch noch heutigen Tages, zum *Brennen von Kalk*. Der sämmtliche für die Bauten von Baku und Umgebung verwendete Kalk wird in der Nähe von Surakhani auf diese Art gebrannt; ich zählte auf dem Wege von Surakhani nach Balakhani nicht weniger als 70 Kalksteinhaufen, die frei auf der Erde aufgeschüttet lagen und durch welche die Flammen von kleinen Oeffnungen in der Erde aus hindurchschlugen. Ist der Kalk fertig gebrannt, so werden die Oeffnungen verstopft, nach Wiederauflagerung neuer Kalksteinstücke neuerdings geöffnet und das ausströmende Gas angezündet. Desgleichen verwendet man dieses frei ausströmende Gas in der einzigen bei meiner Anwesenheit in Betrieb befindlichen Raffinerie von Surakhani (*Baku'sche Naphtagesellschaft*; eine zweite große neu erbaute Raffinerie von *Mirzoëff* war nicht in Betrieb) zur *Fabrikbeleuchtung*, sowie als *Essenfeuer* zum Erhitzen des Eisens in der Maschinenwerkstatt. Hier strömt das Gas durch einen schlitzförmigen senkrechten Schacht aus und schlägt von da als etwa 1<sup>m</sup> breite Flamme in einen wagerechten Flammofen, in welchen die zu erhitzenden Eisentheile gebracht werden.

Frei austretendes Gas ist endlich auch an verschiedenen Stellen des Kaspischen Meeres zu beobachten. Bei einer nächtlichen Fahrt in das Meer, wozu mir die *Kaspische Gesellschaft* eine Dampfbarke freundlichst zur Verfügung stellte, hatte ich Gelegenheit, diese interessante Naturerscheinung zu beobachten. Nach 22 Minuten langer Fahrt trafen wir

<sup>9</sup> *Tumsky: Technologie der Naphta* (russisch), S. 99.

auf eine solche Stelle, die sich beim Stillliegen des Schiffes durch ein eigenthümlich brodelndes Geräusch bemerkbar machte. Durch ein aufgeworfenes brennendes Wergbündel entzündet, brannte das Gas auf einer Fläche von mehreren Meter im Quadrat mit hoch auflodernder Flamme über der Wasserfläche. Noch vom Ufer aus konnte man nach unserer Rückkehr die Flamme, welche nur durch Wind und Wellen verlischt, durch die Nacht deutlich wahrnehmen.

Von besonderem Interesse sind auch die Gasquellen, welche nicht selten beim Suchen nach Naphta wider Willen erbohrt werden, durch die Gewalt, mit welcher hier der Gasaustritt fast immer erfolgt. Offenbar liegen hier Höhlungen vor, in welchen das Gas unter gewaltigem Druck eingeschlossen ist. Trifft der Bohrer auf eine solche Ansammlung, so strömt dasselbe unter Umständen so rasch und mit solcher Kraft aus, daß das Bohrgestänge nicht mehr beseitigt werden kann und manchmal heraus geschleudert wird. Auch Schlamm und Sand, sowie Steine bis zur Größe von Kegelkugeln werden mit ausgeworfen. Man hat aus der Zeit des Aufsteigens und Wiederherunterfallens solcher Steine berechnet, daß diese bis zu einer Höhe von 200 bis 250<sup>m</sup> emporgeschleudert waren. Derartige Gas führende Bohrlöcher werden neuerdings mit dicht schließenden eisernen Kappen geschlossen und auf diese Weise war es möglich, daß ein der Firma *Gebrüder Nobel* gehöriges Gasbohrloch bei meiner Anwesenheit geöffnet werden konnte und ich so Gelegenheit hatte, die Gewalt der Wirkung zu beobachten. Das Geräusch des ausströmenden Gases, verbunden mit dem Gerassel der Schlamm- und Kiesmassen, welche an das in etwa 20<sup>m</sup> Höhe über der Mündung übergebaute Holzgerüste angeschlossen, war so durchdringend, daß es nicht möglich war, in der Nähe zu verweilen, ohne die Ohren zuzuhalten. Selbstverständlich wird bei so massivem Gasaustritte die ganze Umgebung mit Gas geschwängert und können durch Entzündung an benachbarten Kesselfeuerungen gefährliche Brände entstehen.

Auch bei den *Ölquellen* hat man zwischen solchen zu unterscheiden, aus welchen das Öl frei austritt und solchen, die durch Bohrung entstehen. Quellen ersterer Art, bei denen ein schwarzes dickes Öl durch die Gesteinsmassen des Bodens langsam an die Erdoberfläche dringt, kann man nicht allein bei Baku, sondern auch an zahlreichen anderen Stellen des Kaukasusgebietes beobachten und ist man, wie die Schilderung *Marco Polo's* (siehe oben) beweist, schon in früher Zeit, offenbar

durch Nachgraben an solchen Stellen, auf Springquellen gekommen. Springquellen von früher nicht geahnter Grofsartigkeit wurden aber erst in allerneuester Zeit erhalten, als man, wie schon oben erwähnt, im J. 1872 dazu überging, die Naphta nach amerikanischem System durch Bohrlöcher zu erschliessen. Da sich in den schon angeführten Reiseberichten von *Marvin* und von *Redwood* eingehende Schilderungen der wichtigeren Springquellen befinden, beschränke ich mich hier auf die folgenden kurzen Mittheilungen.

Auf die erste Springquelle durch Bohrung stiefs 1873 die Gesellschaft „*Khalif Compagnie*“. Das Oel sprang 12<sup>m</sup> hoch und es gelang mit keinen Mitteln, dem Austritte desselben Einhalt zu thun, so dafs grofse Massen davon verloren gingen. Auch in den folgenden Jahren traf man wiederholt auf Springquellen, deren Zahl zur Zeit nicht mehr weit von 100 sein dürfte. Besonders glänzende Ergebnisse in dieser Beziehung wurden auf der bei Balakhani gelegenen Hochebene von Sabuntschi erzielt. Dabei kam es unter Umständen — wenn gleich sehr selten — vor, dafs durch Niedertreiben eines neuen Bohrloches eine benachbarte Oelfontäne zu springen aufhörte: so 1880 die Ararat-Quelle, welche ungewöhnliche Massen Naphta auswarf, bis sie durch ein in der Nähe eingetriebenes, eine neue Springquelle bildendes Bohrloch, welches allem Anscheine nach auf dieselbe Ansammlung traf, zum Stillstande kam. Beide Quellen warfen zusammen die gewaltige Menge von 2 500 000 MC. Oel aus. Den bemerkenswerthesten Erfolg lieferte aber bis jetzt das J. 1883 durch die drei gewaltigen Springquellen von *Lianozoff*, die *Drujba*- (sprich Druschba-) *Quelle* einer amerikanischen Gesellschaft und die durch *Gebrüder Nobel* erbohrte Springquelle Nr. 9. Die *Lianozoff*'sche Quelle warf zuerst etwa  $\frac{3}{4}$  Stunden lang trockenen Sand aus bis zu Höhen von 120<sup>m</sup>, worauf die Naphta kam, zugleich mit so gewaltigen Massen von Gas, dafs die ganze Umgebung einschliesslich des Ortes Balakhani verpestet wurde. Das Oel sprang dabei 60<sup>m</sup> hoch. Einen noch höheren, zeitenweise 90<sup>m</sup> hohen Strahl gab einige Monate später die *Drujba-Quelle*. Hier trat das Oel unerwartet in solchen Massen auf (bis 80 000 MC. täglich), dafs, in Ermangelung von vorbereitenden Arbeiten, fast das gesammte Product fortlief und nicht allein verloren ging, sondern auch noch die ganze Nachbarschaft durch Oel und Schlamm derart verwüstete und in den Arbeiten störte, dafs die betreffende amerikanische Gesellschaft in Folge zu leistenden Schadenersatzes zu

Grunde ging. Nicht weit von dieser Quelle erhielten *Gebrüder Nobel* ihre Oel-springquelle Nr. 9 mit 1 120 000 MC. Ausbeute innerhalb 4 Wochen. Dieselben hatten sich besser vorgesehen als die amerikanische Gesellschaft und durch zeitiges Aufwerfen von Dämmen und Bildung natürlicher Behälter das Fortlaufen verhindert, so daß von den ausgeworfenen 1 120 000 MC. nur etwa  $\frac{1}{30}$  verloren ging. Da jedoch kleinere Unternehmer nicht mit gleich vollkommenen Einrichtungen versehen sind, so ist das Auftreten einer allzu kräftigen Oelfontäne für sie meist kein Gewinn. Sie sind in Ermangelung geschlossener Behälter bei jetzigem langsamem Absatze genöthigt, die Naphta innerhalb der aufgeworfenen Dämme lange Zeit offen stehen zu lassen, wobei sehr viel gerade der werthvollen Theile sich verflüchtigen. Derartig lange gestandene sogen. „*Seenaphta*“ kann unter Umständen nur noch als Heizmaterial benutzt werden.

Auch in neuester Zeit sind wiederholt bedeutende Springquellen erbohrt worden und der Freundlichkeit des leitenden Ingenieurs der *Nobel*-schen Bohrunternehmungen, des Hrn. *Sandgreen*, verdanke ich den Anblick einer solchen. Wenn diese etwa 208<sup>m</sup> tiefe Quelle (Bohrloch Nr. 44) auch nicht zu den gewaltigsten gehört, so warf sie das Oel immerhin noch erheblich über den etwa 20<sup>m</sup> hohen Bohrthurm hinaus und machte durch die in dickem Strahle ausströmenden großen Massen braunschwarzer Naphta einen gewaltigen Eindruck. Zur Zeit sind bei Balakhani-Sabuntschi nach mir gewordenen Mittheilungen 11 Springquellen vorhanden, von welchen 5 der Firma *Gebrüder Nobel* gehören. Eine andere (*Awakoff*) gibt täglich 16 500 MC. Naphta. Zur Zeit meiner Anwesenheit in Baku waren die *Nobel*-schen Springquellen im Stande täglich etwa 27 000 MC. Naphta zu liefern; doch wurden damals bei theilweise geschlossenen Quellen täglich nur etwas über 10 000 MC. gewonnen.

Die Dauer der Springquellen ist sehr verschieden. Einige sind schon Monate lang gesprungen, andere haben nach wenigen Tagen aufgehört. Bei dem jetzigen Systeme, wobei man die Bohrlöcher mit Kappen verschließt, um nur von Zeit zu Zeit die Naphta austreten zu lassen, läßt sich die Dauer der einzelnen Springquellen überhaupt nicht mehr genau feststellen. Als Regel gilt jedoch, daß man nach dem Aufhören des Springens einer Quelle noch nahezu ebenso viel Naphta heraus *pumpen* kann, als vorher durch eigenen Druck ausgetreten ist. So gab z. B.

die oben erwähnte Ararat-Quelle mit ihrer Nachbarquelle nachträglich noch im Tag je 1000 MC. Oel, welche durch Pumpen gehoben wurden.

Die *Bohrungen* bieten bei dem weichen Erdreiche, welches der Hauptsache nach aus abwechselnden Schichten von Sand mit Sandstein, Lehm und Thonschiefer besteht, keinerlei besondere Schwierigkeiten und erfolgen nach ähnlichen Methoden wie in Amerika. Der die Gestalt eines flachen oder hohlen Meißels besitzende Steinbohrer ist entweder an einem starken Hanfseile (Seilbohrer), oder, der häufigere Fall, an mit einander verschraubten, etwa 10<sup>m</sup> langen eisernen Stangen (Schäften) befestigt und wird in allgemein üblicher Weise durch Dampfkraft wiederholt gehoben, alsdann gedreht und wieder gesenkt, bis eine bestimmte Vertiefung des Bohrloches erreicht ist. Der über der Sohle des Bohrloches sich ansammelnde Bohrschlamm und Sand wird von Zeit zu Zeit mittels eines Löffels, der „*Schalonke*“, herausgehoben; letztere besteht aus einem langen Blechcylinder zu 180 bis 220<sup>l</sup>, an dessen Boden ein beim Aufschlagen sich öffnendes Ventil sich befindet, so daß die Massen von unten eindringen und den Cylinder füllen, während sie beim Heben durch das dann zurückfallende Ventil am Wiederaustritte verhindert werden. Obgleich diese Art des Schöpfens dadurch sehr umständlich ist, daß bei tiefen Bohrlöchern, sofern nicht Seilbohrung angewendet wird, immer eine große Zahl von eisernen Schäften an- und abgeschraubt werden muß, geht das Heruntersinken und Wiederheben der „*Schalonke*“ bei einem über 100<sup>m</sup> tiefen Bohrloche doch so rasch von statten, daß wenn diese Hebemethode, was üblich, auch für Naphta angewendet wird, täglich 500 bis 800 MC. davon gehoben werden können.

Bei dem meist sehr weichen, in sich zusammensinkenden Erdreiche müssen die Bohrlöcher selbstverständlich verrohrt werden. Dabei werden die einzelnen Eisenblechröhren von oben in dem Maße nachgeschoben, als unten durch den Bohrer vorgearbeitet ist. Die einzelnen durch Nietung hergestellten Rohrstücke sind etwa 2<sup>m</sup> lang und verlaufen schwach kegelförmig, so daß die oben nachzuschiebende Röhre jeweils mit ihrem nach unten stehenden engeren Ende in das oben noch herausstehende weitere Ende der schon im Bohrloche befindlichen Röhre eingeschoben und damit vernietet werden kann. Häufig sinkt der oben festgeklemmte und so gehaltene Röhrenstrang von selbst nach, wenn nach Ansetzen eines neuen Röhrenstückes die Klammer gelüftet wird, oder es genügt doch ein schwacher Druck, um das Nachsinken zu be-

wirken. Gewöhnlich beginnt man die Bohrung mit einem Durchmesser des Bohrloches von 38<sup>cm</sup>, vermindert aber die Weite in dem Maße, als man tiefer kommt, und endigt oft mit weniger als der Hälfte des anfänglichen Durchmessers. Selbstverständlich müssen bei jedesmaliger Verengerung des Bohrloches auch engere Röhren, und zwar von oben an, eingesetzt werden. Um ein Platzen der obersten Röhren beim späteren Schlusse derselben zu verhindern, wird der obere Theil des Bohrloches mit einer die Röhren umgebenden Schutzhülle von Asphaltmörtel versehen. Bei rascher Arbeit werden täglich etwas über 2<sup>m</sup> gebohrt. Die durchschnittlichen Kosten eines Bohrloches werden rund zu 30 000 M. angegeben, was im Vergleiche zu Amerika hoch genannt werden muß. Die durchschnittliche Tiefe der Quellen (Bohrlöcher) betrug in den Jahren:

1873 bis 1877	. . . 53 bis 63 <sup>m</sup>	1881	. . . . . 128 <sup>m</sup>
1878	. . . 90	1882	. . . . . 124
1879	. . . 114	1883	. . . . . 124
1880	. . . 97	1884	. . . . . 158
	1885	. . . . .	147 <sup>m</sup> .

Nach Angaben von *Sokolowsky* müssen für jede 10 Millionen MC. geförderter Naphta die Bohrlöcher um etwa 13<sup>m</sup> vertieft werden. Man hat sich jedoch das Vorkommen der Naphta bei Baku nicht in gleicher Höhenlage, etwa nach Analogie des Grundwassers, zu denken. Dagegen sprechen schon die verschiedenen Tiefen, in denen man das Oel antrifft. Auf den Feldern von Balakhani-Sabuntschi waren beispielsweise im J. 1885 vorhanden:

Zahl der Quellen	mit Tiefe von
14 . . . . .	50 bis 84 <sup>m</sup>
20 . . . . .	84 „ 105
30 . . . . .	105 „ 126
33 . . . . .	126 „ 147
8 . . . . .	147 „ 168
22 . . . . .	168 „ 189
6 . . . . .	189 „ 210
6 . . . . .	210 „ 252

Ein bei meiner Anwesenheit in Abteufung begriffenes *Nobel'sches* Bohrloch hatte bei einer Tiefe von 310<sup>m</sup> noch keine Naphta ergeben. Die sehr wechselnde Gewalt, mit welcher das Oel zu Tage tritt, sowie der Umstand, daß ganz nahe liegende Springquellen sich in den meisten Fällen gar nicht beeinflussen und daß oft in nächster Nähe einer schon vorhandenen Fontäne keine neue Springquelle erbohrt werden kann, sprechen dafür, daß die Naphta sich in einzelnen mehr oder weniger

ausgedehnten Höhlungen, die zu gleicher Zeit auch noch Schlamm und Sand enthalten, vorfindet.

Sobald während des Bohrens deutliche Vorzeichen des Oelausbruches, insbesondere große Gasausströmungen sich zeigen, wird nach Entfernung des Bohrers die Mündung des Bohrloches mittels einer mit Klappe oder Ventil versehenen Kappe (sogen. „Kolpack“) verschlossen. Gelingt das Befestigen des Kolpacks in Folge zu plötzlich ausdringender Naphta nicht mehr, so läßt sich ein Verschluss meist erst bewerkstelligen, wenn die erste Gewalt des Ausbruches sich gelegt hat. Bei Bohrloch Nr. 9 der *Gebrüder Nobel* gelang beispielsweise der Verschluss erst, nachdem das Oel 6 Wochen lang frei ausgeströmt war und auch dann noch kostete es die größte Mühe nach Bau eines großen Gerüsts einen Mastbaum mittels Ramme in die Mündung des Bohrloches zu treiben. Schlamm, Sand, Kies und große Steine bis zum Gewichte von 25<sup>k</sup> werden bei solcher Gelegenheit mit ausgeworfen und erschweren natürlich nicht bloß die Arbeit, sondern schädigen und gefährden die ganze Nachbarschaft. Verschüttung von Arbeitern ist schon mehrmals vorgekommen. Eine große Gefahr entsteht auch dadurch, daß bei nicht völlig dichtem Kolpack eine kleine Oeffnung durch die sich hindurchpressenden Oel- und Sandmassen sehr rasch zu einem großen Loche erweitert wird, durch welches dann die Naphta mit immer größerer Gewalt herausdringt.

Um das Oel bequemer auffangen zu können, gibt man dem Aufsatze die Gestalt eines Knierohres, so daß bei geöffnetem Ventile der Austritt der Naphta in wagerechtem Strahl erfolgen muß. Auch dabei wird nicht selten das dicke eiserne Knierohr in kurzer Zeit durch den mitgerissenen Sand durchgeschliffen. Ein solches Rohr mit einer Wandstärke von etwa 4<sup>cm</sup>, welches vollständig durchgefressen war, wurde mir an Ort und Stelle gezeigt.

Hört die Quelle auf, von selbst zu springen, so wird meist mit Hilfe des Löffels, der oben erwähnten Schalönke, noch eine bedeutende Menge Naphta durch Pumpen gewonnen.

Zur Aufsammlung des frei ausfließenden Oeles sind die Bohrlöcher in einiger Entfernung mit Erdwällen umgeben und der Boden ist mit Gräben durchzogen, in denen sich die Naphta ansammelt, um in eine Vertiefung zusammen zu laufen. Wird sie von hier aus nicht rasch mittels Pumpen gehoben und in geschlossene Behälter gebracht, so bildet

sich ein Naphtasee. Ein solcher ist aber, wie schon oben bemerkt, immer ein Nachtheil, weil beim längeren Stehen des Oeles an freier Luft sehr viel werthvolle Theile verdunsten. Trotzdem sieht man in Balakhani oftmals solche Seen, da namentlich die kleineren Unternehmer für Aufnahme und Weiterbeförderung großer Massen von Naphta nicht vorgesehen sind.

Die *Behälter*, welche zur Aufnahme der Rohnaphta in Balakhani meist benutzt werden, sind von gleicher Einrichtung wie diejenigen, welche auch zur Aufbewahrung des fertigen Oeles in den Raffinerien oder an großen Umladestellen in Anwendung sind. Es sind gewaltige, bis zu 250 000 MC. Naphta fassende Gefäße von cylindrischer Gestalt, welche aus zusammen genieteten Eisenblechplatten frei auf die Erde, also ohne Fundament aufgebaut und mit einem flachen kegelförmigen Blechdach abgedeckt sind. In Anbetracht der gewaltigen Massen, die ein solcher Behälter aufzunehmen hat, ist seine Bauart eine sehr leichte: die unteren Wandbleche haben eine Stärke von nur 9<sup>mm</sup> und weiter oben verjüngen sie sich noch, so daß die obersten nur 4<sup>mm,5</sup> dick sind und weder innen, noch außen sind Streben oder Gerüste angebracht. Mittels Pumpen werden sie mit Naphta gefüllt, welche darin einige Zeit zum Absetzen von Schlamm, Sand und Wasser stehen bleibt.

Der *Transport der Naphta* von Balakhani in die Raffinerien von Baku oder an die Umladestellen geschieht vorwiegend durch frei auf der Erde liegende Rohrleitungen nach amerikanischem Systeme, deren jetzt 11 vorhanden sind. Zwei davon, mit 125<sup>mm</sup> und 150<sup>mm</sup> weiten Eisenröhren, gehören der Firma *Gebrüder Nobel*, andere *Mirzoeff*, *Lianozoff*, der *Baku'schen Naphta-Gesellschaft* u. A. — Brunnenbesitzer, welche keine eigene Leitung haben, benutzen gegen Ersatz von 1 bis 1½ Kopeken für das Pud (12 bis 18 Pf. für 1 MC.) beförderter Naphta die Leitungen der größeren Gesellschaften. Für Beförderung von der *Nobel'schen Fabrik* bis zur Bahnstation Baku wird auf das Pud des Weiteren 1 bis 1,25 Kopeken (12 bis 15 Pf. für 1 MC.) berechnet.

Die Herstellungskosten für die größere Leitung der Firma *Nobel* betragen 800 000 M. Nach ihrer Erstellung gingen die Transportkosten von 108 auf 30 Pf. für 1 MC. zurück. Dieselbe Firma benutzt zur Naphtabeförderung zwei große Dampfpumpen zu je 30 Pferd; durch jede derselben können innerhalb 24 Stunden 26 000 MC. Naphta von Balakhani nach Baku befördert werden. Außerdem besitzen *Gebrüder*

*Nobel* auf den Petroleumfeldern zu Balakhani noch 65 Stationspumpen, auch 95 Dampfkessel (insgesamt mit Rohnaphta geheizt, deren Verbrauch hierfür etwa 1 Procent der Gesamtgewinnung beträgt) und 75 Dampfmaschinen.

Ein kleinerer Theil der Rohnaphta geht auf der Eisenbahn in Cisternenwagen zu je 100 MC. (600 Pud) nach dem Bahnhofe zu Baku. Man wählt dieses immerhin theurere Transportmittel jedoch meist nur dann, wenn die Rohnaphta auf der Hauptbahn über Batum weiter befördert werden soll, was dann selbstverständlich in denselben Cisternenwagen geschieht. Uebrigens geht auch eine Rohrleitung von Balakhani an den Bahnhof Baku, woselbst mehrere große Sammelbehälter sich befinden.

Endlich sei erwähnt, daß immer noch kleine Mengen Rohnaphta von Balakhani aus auf Kamelen in die benachbarten Gebiete, nach Daghestan, auch nach Persien bis Kurdistan verführt werden, wo das ungereinigte Oel in primitiven Ampeln gebrannt wird. Ein Kamel befördert etwa 300<sup>k</sup> Oel. Desgleichen wird auch noch von ganz kleinen Unternehmern eine geringe Menge Rohöl auf den dort allgemein gebräuchlichen zweirädrigen persischen Wagen, *Arba* genannt, in die Raffinerien der schwarzen Stadt gefahren, wobei immer ein Fafs Oel im Wagen liegt, während das andere zwischen den oft über 2<sup>m</sup>,5 hohen Rädern hängt. Bis zum J. 1875, da *Gebrüder Nobel* die erste Rohrleitung legten, geschah die gesammte Oelverfrachtung fast ausschließlich in solchen Arbas und dieselbe bildete für die umwohnenden Tartaren einen sehr bedeutenden Nebenverdienst. Die Ausgaben für diesen Versandt sollen im letzten Jahre vor Einführung der Rohrleitungen nicht weniger als etwa 2 Mill. Mark betragen haben und es ist deshalb leicht begreiflich, daß es nothwendig wurde, die Rohrleitungen zu Anfang vor Zerstörung durch die erbitterten Fuhrleute zu schützen.

### III. Die Raffination der Naphta.

Die Verarbeitung der rohen Naphta auf Brennöl und Schmieröl erfolgt zur Zeit fast ausschließlich in den Raffinerien der „Schwarzen Stadt“ (Tschorni Göröd), welches eine am Kaspischen Meer gelegene, an Baku sich anschließende Vorstadt bildet und durch einen ganzen Wald geschwärzter Schornsteine gekennzeichnet ist. Man zählte Ende 1885 in der Umgebung von Baku nicht weniger als 136 einzelne Raffinerien, davon 100 in Betrieb. Die bedeutendsten derselben sind:

	Eingerichtet auf Kerosin- erzeugung von
<i>Gebrüder Nobel</i> . . . . .	2 500 000 MC.
<i>Kaspische Gesellschaft</i> . . . . .	420 000
<i>Pallaschkowsky (Batum'sche Naphta-Gesellschaft)</i> . . . . .	420 000
<i>Tagjeff und Sarkisoff</i> (bei Bibieybat) . . . . .	330 000
<i>Baku'sche Naphta-Gesellschaft</i> (Surakhani) . . . . .	250 000
<i>Schibajeff und Comp.</i> . . . . .	170 000

Bedeutendere Werke bestehen ferner noch von *Mirzoëff, Oelrich und Comp., Adamoff, Nagieff, Manasoff* u. A.; im Uebrigen sind dann aber eine große Zahl kleiner und ganz kleiner, theilweise alter persischer „Raffinerien“ vorhanden, von denen manche nur 1 oder 2 Blasen aufweisen und nur einige Monate des Jahres arbeiten. Im Ganzen gibt es 12 Raffinerien, welche über 80 000 MC., 15, welche 16 000 bis 80 000 MC., und 109, die nur weniger als 16 000 MC. Kerosin jährlich liefern können.

In allen großen Anlagen hat man bei der Raffination der Naphta ihre *Destillation* und ihre *chemische Reinigung* zu unterscheiden, wobei jedoch die Destillation auf Brennöl (Kerosin) und die auf Schmieröl mit dazu gehörigen chemischen Reinigungsprozessen aus einander zu halten sind. Beide Destillationen werden nach einander, jedoch in besonderen Apparaten derart durchgeführt, daß man die Rückstände der ersten, der Kerosindestillation, aus den größeren Destillirkesseln in die kleineren Schmierölblasen abzieht und hierin weiter destillirt.

## A) Die Kerosin- (Brennöl-) Destillation.

Die *Rohnaphta*, welche in der Umgebung von Baku gewonnen wird, ist nicht von vollständig gleichmäßiger Beschaffenheit. Schon im specifischen Gewichte zeigen sich, wenn auch nur ausnahmsweise, erhebliche Schwankungen. Die Oele von Balakhani halten sich im Allgemeinen zwischen 0,855 bis 0,885, die von Sabuntschi zwischen 0,850 bis 0,880. Dadurch, daß sie durch Transport und in den großen Behältern mit einander vermischt werden, nehmen sie aber eine gewisse Gleichmäßigkeit an, so daß die in der „Schwarzen Stadt“ zur Destillation kommenden Rohöle ein mittleres specifisches Gewicht von 0,865 bis 0,870 aufweisen. Die Naphta von Bibieybat, welche von *Tagjeff und Sarkisoff* aufgearbeitet wird, ist erheblich leichter: 0,855 bis 0,858. Bei dem meist hohen Gehalte an leichtflüchtigen Theilen nimmt das specifische Gewicht der Naphta von der Quelle bis zur Raffinerie durch Verdunstung stets etwas zu.

Entsprechend dem specifischen Gewichte ist selbstverständlich auch der Gehalt an leichtflüchtigen, unter dem Brennöl überdestillirenden Theilen, sowie an Brennöl selbst sehr verschieden. Es geben die Oele von:

	Balakhani-Sabuntschi	Bibieybat
Leichtflüchtige Theile (Benzin u. s. w.)	5 bis 6 Proc.	10,5 Proc.
Leuchtöl I. Güte (Kerosin)	27 „ 33	40
Leuchtöl II. Güte (Solaröl)	5 „ 6	13,5
Rückstände	50 „ 60	36

Gegenüber anderen Rohölen, insbesondere dem pennsylvanischen, ist der Leuchtölgehalt der kaukasischen Naphta ein nur geringer; denn es ergibt das Rohpetroleum aus 100 Theilen:

	Pennsylvanien	Galizien	Rumänien	Elsafs
Leichtflücht. Oele	10 bis 20	3 bis 6	4	—
Leuchtöl	60 „ 75	55 „ 65	60 bis 70	35 bis 40
Rückstände	5 „ 10	30 „ 40	25 „ 35	55 „ 60

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Rückstände der Baku'schen Raffinerien durch ihre vorzügliche Eignung für die Gewinnung von Schmierölen an sich werthvoller sind als die anderen.

## a) Die Destillations- und Kühlapparate.

Die *Behälter*, in welchen die Rohnaphta in den Raffinerien zur letzten Klärung aufbewahrt wird, sind von gleicher Construction wie die an den Oelquellen aufgestellten. In der *Nobel'schen* Raffinerie stehen 3 solcher

Behälter für Rohnaphta zu je 15 000 MC. Von den Behältern aus geht die Naphta durch Röhren in die Destillirkessel bezieh. die Vorwärmapparate.

In den größeren Raffinerien fand ich nur die folgenden drei *Kessel*-*formen*:

1) *Stehende schmiedeiserne Kessel*, von cylindrischer Gestalt, etwa ebenso hoch als weit, mit nach oben gewölbtem Boden und gewöhnlichem Helm, welcher nach dem Kühler führt. Fassungsraum bei  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{4}{5}$  Füllung 80 bis 100 MC. Die Feuerung ist eine unmittelbare und erfolgt mit Naphtarückständen. Für Kerosindestillation sind diese Kessel übrigens nur wenig mehr in Anwendung und werden mehr und mehr durch die unter 3 beschriebene Construction ersetzt.

2) Der sogen. *Waggonkessel* ist in Textfig. 1 und 2 abgebildet und

Fig. 1.

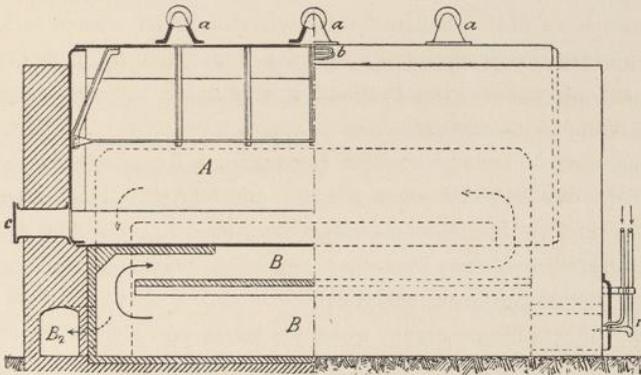
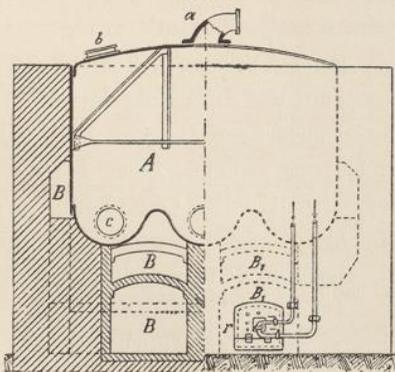


Fig. 2.



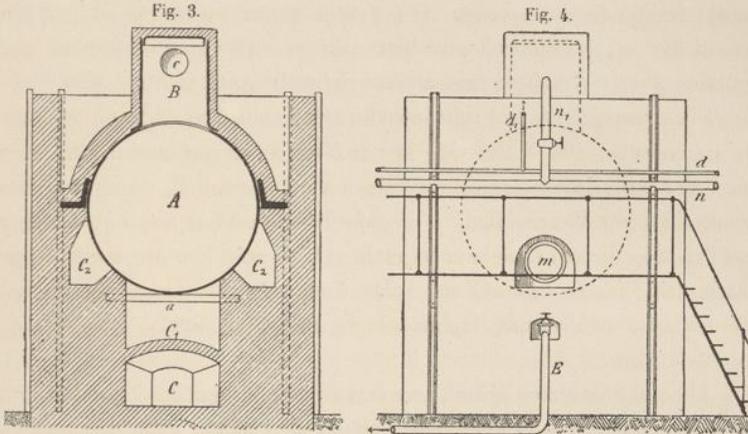
besteht aus dem aus Schmiedeisenplatten zusammengenieteten, in den größten Ausführungen 7<sup>m</sup> langen, 4<sup>m</sup> breiten, 3<sup>m</sup> hohen (von der tiefsten Stelle des Bodens bis zum Helm) kastenförmigen Kessel *A* mit in der Breite nach dreifach gewelltem Boden, schwach nach oben gewölbtem Deckel und den drei Helmen *a*, welche die Dämpfe nach dem Kühler abführen; *b* ist eine Arbeitsöffnung, *c* sind drei Ablassstutzen für die Rückstände. Die Anordnung der inneren Verstreben des Kessels, desgleichen die Einmauerung mit Feuerzügen *B* und *B*<sub>1</sub>, sind aus den Figuren leicht zu entnehmen. Von dem Rückstands Brenner *r* aus, deren zwei neben einander vorhanden sind und welche in die überwölbten Feuerkanäle *B*, *B*<sub>1</sub> einmünden, schlägt die Flamme zum Schutze des Kesselbodens zuerst unter feuerfesten Gewölben hindurch, wendet sich am Ende des Kessels, dessen Boden hier auch noch mit feuerfesten Steinen verkleidet ist, wieder nach vorn, um dann in die Höhe zu steigen und zu beiden Seiten des Kessels sich zuerst wieder rückwärts, dann abwärts zu wenden und durch den Feuerkanal *B*<sub>2</sub> in den Schornstein zu entweichen. Die Destillation wird durch Einleiten gespannten Wasserdampfes unterstützt.

Bei einem Fassungsvermögen eines solchen Kessels (kleinere Sorte) von etwa 350 MC. und einer Füllung mit 300 MC. Rohöl können in 24 Stunden 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Destillationen ausgeführt, also 700 bis 800 MC. Rohnaphta destillirt werden, was einer ungefähren täglichen Erzeugung von 200 bis 250 MC. Kerosin entspricht.

Die frühere Einmauerung, wobei die Stützmauern in die Vertiefungen des gewellten Bodens eingriffen, so daß die drei Auswölbungen nach unten frei lagen und drei Feuerräume entstanden, hat man wegen rascher Zerstörung des Kesselbodens verlassen.

3) *Walzenkessel*. Ein solcher hat cylindrische Gestalt und ist in Fig. 3 und 4 in Querschnitt und Aufrifs abgebildet. Als Material dienen ebenfalls 10<sup>mm</sup> dicke Schmiedeisenplatten; die Länge schwankt zwischen 5 und 6<sup>m</sup>, der Durchmesser zwischen 2 und 3<sup>m</sup>; die kleineren fassen bei <sup>3</sup>/<sub>4</sub> bis <sup>4</sup>/<sub>5</sub> Füllung etwa 170 MC. (1000 Pud), die größten 270 MC. Ueber letztere Größe hinauszugehen, hat sich für den Betrieb als unpraktisch erwiesen. Der Kessel *A* liegt an beiden Enden auf eingemauerten Schienen *a* auf und ist außerdem durch eine Reihe neben einander an den Kessel genieteteter seitlicher Lappen im Mauerwerke festgehalten. Gegen Uebersteigen der Flüssigkeit ist ein großer Dom *B*

aufgesetzt, aus dem die Oeldämpfe durch eine Oeffnung  $c$  in eine eiserne Rohrleitung von gleicher Weite entweichen, durch welche sie dann nach



dem Kühler geführt werden. Der Rückstandsbrenner wird bei  $C$  eingeführt, seine Flamme schlägt zunächst unter dem Gewölbe hindurch, tritt am entgegengesetzten Ende über das Gewölbe in den Raum  $C_1$ , zieht in entgegengesetzter Richtung unmittelbar unter dem Kessel nach vorn, vertheilt sich hier, um in ursprünglicher Richtung zu beiden Seiten des Kessels, durch  $C_2$ , in den gemeinsamen Abzugskanal und in den Schornstein zu gelangen. Falls man die Rückstandsflamme unmittelbar, also ohne ein Schutzgewölbe unter den Kesselboden treten läßt, so muß der bedeutenden Hitze wegen der Brenner mindestens  $1^m,75$  unterhalb des Kesselbodens angebracht sein. Kessel, in denen die Feuerung nach Art der Cornwallkessel in einem weiten Feuerrohre erfolgt, kommen nur ausnahmsweise zum Abtreiben des Benzins zur Anwendung.

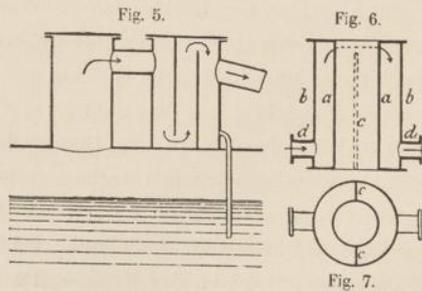
In den meisten Raffinerien steht immer eine größere Zahl Destillirkessel neben einander und hinter denselben läuft ein gemeinsames Rohr  $n$  mit Naphta hinweg, von welchem aus Zweigröhren  $n_1$  zur Speisung der einzelnen Kessel abgehen, desgleichen ein Dampfrohr  $d$  mit Zweigröhren  $d_1$ , um die Destillation in jedem einzelnen Kessel durch Einleitung von gespanntem Dampf unterstützen zu können.  $E$  ist das an der tiefsten Stelle des Kessels eingesetzte Abflußrohr für die Rückstände. Das Mannloch  $m$  dient zum Reinigen des Kessels. Da durch Bruch der mit den sehr heißen Rückständen gefüllten Rohrleitungen schon gefährliche Brände entstanden sind, die es unmöglich machten, zu den be-

treffenden Abschlussventilen zu gelangen, um den Auslauf zu unterbrechen, hat man in neuester Zeit die Ventile mit gutem Erfolge in den Rohr- ansatz *in* den Kessel verlegt. Die Ventilstangen ragen oben über den Kessel heraus, lassen sich von hier aus jederzeit noch einstellen und der Kessel erhält dadurch einen sehr sicheren inneren Abschlufs.

Eine vorzügliche und sehr bewährte Schutzmafsregel gegen das Ent- stehen eines Brandes findet sich in der *Nobel*-schen Raffinerie; dort läuft vor jeder Batterie von Destillirkesseln ein offener Kanal, durch welchen ununterbrochen Wasser fließt, so dafs jeder Tropfen Naphta, welcher von den über diesem Kanale angebrachten Leitungen heruntertropft, sofort durch das Wasser fortgeführt wird. Anderenfalls würden Mauerwerk und Boden allmählich mit Naphta völlig durchtränkt und in hohem Grade feuergefährlich.

Als ein sehr gutes Mittel, um den Bruch der gufseisernen Rohrlei- tung, durch welche die über 300° heifsen Rückstände abgeleitet werden und die dadurch eine sehr starke Ausdehnung erfährt, zu vermeiden, hat sich das Einsetzen kupferner Rohrstücke von der Form eines  $\Omega$  mit stark 1<sup>m</sup> Spannweite in die Rohrleitung erwiesen. Je nach Länge der Leitung werden ein oder mehrere solcher Einsätze gegeben.

Nicht selten ist zwischen dem Helm der Destillirblase und dem Kühler ein *Dephlegmator* oder sogen. „*Separator*“ eingeschaltet, den die Oeldämpfe zur Verdichtung mitgerissener Schmieröle durchziehen müssen und aus welchem die verdichteten Oele entweder in den Destillirkessel zurück- oder aber in einen besonderen Behälter abfliefsen, um durch eine weitere Rectification auf ein Leuchtöl II. Güte (Solaröl) verarbeitet zu werden. Fig. 5 bis 7 verdeutlichen zwei einfache Einrichtungen



dieser Art. Fig. 5 bedarf keiner besonderen Erläuterung; der betreffende Apparat wird meist unmittelbar neben den Helm auf den Kessel gesetzt

und die verflüssigten Theile fließen durch das unter dem Spiegel der siedenden Naphta endigende Rohr in den Kessel zurück. Fig. 6 und 7 stellen einen ungefähr 2<sup>m</sup> hohen, etwa 0<sup>m</sup>,5 weiten, oben und unten offenen Eisenblechcylinder *a* mit dem etwa 0<sup>m</sup>,7 weiten Blechmantel *b* dar. Die Dämpfe treten durch den Stutzen *d* in den oben und unten mittels ringförmiger Platte verschlossenen Raum zwischen beiden Cylindern, gehen über zwei einander gegenüber stehende Zwischenwände *c* hinweg und entweichen durch *d*<sub>1</sub> in den Kühler. Das abgeschiedene Oel sammelt sich unten und wird durch ein besonderes Rohr abgelassen. Bei kalter Jahreszeit wird der innere Cylinder oben abgedeckt, so daß die Luft innen nicht mehr kreisen kann und ebenso muß oft auch der äußere Cylinder mit Schutzmantel umgeben werden, damit sich nicht zu viel Kerosindämpfe verdichten.

Auch im Walzenkessel werden innerhalb 24 Stunden 2½ Füllungen abgetrieben, so daß sich die tägliche Leistungsfähigkeit solcher Kessel je nach Größe zwischen 425 und 675 MC. zu destillirender Rohnaphta, bezieh. 125 und 250 MC. zu gewinnenden Kerosins hält.

Als *Kühler* werden bei der Kerosindestillation durchweg Wasserkühler verwendet; sie sind in den meisten Fabriken hinter den Destillirkesseln aufgestellt und stehen mittels eiserner Röhren mit den Kesselhelmen unmittelbar oder unter Einschaltung von ein oder zwei Dephlegmatoren in Verbindung. In Verwendung fand ich hauptsächlich die folgenden drei Kühlsysteme:

1) *Schlangenkühler* oder in ähnlicher Anordnung hin und her gebogene, ungefähr 10<sup>cm</sup> weite Schmiedeisenröhren. Dieselben weichen in ihrer Einrichtung von den allgemein bekannten Kühlern dieser Art nicht ab und werden neuerdings mehr und mehr verlassen, weil ihre Reinigung von dem bei der Destillation sich ansetzenden Schwefel große Schwierigkeiten darbietet und das Schmiedeisen durch die Kerosindämpfe zu rasch durchfressen wird; sie halten nur etwa 1 Jahr lang und werden fast nur noch bei Verdichtung der leichten Oele (Benzin, Gasolin u. dgl.) angewendet.

2) Ein *Röhrenkühler* aus Gufseisen ist in Fig. 8 und 9, Aufrifs und Grundrifs, zur Darstellung gebracht; 4 Röhren liegen in wagerechter Ebene neben einander und je 6 solcher Reihen über einander, so daß ein ganzes System aus 24 Röhren besteht. Die Kerosindämpfe treten

durch Rohr  $a$  ein, vertheilen sich in dem Kopfstück  $b$ , dann in die 4 obersten Röhren, vereinigen sich wieder in  $b_1$ , treten von da nach  $b_2$ ,

Fig. 8.

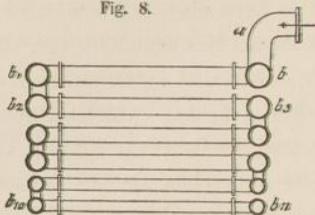


Fig. 9.



von da wieder durch 4 Röhren nach  $b_3$  u. s. f. bis  $b_{11}$ , von wo der Abfluss des Oeles bezieh. der Uebertritt der nicht verflüssigten Dämpfe in ein zweites solches System oder deren unmittelbare Ableitung erfolgt. Die Gesamtlänge der Röhren für einen Walzenkessel mittlerer Größe soll mindestens 60m betragen, beträgt aber in gut eingerichteten Raffinerien bis zu 100m bei einer lichten Rohrweite von 15 bis 20cm; auch wählt man in Rücksicht darauf, dass das Volumen der Dämpfe sich durch Verdichtung gegen das Ende mehr und mehr verringert, für die ersten Lagen weitere, etwa 20cm weite, Röhren, geht in der Mitte auf 17, schließlich auf 14cm zurück.

In großen Raffinerien läuft hinter einer Reihe von Destillirkesseln ein langer, kanalförmiger, aus Holzbohlen gefertigter Behälter hinweg, in welchem die Röhrenkühler, meist 2 Systeme neben einander, liegen und durch den das Kühlwasser von dem einen Ende nach dem anderen langsam hindurchfließt. Zur Kühlung wird allgemein das mittels besonderer Pumpen gehobene Wasser des Kaspischen Meeres benutzt und müssen, weil dasselbe in heißer Jahreszeit bis 28° warm wird, deshalb die Kühlröhren entsprechend lang genommen werden. Sehr häufig — und dies insbesondere bei absatzweiser Destillation — liegen immer nur ein oder zwei solcher Röhrenkühler in besonderen Wasserkästen, so dass hinter jedem Kessel der dazu gehörige Kühlbehälter mit Röhrenkühler aufgestellt ist.

3) Die *Kastenkühler* sind nur wenig angewendet und bestehen aus einem im Querschnitte runden oder quadratischen Behälter aus Eisenblech, durch welchen eine große Zahl senkrechter Röhren hindurchzieht; das Kühlwasser fließt durch diese Röhren, während die Kerosindämpfe in dem kastenförmigen oder cylindrischen Raum die Kühlwasserröhren umspülen und sich verdichten. Ich sah an solchen Kühlern mehrfach eine

Art Sicherheitsventil angebracht, welches bei plötzlicher massenhafter Dampfentwicklung im Kessel in Wirksamkeit tritt. Dasselbe besteht aus einer großen, in ringförmiger Rinne stehenden und durch einen Wasserverschluss abgesperrten Blechglocke, deren Innenraum durch ein weites Rohr mit dem Dampfraume des Kühlers in Verbindung steht. Bei plötzlicher massenhafter Dampfentwicklung wird diese Glocke in die Höhe gehoben bezieh. gefahrlos abgeschleudert.

Der *Ablauf der Oele aus den Kühlröhren* erfolgt geschlossen; da jedoch Oele und Wasser sich zugleich verflüssigen, so muß eine Scheidung beider bewirkt werden, was meist in Apparaten nach Art der Florentiner Flaschen geschieht. Eine Einrichtung dieser Art, wobei auch noch die Farbe des jeweils sich verdichtenden Oeles durch eine Laterne beobachtet werden kann, ist in Fig. 10 abgebildet. Oel und Wasser fließen aus dem Kühler bei *a* in den eisernen Cylinder *A*, in

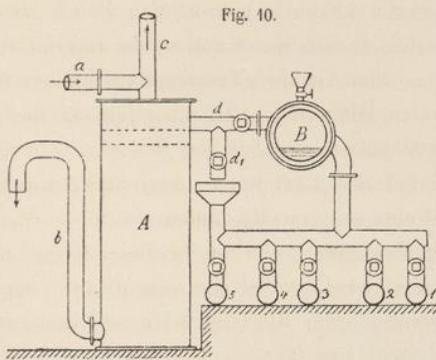


Fig. 10.

welchem die Scheidung von Oel und Wasser erfolgt. Das Wasser fließt durch ein Rohr *b* ab, nicht verflüssigte Dämpfe und Gase treten durch das Rohr *c* in die Luft, die Oele fließen durch *d* in die Laterne *B*, woselbst sich immer eine kleine Menge Oel sammelt, welche durch die Glasscheiben der Laterne beobachtet werden kann. Aus der Laterne erfolgt dann die Weiterleitung je nach betreffender Hahnstellung durch die Röhren *1* bis *5*. Die leichtesten Oele gehen durch *1*, die schwereren durch *2* u. s. f.; die schwersten leitet man aus dem Rohre *d* meist unmittelbar in die Abflusssäule *5*, wozu ein besonderer Abflusstutzen *d<sub>1</sub>* vorhanden ist. Die Oelabflusssäulen sämtlicher Kühlssysteme einer Raffinerie endigen insgesamt in einen geschlossenen Raum, woselbst ihre Enden mit betreffenden Nummern versehen sind. Hier werden

die ablaufenden Oele auf ihr specifisches Gewicht geprüft und dann mittels Röhrenansätzen von verschiedener Länge in Rinnen mit anderen Oelen zu Kerosinen u. dgl. von gewünschten specifischen Gewichten vermischt und zur chemischen Reinigung gebracht.

b) *Die Rückstandsfeuerung.*

Bei dem fast gänzlichen Mangel an Holz und Kohlen in der Umgebung Bakus hat man sich in den dortigen Raffinerien von Anfang an darauf eingerichtet, die bei der Destillation in großer Menge (etwa 55 bis 60 Proc.) hinterbleibenden schwersiedenden Rückstände, dortselbst von den tatarischen Arbeitern „*Massud*“, von den Russen „*Astarki*“ genannt, als Heizmaterial zu benutzen. Die einfachste, noch jetzt in kleinen Anlagen übliche Art und Weise der Verbrennung dieser Rückstände besteht darin, daß man sie in flachen Schalen in den Feuerungsraum einschiebt, oder aber auf Schalen oder Steine, manchmal auch unmittelbar auf die Herdsohle der Feuerung auftropfen und dortselbst abbrennen läßt. Daß eine solche Art der Verbrennung mit gewaltiger Rufsentwicklung verbunden sein muß, ist selbstverständlich und zeigt sich auch an dem schwarzen Qualm, welcher den Schornsteinen der vielen kleineren Raffinerien bei Baku entsteigt. Auch die Ausnutzung des Heizwerthes ist dabei eine sehr unvollkommene.

Ogleich zur Zeit eine nicht unerhebliche Menge des *Massud* auf Schmieröl verarbeitet wird, wobei ein sehr dicker, zum Heizen nicht ohne weiteres verwendbarer Rückstand hinterbleibt, entstehen bei der Raffination des Erdöles von Baku doch so gewaltige Massen Rückstände, daß sie nicht bloß zur Heizung bei Destillation von Kerosin und Schmieröl, sowie zur Dampferzeugung ausreichen, sondern auch noch zu billigen Preisen an andere Fabriken, sowie zur Heizung der Dampfkessel auf Schiffen und Locomotiven auf große Entfernungen abgegeben werden. Die Dampfschiffe des Kaspischen Meeres, theilweise auch des Schwarzen Meeres und die der Wolga, die Locomotiven der transkaukasischen (Poti-Baku), sowie der transkaspischen, auch einiger anderer russischen Bahnen sind mit Rückständen der Baku'schen Raffinerien, wenn nicht sogar mit roher Naphta, geheizt.

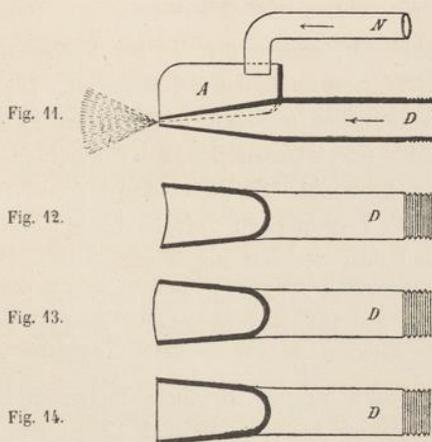
Der *Heizwerth der Rückstände* beträgt nahezu das Doppelte von dem der Steinkohle. Gewöhnliche Brenner geben 12fache Verdampfung; mittels Brenner bester Construction können mit 1<sup>k</sup> Rückständen aber

14 bis 15<sup>k</sup> Wasser verdampft werden. Für die Destillation von 100 Th. Rohnaphta auf Kerosin werden 3 bis 4 Th. Rückstände verbraucht.

Der Rückstandsbrenner<sup>10</sup>, dort „Forsunka“ genannt, um dessen Einführung und Verbesserung sich ganz besonders die Firma *O. K. Lenz* in Baku große Verdienste erworben hat, kommt in den verschiedenartigsten Formen zur Anwendung. Immer läuft es darauf hinaus, daß die Rückstände durch gespannten Wasserdampf zerstäubt und dann verbrannt werden. Zerstäubung mittels Luft hat sich nicht bewährt; die frei zutretende Luft reicht zur Verbrennung vollständig aus und schon dabei können Flammentemperaturen erzielt werden, welche das Schmiedeisen zum Schmelzen bringen. Aus diesem Grunde müssen auch Kesselboden, Heizröhren u. dgl. vor zu unmittelbarer Berührung mit der Flamme der Forsunka geschützt werden.

Da bei jetziger Ueberproduction an Steinkohlentheer die Heizung mit Theer vielleicht wieder größere Bedeutung erlangen wird, dürfte es bei der Gleichartigkeit der Bedingungen, unter denen die beiden Materialien verbrennen, von Werth sein, die wichtigeren Rückstandsbrenner kennen zu lernen.

Fig. 11 ist eine in Baku vielfach verwendete Forsunka abgebildet; sie besteht aus dem 26mm lichtweiten Eisenrohre *D*, das an seinem vor-



deren Ende platt geschlagen ist, so daß nur noch ein etwa 0,5 bis 1mm weiter Schlitz offen bleibt, durch welchen der durch dieses Rohr ge-

<sup>10</sup> Vgl. Uebersicht in *Dingler's polytechnischem Journal*, 1885 258 \* 418.

leitete Wasserdampf hervordringen kann. Die Zuleitung der Rückstände erfolgt durch Rohr *N*, wobei das aus demselben ausfließende dicke Oel in einem napfartigen Aufsatz sich vertheilt, um am vordersten Ende über den Dampfschlitz herunter zu fließen, durch den ausströmenden Dampf aufs feinste zerstäubt und dann verbrannt zu werden. Die Anordnung dieser Forsunka unter einem Destillirkessel ergibt sich aus Fig. 1 und 2 (siehe oben). Je nachdem man der Röhre *D* die Form von Fig. 12, 13 oder 14 ertheilt, nimmt der entstehende Flammenbüschel eine mehr spitze, breite oder mittlere Form an. Durch Hähne, welche sich in der Verlängerung der Röhren *N* und *D* finden, wird der richtige Zutritt von Dampf und Rückständen geregelt.

Eine zweite häufig angewendete Forsunka, System *Brandt*, ist Fig. 15 in 0,2 n. Gr. abgebildet. Durch das Gufsstück *a* aus Messing gehen

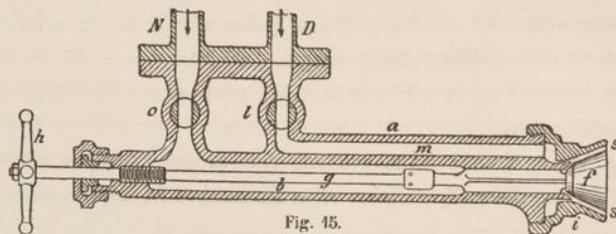
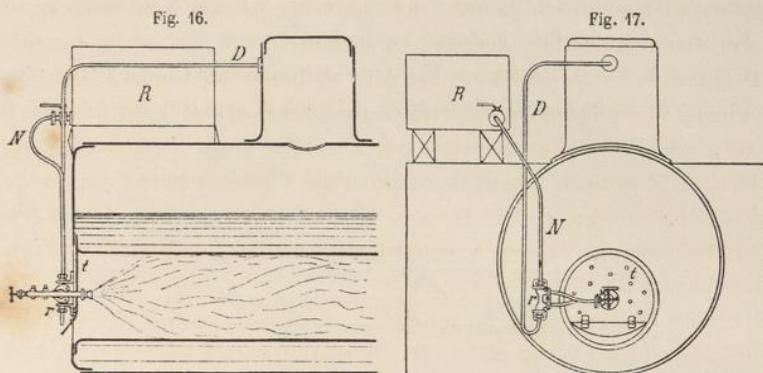


Fig. 15.

Röhren *b* und *m* hindurch, erstere für die bei *N* eintretenden Rückstände, letztere für Wasserdampf, der bei *D* Zutritt. Die Rückstände treten durch einen ringförmigen, mittels Kegel *f* vom Griffe *h* und Spindel *g* zu verstellenden Schlitz aus, während der Dampf durch einen um diesen angeordneten Schlitz entweicht. Zwischen Kegel *f* und dem ebenfalls verstellbaren Kopfstück *i* vermischen sich beide und treten bei *s* als feiner Strahlenbüschel aus, welcher angezündet wird. Die Regelung von Dampf und Rückständen erfolgt nicht mittels der Hähne *o* und *l*, welche bei Gebrauch des Brenners vollständig geöffnet sind, sondern durch Verstellung des Kegels *f*.

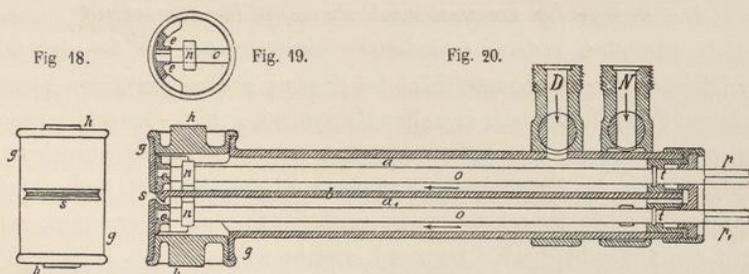
Die Anordnung eines solchen Brenners in einem gewöhnlichen *Dampfkessel* (Cornwall) ist aus Fig. 16 und 17 zu entnehmen. Die Rückstände laufen aus dem Behälter *R* durch Rohr *N* in den Brenner, während der Dampf aus dem Dome des Dampfkessels durch *D* ebendahin geleitet wird. Bei *r* ist der ganze Brenner in wagerechter Ebene drehbar, so daß er also bei Drehung um etwa 90° aus der Oeffnung

der Thür  $t$  heraustritt. Um Explosionen unmöglich zu machen, geschieht die Entflammung in letzterer Stellung, also vor Einführung in den



Feuerungsraum. Die nöthige Luft tritt durch die Löcher der Thür  $t$ , sowie durch eine mittels Klappe zu stellende gröfsere Oeffnung zu.

Eine Lenz'sche Forsunka findet sich in Fig. 18 bis 20 abgebildet; sie besteht aus dem Doppelrohre  $a, a_1$  aus Messing, an welches sich einerseits die cylindrische, oben und unten mittels Schraubendeckel  $h$  ver-



schließbare Mischkammer  $g$  anschliesst; die drehbaren, mittels Schlüssels bei  $p$  und  $p_1$  verstellbaren Stangen  $o$  laufen bei  $t$  und bei  $n$  in festen Lagern und endigen in excentrisch angesetzten Zapfen (vgl. Fig. 19). Letztere greifen in halbcylindrisch geformte Gleitstücke  $e$  ein, so dafs je nach Drehung bei  $p$  und  $p_1$  und Stellung der excentrischen Zapfen diese Gleitstücke nach oben oder nach unten verschoben werden können, um so der Zunge  $b$  mehr oder weniger nahe zu kommen und den Zuflufs von Dampf und Rückständen genau zu regeln. Diese treten fein zerstäubt durch den wagerechten schlitzförmigen Mund  $s$ , welcher zur Hälfte oder etwas weniger um die cylindrische Kammer  $g$  herumläuft, als

Flammenbüschel aus. Die Zuleitungsrohre *D* und *N* sind mit Hahn für Dampf und Rückstände nach *a* bezieh. *a*<sub>1</sub> versehen. Für 1 Stunde und Pferd verbraucht diese Forsunka etwa 3 bis 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Rückstände von 0,910 sp. G. und 140° Entzündungspunkt.

Der auf den *Nobel* sehen Werken theilweise verwendete Brenner von *Sandgreen* ist in Fig. 21 verdeutlicht. Durch *N* und *D* treten Rückstände

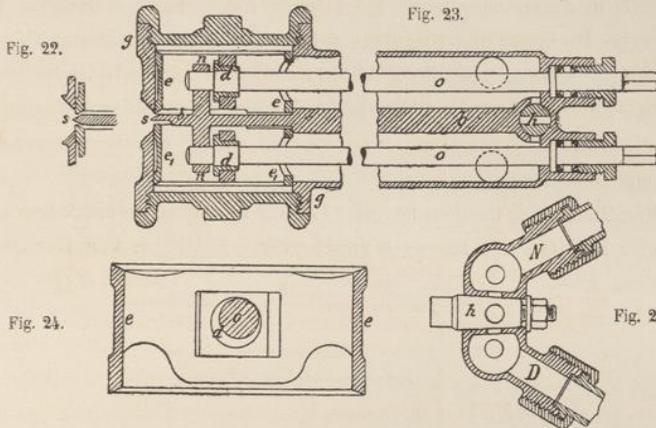


bezieh. Dampf in die beiden durch die Wand *f* in zwei Hälften getheilte Kammer *AB*. Die Ausströmung der Naphta wird durch Verstellung der Mundstückplatte *k* mittels Hebel *h* und Stange *l* während des Brennens geregelt; die Mundstückplatte *k*<sub>1</sub> für den Dampf wird von vorn herein festgestellt. Durch *g* kann der Dampf behufs Reinigung nach Zurückziehen des Kegels *m* auch in die Abtheilung *A* geleitet werden.

Die *Brenner für Locomotivkessel*, überhaupt für *Röhrenkessel*, müssen nach wesentlich anderen Grundsätzen construirt sein als die oben beschriebenen, welche hauptsächlich bei Heizung in lang gezogenen kanalartigen Feuerräumen oder in weiten Röhren, wie z. B. in Cornwallkesseln, dienen; denn unter Anwendung derselben würden durch die entstehende Stichflamme die Feuerbüchsen ungemein leiden. Man ist deshalb bestrebt, für solche Kessel eine mehr vertheilte Flamme zu erzeugen, was bei den folgenden beiden Brennern erreicht wird.

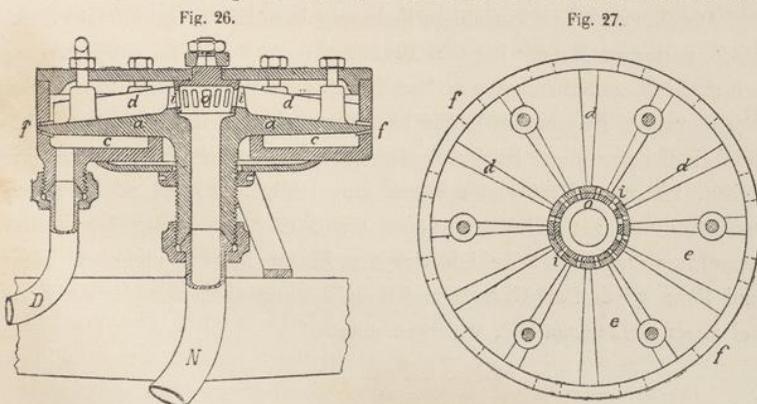
Der eine derselben, von *Lenz*, ist in Fig. 22 bis 25 in 0,15 n. Gr. zur Darstellung gebracht. In seiner allgemeinen Anordnung schließt er sich aufs engste an die oben in Fig. 20 gezeichnete Forsunka an, weshalb darüber nichts ausführlicher gesagt zu werden braucht. Der Brenner unterscheidet sich nur dadurch von jenem, daß der schlitzförmige Mund *s* um die ganze cylindrische Kammer *g*, soweit dieselbe nicht an dem Zuleitungsstück festsetzt, herumläuft, wodurch also eine ringförmige Ausströmung der zerstäubten Rückstände bewirkt wird. Hierfür müssen selbstverständlich auch die Gleitstücke *e* und *e*<sub>1</sub> cylindrisch sein, d. h. also sich in der Kammer *g* nach Art eines Kolbens auf- und abwärts

bewegen lassen. Letzteres erfolgt mittels der Regulirstangen *o*, welche in den mit der feststehenden Zunge *b* verbundenen Lagern *n* drehbar



sind. Durch Drehung der auf *o* befestigten excentrischen Ringe *d* (Fig. 24) können die cylindrischen Gleitstücke *e* bezieh. *e*<sub>1</sub> gehoben und gesenkt werden, um so durch den Mund bei *s* nach Belieben mehr Dampf oder Rückstände austreten zu lassen. Fig. 25 bildet einen senkrechten Schnitt durch Fig. 23 bei den Zuleitungsrohren *D* für Dampf und *N* für Rückstände oder rohe Naphta. Mittels Hahn *h* kann zum Reinigen des Brenners auch Dampf in die Oelkammer geleitet werden. Fig. 22 endlich zeigt eine etwas abgeänderte Gestalt von Zunge und Mund des Brenners.

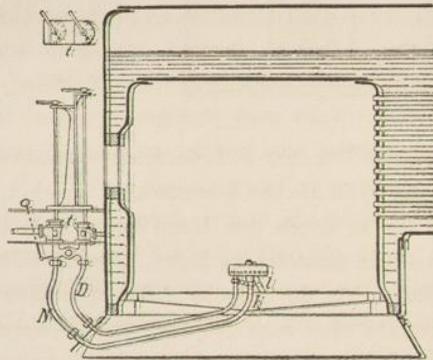
Endlich ist in Fig. 26 und 27 ein Brenner für Locomotivkessel von



*Brandt* abgebildet. Die Brennerkammer ist durch die wagerechte Scheibe *a* in zwei ungleiche Räume getheilt, in deren unterem der Dampf durch Rohr *D*, in deren oberem die Rückstände durch Rohr *N* treten. Durch schwache Drehung des Einsatzes *o* lassen sich die Oeffnungen *ü* weiter oder enger stellen und die Zuströmung der Rückstände sonach genau regeln. Letztere treten zwischen den Rippen *d* durch die Abtheilungen *e* und die Schlitz *f* radial aus und werden durch den darunter ausströmenden Dampf zerstäubt.

Fig. 28 zeigt denselben Brenner *l* in der Feuerbüchse eines Locomotivkessels, inmitten des Rostes *k* angebracht. Zuleitung von Rückständen

Fig. 28.



und Dampf erfolgt durch Röhre *N* und *D* mit Regulirventilen *u*. Der Verbrauch an Naphta für Beförderung eines Zuges mit 20 geladenen Wagen beträgt nach *Brandt* für 1<sup>km</sup> etwa 10<sup>k</sup>.

Die Vorzüge der Forsunken-Feuerung bestehen in sehr hoher Heizkraft, geringem Raume für den Brennstoffvorrath und für die Feuerung selbst, leichter Bedienung und Regulirbarkeit, sowie endlich rauchfreier Verbrennung. Es gewährt in der That einen eigenen Reiz, aus den zahlreichen Schornsteinen beispielsweise der *Nobel'schen* Werke nichts als heisse, zitternde Verbrennungsgase emporsteigen zu sehen. Weniger rauchfrei und geruchlos verbrennen die Rückstände in den Locomotivkesseln; wenigstens habe ich auf der Eisenbahnfahrt zwischen Tiflis und Baku wiederholt Geruch und Rauch, wenn auch weniger stark als bei unseren Locomotiven, wahrgenommen.

c) *Der Destillationsbetrieb.*

In den kaukasischen Raffinerien sind zwei Arten der Destillation in Anwendung: die absatzweise und die stetige. Die erstere ist naturgemäß in allen kleinen Fabriken, aber auch in sehr bedeutenden Werken, die letztere in den größten Raffinerieanlagen durchgeführt.

Bei der *absatzweisen Destillation* werden in kleinen Anlagen die oben beschriebenen stehenden, in den größeren Raffinerien sowohl diese, als auch die sogen. Waggonkessel, neuerdings jedoch meist die Walzenkessel verwendet.

Die Rohnaphta wird in allen kleineren Anlagen aus dem eisernen Behälter unmittelbar in die Destillirkessel geleitet, die Forsunka (Brenner) wird angezündet, dadurch der Destillationsprozess eingeleitet und so lange fortgesetzt, als noch Leuchtöl übergeht. Es kann nicht Zweck dieses Berichtes sein, über die Einzelheiten derartiger einfacher Destillationsbetriebe, deren es bei Baku noch eine große Anzahl gibt, Mittheilung zu machen; von Interesse sind nur die in ihren Einrichtungen auf der Höhe der Zeit stehenden größeren Anlagen.

Jede größere Raffinerie besitzt einen oder mehrere frei stehende eiserne Behälter, worin die Naphta vor der Destillation zum vollständigen Absetzen von Sand, Wasser u. dgl. vor ihrer Weiterverarbeitung immer einige Tage ruhig stehen soll. Diese Behälter stehen entweder so hoch, daß die Naphta durch die unten abzweigende Eisenrohrleitung von selbst in die Destillirkessel abläuft, oder aber es sind Pumpen bezieh. Druckkessel in die Leitung eingeschaltet, durch welche die Naphta gehoben werden kann. Außerdem fließt die letztere in den besser eingerichteten Anlagen nicht unmittelbar in die Destillirkessel, sondern wird vorher mittels der von vorausgehenden Destillationen stammenden, sehr heißen Rückstände auf 80 bis 130° vorgewärmt. Es geschieht dies entweder in der Weise, daß man die Rohnaphta in Röhren durch die in großen Behältern befindlichen Rückstände hindurchfließen läßt, oder aber, indem man umgekehrt die heißen Rückstände auf dem Wege ihrer Ableitung aus Destillirkessel in die Aufbewahrungsbehälter in eisernen Röhren durch große Kasten aus Eisenblech hindurchleitet, in welchen sich die nachher zu destillirende Rohnaphta befindet. Durch dieses Vorwärmen erzielt man den doppelten Vortheil einer Ersparung an Heizmaterial, sowie einer Schonung des Destillirkessels, welcher selbst noch heiß, auf diese Art vor zu plötzlicher Abkühlung geschützt wird.

Auch jetzt fließt die Rohnaphta nicht immer unmittelbar in den Kerosinkessel; ich habe vielmehr in einer großen Raffinerie die Einrichtung gesehen, daß über den Kerosinkesseln ebenso viele „Benzinkessel“ in treppenartiger Anordnung aufgestellt waren, aus denen zunächst die leichtesten, unter dem Kerosin übergehenden Theile durch Erhitzung mittels Dampfschlangen abgetrieben wurden, worauf man dann die Rückstände erst in die unten stehenden Kerosinkessel abliefs. Es empfiehlt sich dieses Verfahren besonders für Naphta, welche reich an leichtsiedenden Theilen ist.

Die kalte oder vorgewärmte Rohnaphta wird in den Destillirkessel bis zu  $\frac{3}{4}$  oder  $\frac{4}{5}$  Füllung desselben eingeleitet. Noch während des Füllens wird die Forsunka angezündet und erst wieder gelöscht, wenn die letzten Theile Kerosin übergegangen sind. Der bei der Kerosindestillation allgemein verwendete gespannte Dampf wird entweder bald nach Anheizen des Kessels, oder erst in späteren Stadien angestellt und tritt meist durch ein der ganzen Länge des Kessels nach liegendes, verzweigtes, und durchlochstes Dampfrohr in die Naphta ein. Die aus dem Kessel entweichenden Dämpfe gehen entweder unmittelbar in den Kühler, oder, wie bereits erwähnt, erst in die Separatoren, wo die schwereren Theile zurückgehalten werden. Beim Auslaufe des Oeles wird dessen spezifisches Gewicht unter ununterbrochener Prüfung gehalten und je nach diesem Befunde leitet man das Product in Rinnen, welche nach den Behältern für Benzine und Kerosine führen. Seltener für die Benzine, meist dagegen für die Kerosine theilt man den Ablauf noch in verschiedene Unterfractionen, durch deren Vermischung in bestimmten Verhältnissen man dann die Handelsmarken verschiedenster Art herstellt: die feinsten nur aus den Mittelfractionen, den sogen. Herzbestandtheilen, die geringsten aus den Anfangs- und Endfractionen unter Ausschluss der Herzbestandtheile, mittlere Sorten durch Untereinermengen der verschiedensten Theile. Es kommt auch vor, daß nach dem Kerosin noch ein Product übergetrieben und mit Benzin zu einem, dann allerdings sehr geringwerthigen, Leuchtöle vermischt wird. Die Ausbeuten sind demgemäß auch sehr verschieden (siehe weiter unten).

Die meist über 300° heißen Rückstände läßt man durch Oeffnen des Ablafsventiles unmittelbar oder unter Benutzung ihrer Hitze zum Vorwärmen der Naphta in gemauerte und gut cementirte Behälter ablaufen. Letztere besitzen bei den großen Massen der Rückstände einen

sehr bedeutenden Inhalt. *Gebrüder Nobel* z. B. haben einen solchen Behälter, der über 40000<sup>t</sup> faßt, die *Kaspische Gesellschaft* einen Behälter von 8000<sup>t</sup> und zwei zu 4000<sup>t</sup> Inhalt.

Wo man die Rückstände nicht zum Vorwärmen der Rohnaphta benutzt, werden sie, um Selbstentzündung an der Luft zu verhüten, vor ihrer Einleitung in die Behälter zur Abkühlung in Röhren durch kaltes Wasser geleitet. Früher vermischte man sie auch in Gruben mit einem Wasserdampfstrahle. Der leere Kessel bleibt zur Abkühlung einige Zeit offen stehen; alsdann wird er wieder frisch gefüllt. In 24 Stunden können durchschnittlich  $2\frac{1}{2}$ , höchstens 3 Destillationen ausgeführt werden. Die jedesmalige Füllung Rohöl beträgt in den stehenden Kesseln (in großen Fabriken) 80 bis 100, in den Waggonkesseln 300 bis 400, in den Walzenkesseln 170 bis 270 MC., woraus sich die tägliche Leistung unter Annahme von 27 bis 33 Proc. Kerosinausbeute leicht berechnen läßt. Nach je 90 bis 100 Füllungen muß eine Kesselrevision stattfinden.

Die in den Separatoren (Dephlegmatoren) sich verdichtenden schwer siedenden Dampftheile laufen entweder unmittelbar in den Kerosinkessel zurück (siehe oben Fig. 5), oder sie werden besonders aufgefangen und durch Rectification auf ein geringwerthiges Leuchtöl, das sogen. „Solaröl“ verarbeitet. Falls die gleiche Raffinerie auch Schmieröle gewinnt, werden die bei der Destillation der Rückstände erhaltenen leichtest siedenden Theile mit jenen zusammen auf „Solaröl“ destillirt.

Die *stetige Destillation* kommt in Walzenkesseln, welche 170 bis 200 MC. Naphta fassen, zur Ausführung; 18 solcher Kessel, welche in einer Reihe neben einander liegen, bilden immer ein System, in dessen ersten Kessel die Naphta einfließt, von da in den zweiten übertritt u. s. w., um aus dem letzten, dem 18., von den leichten Oelen und den Leuchtölen befreit, als Rückstand abzulaufen. Jeder folgende Kessel liegt um einige Centimeter tiefer als der vorhergehende. Die 4 ersten Kessel, etwas größer als die 14 folgenden, haben eine Feuerung nach Art der Cornwallkessel (vgl. Fig. 16 und 17) und dienen zum Abtreiben des Benzins, überhaupt der leichten Oele, weshalb sie kurzweg „Benzinkessel“ genannt werden, während aus den folgenden, den „Kerosinkesseln“, das Leuchtöl abdestillirt wird. Ihre allgemeine Form entspricht der weiter oben in Fig. 3 und 4 zur Darstellung gebrachten. Vor sämtlichen mit Rückstandsfeuerung versehenen Kesseln läuft ein weites Eisenrohr hinweg, aus welchem gegen jeden Kessel zwei Verbindungsrohren

abzweigen. Durch die eine dieser Röhren tritt die Naphta ein und zwar *unter* die destillirende Flüssigkeit, durch die zweite wieder aus, um in gleicher Weise durch den folgenden Kessel u. s. f. zu fließen. Jeder Kessel ist mit Abschlufsventil versehen, welches bei Bruch der Leitung von oben sofort abgeschlossen werden kann; auch lassen sich Zuleitungs- und Ueberleitungsröhren für jeden Kessel derart absperrn, daß dieser jederzeit leicht für sich allein außer Betrieb gesetzt bezieh. also übersprungen werden kann. Allmonatlich wird jeder Kessel einmal gereinigt und beim Wiedereinstellen immer mit frischer Rohnaphta gefüllt.

In sämtlichen Kesseln erfolgt die Destillation mit Unterstützung von gespanntem Dampf, welcher theils in dreifach verzweigten Röhren *unter* das Oel, theils über dasselbe, also blofs in den Dampfraum tritt. Die Ueberhitzung des Dampfes für ein vollständiges System erfolgt in einem einzigen Ueberhitzer, in welchem die Dampfrohren vor der Stiechflamme der Forsunka durch Ummauerung geschützt sind. Jeder Kessel steht mittels Helm mit einem besonderen Kühler in Verbindung, aus dem die verflüssigten Oele durch Leitungen einem gemeinschaftlichen Hause zugeführt werden, in welchem die Herstellung der verschiedenartigen Mischöle auf Grund des specifischen Gewichtes der einzelnen Fractionen vorgenommen wird. Auch hier können also blofs die Herzbestandtheile für sich aufgefangen, oder mit anderen Theilen der Destillate zu etwas geringwerthigeren Sorten vermischt, oder endlich aus den beiderseitigen Endfractionen noch geringwerthigere Marken hergestellt werden. Es ist einleuchtend, daß diese Art der Destillation in dieser Beziehung den weitest gehenden Spielraum gewährt. Die Temperatur steigt in dem vierten Benzinkessel bis auf 150°, in den 14 folgenden Kerosinkesseln allmählich auf etwa 300°, so daß also die Rückstände auch hierbei 300° heifs, meistens sogar noch etwas heifser, austreten. Letztere fließen in Schlangenröhren durch grofse Vorwärmebehälter, welche mit der später zur Destillation kommenden Rohnaphta gefüllt sind und worin diese auf 110 bis 130° erwärmt wird. Die dabei sich verflüchtigenden leichtesten Oele (höchstens  $\frac{1}{3}$  Proc.) werden in besonderen mit den Deckeln der Behälter in Verbindung gesetzten Wasserkühlern verdichtet, während die vorgewärmte Naphta in den Füllbehälter gehoben wird, von dem aus, nachdem wieder Abkühlung auf etwa 90° eingetreten ist, die ununterbrochene Speisung des ersten Benzinkessels unter Anwendung eines Regulators erfolgt. Die aus den Röhren des Vorwärmebehälters ab-

fließenden Rückstände laufen in die großen gemauerten Behälter zur Aufbewahrung. Ein Vorzug der Vorwärmung, besonders dann, wenn die betreffenden Behälter recht groß angelegt sind, besteht in dem Absetzen der letzten Reste von fein vertheiltem Sand und Schlamm aus der dabei dünnflüssig werdenden Naphta.

Um bei dieser Destillation die aus den letzten Kesseln mitgerissenen schweren Oele von dem Kerosin zu trennen, läßt man die Dämpfe der fünf letzten Kessel durch Separatoren (vgl. Fig. 6) gehen, deren auf den letzten drei Kesseln (also Nr. 16, 17, 18) je zwei hinter einander, auf den zwei vorhergehenden (also Nr. 14 und 15) nur je einer angebracht sind. Etwa 25 Procent der durch die Separatoren durchziehenden Dämpfe werden verdichtet und später durch Rectification auf Solaröl verarbeitet; das specifische Gewicht des Destillates vermindert sich dabei um 0,02. Manchmal wird auch noch das gesammte, aus den letzten 5 Kesseln erhaltene Destillat durch Rectification in Kerosin und Solaröl geschieden.

Die aus den Benzinkesseln erhaltenen leichten Oele haben bei dem fast gänzlichen Mangel chemischer Großindustrie in dortiger Gegend einen nur sehr geringen Werth. Durch Rectification, wobei aus großen Blasen ohne direkte Feuerung nur mit Dampf abgeblasen wird, kann daraus noch etwas Kerosin als Rückstand erhalten werden, welches mit dem übrigen zur chemischen Reinigung kommt. Die andererseits durch Wasserkühlung verdichteten leichtesten Oele läßt man ihres schweren Absatzes wegen meist fortlaufen, oder verbrennt sie auf freiem Feld in Gruben.

#### B) *Die chemische Reinigung des Kerosins.*

Die in den Raffinerien von Baku übliche chemische Reinigung des durch die vorher beschriebene Destillation gewonnenen Kerosins bietet gegenüber dem allgemein üblichen Verfahren keine Besonderheiten; sie wird durch eine Behandlung des Oeles mit Schwefelsäure, Aetznatron und Wasser bewerkstelligt.

Die Apparate bestehen durchweg aus zwei treppenartig über einander aufgestellten eisernen Behältern von cylindrischer Gestalt mit trichterförmigem Boden und Abflavsventil an der tiefsten Stelle desselben, so dafs der Inhalt des höher stehenden Behälters bequem nach dem tieferen und von diesem in die Sammelbehälter zur Aufbewahrung abgelassen

werden kann. Je nach Umfang des Betriebes faßt ein solcher Behälter in den größeren Raffinerien 1000 bis 2000 MC. Kerosin. Der höher stehende Behälter, welcher zur Behandlung des Oeles mit Schwefelsäure dient, ist mit Blei ausgeschlagen; außerdem liegt über demselben ein bleierner Röhrenkranz, aus welchem die Schwefelsäure durch feine Löcher zugeleitet werden kann, ferner ein Drehkreuz zum Ausspritzen von Wasser nach Art eines Segner'schen Wasserrades und endlich ist jeder Behälter, da das Ganze im Freien steht, mit Blechdach versehen, welches entweder unmittelbar auf dem Behälter aufsitzt, oder aber zur besseren Beobachtung des Inhaltes in 0,5 bis 1<sup>m</sup> Höhe darüber. Zum Schutze vor den bei der chemischen Reinigung entweichenden Dämpfen ist dann der Zwischenraum zwischen Behälter und Deckel wohl auch mit Glasfenstern verschlossen und befinden sich im Deckel Klappen, welche während des Prozesses geöffnet sind. Die Mischung des Oeles mit den Chemikalien erfolgt mittels Luft, welche aus einer Druckpumpe kommt und durch ein senkrecht bis zur tiefsten Stelle des Kesselbodens eingesetztes Blei- bezieh. Eisenrohr, welches unten entweder in Gestalt einer sogen. Spinne verzweigt oder auch nur, der häufigere Fall, gerade abgeschnitten ist, eintritt. Zur Beobachtung und Bedienung der Apparate laufen um den Rand der Behälter eiserne, durch Treppen zu erstiegende Galerien herum.

Zuerst erfolgt die *Säuerung* des Oeles durch innige Mischung desselben mit concentrirter Schwefelsäure von mindestens 92 Proc. Hydratgehalt. Die Menge der Schwefelsäure wechselt und muß um so größer genommen werden, je rascher das Oel destillirt worden ist. Die geringste Menge war 0,6 Procent vom Gewichte des Kerosins; in gut geleiteten Betrieben stieg dieselbe nicht über 0,9 Proc., nur ausnahmsweise über 1 Proc. Die Säure strömt unter Luftindrücken und Rühren des Oeles langsam durch den Röhrenkranz zu und wird etwa 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> bis 2 Stunden weiter gemischt, wobei Erwärmung des Oeles unter Entwicklung von Schwefligsäure eintritt. Man läßt absitzen, gießt die unten abgesetzte Schwefelsäure durch ein besonderes Zweigrohr ab, um sie bei einer folgenden Behandlung wiederholt zu verwerthen, und versetzt das Kerosin ein zweites Mal mit frischer Säure. Es kommt so nach jeder Posten Säure 2mal zur Verwendung und wird das Kerosin 2mal mit Säure behandelt. Nach der zweiten Säuerung folgt ein *Waschprozeß mit kaltem Wasser*, wobei jedoch letzteres mittels des Drehkreuzes

nur aufgespritzt und nicht mehr besonders mit dem Oele gemischt wird, weil die Wiederscheidung eine zu langwierige würde.

Nach etwa einstündiger Klärung folgt das Ablassen und Ueberleiten in den tiefer stehenden Behälter und die *Behandlung mit Natronlauge*. Dabei empfiehlt es sich, zuerst eine stärkere (1,28 bis 1,35 sp. G.), dann, für leichtere Klärung, eine dünnere Lauge zu nehmen, also 2 mal hinter einander zu laugen. Die Menge des Aetznatrons richtet sich nach dem Säuregehalte des Oeles; bei richtiger Vorarbeit sollen nicht über 0,3 Proc. gebraucht werden. Manche arbeiten dabei mit Lackmuspapier genau auf neutrale Reaction. Nach Behandlung mit Natronlauge darf nicht mehr mit Wasser gewaschen werden, weil die geringe Menge gelöster Natronseife dabei sich zersetzt und nur schwer zu beseitigende Trübung bewirkt.

In einer Raffinerie sah ich den Waschprozess mit Wasser bezieh. verdünnter Lauge durch eine Behandlung des Oeles mit Wasserdampf ersetzt. Das fertige Brennöl fließt entweder noch durch einen oder mehrere Klärbehälter, oder gleich in die Kerosinbehälter, wo dann häufig noch eine Nachklärung eintritt. Auch ohne schließliches Waschen mit Wasser beträgt der Aschengehalt des Kerosins bei richtiger Arbeit nur 3<sup>mg</sup> in 1<sup>l</sup> und ein Kohlen am Dochte beim Brennen desselben tritt nicht ein.

### C) Die Prüfung des Kerosins.

In den meisten größeren Raffinerien Bakus finden sich sehr gut eingerichtete chemische Laboratorien, welche in Bezug auf Ausstattung vielen Laboratorien unserer chemischen Industrie zum Vorbilde dienen könnten. Auch habe ich darin eine ganze Reihe sehr tüchtiger junger Chemiker, meist aus der Schule *Beilstein's* oder *Markownikoff's*, kennen gelernt. In diesen Laboratorien werden die End- und Zwischenproducte einer fortwährenden genauen Prüfung unterworfen.

Zur *Prüfung des Kerosins auf organische Säuren*, welche noch aus der Naphta stammen, schüttelt man dasselbe mit etwa 2 Procent einer Natronlauge von 1,2 sp. G., läßt absitzen und säuert die getrennte Natronflüssigkeit an. Die entstehende Trübung bildet den Mafsstab für die Menge der noch vorhandenen Säure.

Zur *Prüfung auf genügende Behandlung mit Schwefelsäure* schüttelt man eine Probe des Oeles gleichfalls mit einigen Tropfen Natronlauge

bis zur Emulsion, welche letztere im auffallenden Lichte rein weiß und nicht im geringsten gelblich erscheinen muß.

Die *colorimetrische Probe* erfolgt mittels *Stammer's* Colorimeter, worüber in dem oben erwähnten Berichte *Redwood's* ausführliche Angaben sich finden. Das gute Brennöl ist farblos und wasserklar.

Bei der *photometrischen Messung* benutzt man *Bunsen's* Photometer mit Spiegelvergleich und Normkerze. (Letztere ist die Normkerze deutscher Gasfachmänner. Flammenhöhe 52<sup>mm</sup>.)

Die *Destillationsprobe* wird mit Hilfe des *Glinky'schen* Dephlegmators durchgeführt bei jedesmaliger Füllung des Siedekölbchens mit 250<sup>cc</sup> Oel und einer Destillationszeit von etwa 2 Stunden. Immer wird gegen den Schluß langsamer destillirt.

Zur *Bestimmung des Entflammungspunktes* sah ich meist den *Abe'l'schen* Apparat in Anwendung. Für Rußland wurde bisher Kerosin von 28 bis 30<sup>o</sup> Entflammungspunkt hergestellt; nach einem Beschlusse der Naphtafabrikanten will man fernerhin auf 25<sup>o</sup> heruntergehen.

#### D) Ausbeute und Kosten der Raffination der Naphta.

Die Ausbeute an den einzelnen Producten der Kerosindestillation ist je nach Art der Arbeit sehr verschieden. Je mehr Benzin und Schweröle zu dem eigentlichen, von 150 bis 290<sup>o</sup> siedenden Brennöle genommen werden, desto mehr von letzterem, aber auch von um so geringerer Beschaffenheit wird erhalten und umgekehrt. Deshalb herrscht auch in den Ausbeuteangaben der verschiedenen Raffinerien keine Uebereinstimmung. Aus zahlreichen mir gewordenen Mittheilungen komme ich zu folgenden Ausbeutewerthen:

Benzin (mit Gasolin) . . . . .	5 bis 7 Proc.
Kerosin I (Brennöl) . . . . .	27 „ 33
Kerosin II (Solaröl) . . . . .	5 „ 8
Rückstände . . . . .	50 „ 60

Im Allgemeinen werden zur Gewinnung von 1 Th. Kerosin 3,5 Th. Rohnaphta verbraucht. Je rascher man destillirt, desto mehr, aber auch um so schlechteres Kerosin wird erhalten.

Die Siedepunkte sind etwa folgende: für Benzin bis 150<sup>o</sup>, Kerosin I. Sorte 150 bis 270<sup>o</sup>, II. Sorte 270 bis 300<sup>o</sup>. Als „Gasolin“ bezeichnet man in Baku den über 100<sup>o</sup>, also schwerer siedenden Theil des „Benzins“, welcher etwa  $\frac{2}{3}$  der ganzen unter 150<sup>o</sup> siedenden Fraction ausmacht.

Die specifischen Gewichte der Einzelfractionen gehen mit steigender Temperatur rasch in die Höhe. Bei einer im Großen durchgeführten Destillation, wobei in Einzelfractionen von 5 zu 50<sup>o</sup> aufgefangen wurde, zeigte der niedrigst siedende, von 50 bis 55<sup>o</sup> übergehende Antheil ein specifisches Gewicht von 0,658, die Fraction 150 bis 155<sup>o</sup> von 0,764, die Fraction 265 bis 270<sup>o</sup> von 0,8537 (bei 15<sup>o</sup> bestimmt). Das zwischen 150 und 270<sup>o</sup> überdestillirende Oel hatte den Entflammungspunkt 30<sup>o</sup>. Nach *Redwood's* Angabe beträgt bei der *Kaspischen Gesellschaft* je nach Entflammungspunkt die Ausbeute:

	Spec. Gew.	Entflammung	Ausbeute
Kerosin, Extra-Sorte . . . . .	0,815 . . . . .	30 <sup>o</sup> . . . . .	20 0/0
Kerosin I. Sorte . . . . .	0,820 . . . . .	25 . . . . .	33
Kerosin II. Sorte . . . . .	0,821/822 . . . . .	22 . . . . .	38

Aus Kerosin II wird durch Mischen mit Gasolin ein geringwerthiges Leuchtöl dargestellt.

In der *Nobel'schen* Raffinerie hält sich die Ausbeute an Kerosin von 32<sup>o</sup> Entflammungspunkt auf 27 Proc., von 50<sup>o</sup> Entflammungspunkt auf 23 Proc. und die specifischen Gewichte betragen für Benzin 0,754, für Gasolin 0,787, für Kerosin 0,820/822. Bei *Pallaschkowsky* erhält man:

Kerosin A von 30 <sup>o</sup> Entfl. mit	0,817 sp. G.
"    B    "    28    "    "	0,822    "
"    C    "    25    "    "	0,825    "

*Tagjeff und Sarkisoff*, welche das leichtere Oel von Bibiebat verarbeiten, erhalten:

	Spec. Gew.	Grenzen der spec. Gew.
Benzin . . . . . 3 Proc. . . . .	0,695 . . . . .	(0,660 bis 0,720)
Gasolin . . . . . 7 bis 8 . . . . .	0,740 . . . . .	(0,720 bis 0,775)
Kerosin . . . . . 40 . . . . .	0,818/820 . . . . .	(0,775 bis 0,880)
Solaröl . . . . . 13,5 . . . . .	0,860/868 . . . . .	—

Die *Kosten* für 1 MC. oder 100<sup>k</sup> *Brennöl* (Kerosin) berechnen sich folgendermaßen:

3,5 MC. Rohnaphta . . . . .	1,78 M.
Schwefelsäure . . . . .	0,15
Aetznatron . . . . .	0,11
Arbeitslöhne . . . . .	0,06
Verwaltung . . . . .	0,07
Kesselrevisionen . . . . .	0,18
Tilgung (Amortisation) 15 Proc. . . . .	0,24
Zusammen . . . . .	2,59 M.

Zu dem Brennöl kommen noch als Ausbeute 50 Proc., also rund 1,7 MC. Rückstände, welche zur Zeit einen Werth von etwa 40 bis 50 Pf.

für 1 MC. besitzen; außerdem gehen 6 Proc. Rückstände in der Fabrikheizung (Destillation, Dampfkessel u. dgl.) auf.

Die Arbeitslöhne betragen für einen Arbeiter 40 M. monatlich, sind also nicht hoch und dabei bilden die für die gewöhnlichen Arbeiten meist angestellten Tataren dortiger Gegend ein sehr zuverlässiges und anstelliges Arbeiterpersonal. Weniger werden die Perser gerühmt. Als Aufseher u. dgl. findet man meist Russen, auch Armenier und Deutsche, bei *Gebrüder Nobel* Schweden.

Bezüglich der *Kosten für Neuanlage einer Raffinerie* gilt nach *Ragosine* als Norm, daß man bei großen Raffinerien, mit mehr als 80000 MC. Jahreserzeugung, die Productionsziffer in MC. mit 1,2 multiplicirt, um die erforderliche Summe in Mark zu erhalten. Eine Fabrikeinrichtung zu 100000 MC. Jahreserzeugung kommt hiernach auf 120000 M. zu stehen. Die Kosten sind, abgesehen von den Apparaten, dadurch verhältnißmäßig gering, daß wegen des nur ausnahmsweise eintretenden Regenwetters Kessel, Blasen, Behälter u. dgl. unmittelbar im Freien, also ohne Ueberdachung aufgestellt werden. Für kleine Fabriken hat man anstatt mit 1,2 mit einer höheren Zahl, bis zu 1,8, zu multipliciren.

#### IV. Die Schmierölfabrikation.<sup>11</sup>

Dafs die Rückstände der in Baku betriebenen Kerosindestillation ein zur Erzeugung von Schmierölen ganz besonders geeignetes Material darstellen, wurde bald nach Anlage der dortigen gröfseren Raffinerien erkannt. Es waren insbesondere *V. J. Ragsine*, *Gebrüder Nobel*, *Mirzoëff*, *Schibajeff*, *Oelrich* (mit *Dr. M. Albrecht*), *Tagjef* und *Sarkisoff*, welche sich um die Entwicklung dieses Zweiges der Naphta-Industrie grofse Verdienste erworben haben. Die Rückstände zeigen 0,900 bis 0,910 sp. G., sind verhältnismäfsig noch dünnflüssig und, wenn sie auch gegenüber den amerikanischen Rückständen nur äufserst geringe Mengen von Paraffin aufweisen, eine Gewinnung dieses letzteren sich deshalb auch entfernt nicht lohnen würde, so liefern sie bei der Destillation doch einen erheblichen Theil von Oelen, die vermöge ihrer hohen Zähflüssigkeit (Viscosität), ihrer Kältebeständigkeit und Feuersicherheit die zur Zeit zweifellos bestbekanntesten mineralischen Schmieröle abgeben. Nur die auf Tscheleken gefundene Naphta zeigt den verhältnismäfsig hohen Paraffingehalt bis zu 6 Proc., während nach *Redwood* der bis jetzt gefundene höchste Gehalt der Naphta von Baku 0,25 Proc. betrug.

Unter der der Wirklichkeit jedenfalls nicht ferne kommenden Annahme einer mittleren Ausbeute von 56 Proc. Rückstand ergibt sich für die gesammte Erzeugung (16,4 Mill. MC. im J. 1885) an Rohnaphta ein Gesamtbetrag von rund 9,2 Mill. MC. Rückstände. Rechnet man von jenen 56 Proc. etwa 6 Proc., also rund 1 Mill. MC., ab für den Eigenbedarf der Raffinerie, zur Heizung der Destillirapparate, Dampfkessel u. dgl., so bleibt die ansehnliche Menge von 8,2 Mill. MC. Rückständen für die Schmierölfabrikation übrig und dies ergibt unter der Voraussetzung von 40 Proc. Ausbeute einen jährlich zu erzeugenden Posten von über 3 Mill. MC. Schmieröl. Die Schmierölerzeugung Bakus

<sup>11</sup> Vgl. auch *Ljutyk* in *Dingler's polytechnischem Journal*, 1884 253 \* 460.

betrug aber 1885 nur 260000 MC. und rechnet man auch noch das aus Rückständen auswärts dargestellte Schmieröl (in Moskau und St. Petersburg, Nischni-Nowgorod, Riga u. a. O., auch ausserhalb Rußland verarbeitet man Rückstände oder Halbfabrikate auf Schmieröle), sowie das als rohe Naphta unmittelbar versandte Material hinzu, so ergibt sich, dafs bis jetzt doch kaum 10 Procent der Gesamtückstände der Baku'schen Petroleumraffinerien auf Schmieröle verarbeitet werden. In diesem Fabrikationszweige ist somit noch eine erhebliche Productionssteigerung möglich und in Rücksicht auf die mit Recht immer mehr zunehmende Verbreitung der Anwendung russischer Schmieröle auch mit Sicherheit zu erwarten. Was von den Rückständen zur Zeit auf Schmieröle nicht verarbeitet werden kann, wird zur Heizung der Dampfschiffe auf dem Kaspischen und Schwarzen Meere, der Locomotiven der benachbarten Bahnen und der Dampfkessel von Fabriken abgesetzt. Der Preis beträgt zur Zeit 40 bis 50 Pf. für 100<sup>k</sup>.<sup>12</sup>

Die Fabrikation zerfällt wie die Kerosinbereitung in die Destillation und die chemische Reinigung, welche, dem Prinzipie nach zwar mit den bei der Kerosinbereitung beobachteten Verfahren übereinstimmend, im Einzelnen jedoch nicht unerheblich davon abweichen. Hierbei mufs bemerkt werden, dafs aus den Raffinerien von Baku auch grofse Mengen nicht chemisch gereinigter Destillate, als Halbfabrikate, ausgeführt werden, sowie auch, dafs in einzelnen Schmierölfabriken ausserhalb Bakus Petroleumrückstände durch blofse chemische Reinigung mit Schwefelsäure und Aetznatron, manchmal mit Zuhilfenahme einer Filtration über Knochenkohle, also ohne Destillation auf Schmieröl zur Verarbeitung kommen.

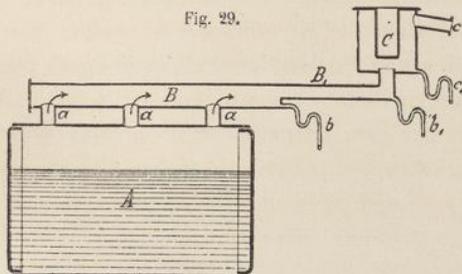
Die *Schmierölestillation* kommt in liegenden schmiedeisernen Kesseln von meist ovalem Querschnitte zur Ausführung, deren Einrichtung nur wenig von derjenigen der Kerosinkessel abweicht. Statt ovalen Querschnittes findet man neuerdings auch die cylindrische Form, desgleichen statt eines einzigen Helmes mehrere Aufsätze neben einander, die aber alle in ein mit nur ganz schwacher Neigung über den Kessel hinweglaufendes gemeinschaftliches Sammelrohr (vgl. Fig. 29) einmünden, welches letzteres die Oeldämpfe nach den Dephlegmatoren oder Kühlern führt.

<sup>12</sup> Von der Verwerthung der Rückstände aus den Baku'schen Raffinerien durch Vergasung und Verarbeitung des dabei erhaltenen *Theeres auf Benzol und Anthracen* ist man der ungewöhnlich niedrigen Preise letztgenannter Stoffe wegen in letzter Zeit wieder abgegangen.

Ein solcher Kessel faßt bei  $\frac{3}{4}$  Füllung gewöhnlich 82 MC. (500 Pud) Rückstände. Ein Rohr zur Zuleitung des überhitzten Dampfes endigt, nachdem es mehrfach durch die Rückstände in wagerechten Windungen hindurchgegangen ist, in mehreren Zweigenden in der Nähe des Kesselbodens, so daß der Dampf vor seinem Austritte die Temperatur der kochenden Rückstände annimmt. An der tiefsten Stelle des Kessels befindet sich der Abflusssutzen mit Ventil für die Schmierölrückstände.

Zur Erzeugung des überhitzten Dampfes sind die verschiedensten *Ueberhitzungsapparate* in Anwendung, welche jedoch als allgemein bekannt in ihrer Einrichtung hier nicht näher beschrieben werden sollen; sie werden ebenfalls mit Rückständen geheizt und müssen den Dampf mit Temperaturen von 200 bis 300° abgeben. Um die Röhren vor der Stichflamme der Brenner (Forsunken) zu schützen, sind sie durch einen Mantel von Chamotte oder auch durch Eisenplatten umhüllt. Jeder Kessel hat entweder seinen besonderen Ueberhitzer, oder aber es werden mehrere Kessel von einem Ueberhitzer gespeist; letzteres ist der seltenere Fall.

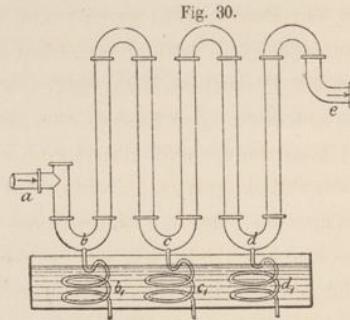
Von größter Wichtigkeit ist die Einrichtung der *Kühlapparate*. Früher hatte man — und auch jetzt sah ich noch eine solche Einrichtung — eiserne Kühlschlangen mit Wasserkühlung, aus denen man die Destillate fractionsweise nach einander aufsamelte; auch sah ich zwischen Helm und Kühler einen kleinen Vorkühler eingelegt. Die neueren und besser eingerichteten Schmierölfabriken haben aber neuerdings ganz allgemein die *Separationskühlung*, wobei die Dämpfe durch eine Art von mit Luft gekühlten Dephlegmatoren entsprechend ihrer Flüchtigkeit in Fractionen geschieden werden. Die wichtigeren derselben seien hier in schematischer Darstellung wiedergegeben.



In Fig. 29 bezeichnet *A* den Destillirkessel (Länge 3,5 bis 4<sup>m</sup> und ovaler Querschnitt 1<sup>m</sup>,3 hoch, 2<sup>m</sup> breit), aus welchem durch die

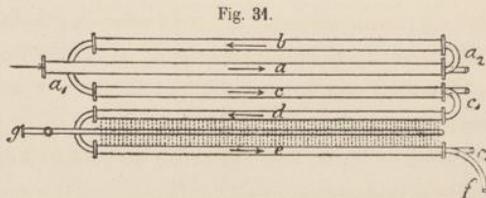
Stutzen  $a$  die Abdämpfe in das weite Blechrohr  $B$ , von hier in das engere Rohr  $B_1$ , dann in den sogen. Separator  $C$  und von da durch  $c$  in einen Wasserkühler beliebiger Construction treten. Die in  $B$  sich verdichtenden schwer siedenden Theile des Dampfes fließen durch die Röhre  $b$ , die von Rohr  $B_1$  durch  $b_1$ , die vom Vorkühler  $C$  durch  $c_1$  ab, während die leichtest flüchtigen mit den Wasserdämpfen erst in dem Wasserkühler verdichtet werden. Man kann selbstverständlich auch das Oel aus  $C$  nach  $B_1$  zurückfließen und ebenfalls aus  $b_1$  auslaufen lassen.

Ein anderes, *stehendes*, Kühlsystem zeigt Fig. 30. Hier treten die Oeldämpfe bei  $a$  ein; was sich in dem ersten daran anschließenden



U-förmigen Rohre verdichtet, fließt durch  $b$  ab, wird im Wasserkühler  $b_1$  gekühlt und dann aufgesammelt; ähnlich verdichten sich in den folgenden Schenkeln immer leichter flüchtige und dünnere Oele, welche bei  $c$  und  $d$  ablaufen und in  $c_1$  und  $d_1$  gekühlt werden; die leichtesten Oele gehen mit den Wasserdämpfen bei  $e$  in einen Wasserkühler. Dieser Luftkühler hat den Fehler, dass die schweren Abdämpfe gezwungen werden, wiederholt in den senkrechten Röhrenschenkeln in die Höhe zu steigen, wodurch ein nachtheiliger Druck entsteht.

Das neueste, *liegende*, Kühlsystem endlich ist in Fig. 31 im Grund-



risse abgebildet. Die eisernen Röhren  $a$  bis  $e$  liegen in nahezu waagrechter, nur in der Richtung der Pfeile ganz wenig geneigter Lage frei

in der Luft. Die Länge jeder einzelnen Röhre beträgt 6 bis 7<sup>m</sup>, der Durchmesser der Röhre *a* etwa 20<sup>cm</sup>, in den folgenden abnehmend bis *e* mit etwa 10<sup>cm</sup> Weite, woran sich dann noch bei *f* ein mit Wasser gekühltes Schlangenkühlrohr anschliesst. Die Abdämpfe treten bei *a*<sub>1</sub> ein und was sich davon in *a* verdichtet, fließt durch die mit Sicherheitsbiegung versehene Röhre *a*<sub>2</sub>, die in *b* und *c* verdichteten Oele durch *c*<sub>1</sub>, die in *d* und *e* durch *e*<sub>1</sub> ab. Wasserdämpfe und leichtest siedende Theile des Oeles werden in dem Schlangenkühler verdichtet. Die Kühlung erfolgt in *a*, *b* und *c* nur mittels Luft, in *d* und *e* mit Unterstützung (namentlich bei heißer Jahreszeit) von Wasser, welches aus *g* aufgerieselt wird.

Beim *Betriebe der Destillation* wird der Kessel zu  $\frac{3}{4}$  mit Rückständen gefüllt und durch Anzünden der Forsunka erhitzt, bis die ersten Tropfen leichteren Oeles übergehen. Alsdann wird der Dampfahh geöffnet und überhitzter Wasserdampf, dessen Temperatur sich möglichst der Temperatur der kochenden Rückstände anschließen soll, eingeleitet. In dem Masse, als der Kesselinhalt heißer wird, gibt man auch dem Dampfe grössere Hitze, überschreitet jedoch auch zu Ende der Destillation die Temperatur 300° nicht oder doch nur um weniges. Wie schon erwähnt, nimmt der Dampf in den von kochenden Rückständen umgebenen Röhren deren Temperatur an, ehe er aus feinen Löchern austritt. Ein einfaches Mittel, um sich davon zu überzeugen, dafs der Dampf die ungefähre Temperatur von 300° erreicht hat, besteht in dem Andrücken eines Stückchens Papier an das Dampfrohr, wobei dasselbe nur gelb, nicht aber braun anbrennen soll. Unter keinen Umständen darf das Papier ankohlen, denn zu stark überhitzter Dampf bewirkt Zersetzungen. Nach *Rossmäßler's* Angabe<sup>13</sup> wird zu Anfang der Destillation so viel Dampf eingeleitet, dafs das daraus verdichtete Wasser zum verflüssigten Oele sich wie 2 : 1, gegen Ende wie 1 : 1 verhält; nach mir gewordener Mittheilung kommt man aber mit 50 Proc. Dampf (als Condensationswasser gemessen), ja mit noch weniger aus. Desgleichen habe ich in zwei grossen Destillationsanlagen wahrgenommen, dafs die Temperatur des einströmenden Dampfes von Anfang bis zu Ende auf nur etwa 200° gehalten wurde.

Die Oele, welche sich in den zwei oder drei Abtheilungen der Luftkühler (Separatoren, Dephlegmatoren) verdichten und von da ablaufen, sind

<sup>13</sup> Vgl. *F. A. Rossmäßler: Fabrikation von Photogen u. a. aus Baku'scher Naphta.* (Halle a. S. 1884.)

gelb gefärbt und müssen in der Kälte vollkommen geruchlos sein; die leichteren, durch die Luftkühler hindurchgehenden und erst im Wasserkühler zugleich mit den Wasserdämpfen sich verdichtenden Oele besitzen dagegen einen sehr unangenehmen Geruch. Dieselben werden, oft mit den Schmierölrückständen vermisch, in den Forsunken verbrannt, oder aber durch Rectification noch auf „Solaröl“ verarbeitet, wovon bis zu 15 Proc. vom Gewichte der Rückstände erhalten werden können. Der bei dieser Rectification verbleibende Rückstand kann nur zum Heizen benutzt werden. Von größter Wichtigkeit ist es endlich, daß langsam destillirt wird; für eine Füllung von 82 MC. (500 Pud) rechnet man 22 Stunden und dabei soll das Oel immer möglichst gleichmäsig übergehen.

Der Verbrauch an Rückständen für die Feuerung der Schmierölblasen beträgt 20 Procent der Füllung, also ungleich mehr als bei der Kerosindestillation.

Das specifische Gewicht des aus den übergerissenen Dämpfen verdichteten Oeles steigt von anfänglich 0,860 bis auf 0,925, das specifische Gewicht der in der Kälte zähflüssigen, fast festen Schmierölrückstände ist 0,950. Selbstverständlich treten aber auch hierin je nach der Natur der Kerosinrückstände, der Art und Weise der Destillation und Kühlung nicht unerhebliche Abweichungen ein. Ausbeute und specifisches Gewicht der einzelnen Fractionen nach den im Großbetriebe einer der ersten Fabriken gewonnenen Erfahrungen ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

	Proc.	Spec. Gew.	Grenzen des spec. Gew.
Vorlauf (Solaröl)	10 bis 15	0,870	bis 0,890
Spindelöl	9	0,896	0,890 bis 0,900
Maschinenöl	40 bis 42	0,911	0,900 bis 0,918/920
Cylinderöl	3 bis 4	0,915	bis 0,925

In einer anderen großen Raffinerie werden erhalten:

	Proc.	Spec. Gew.
Solaröl	10	—
Spindelöl	10	0,897
Maschinenöl	25	0,908/910
Cylinderöl	3	0,915/918

Die Gesamtausbeute an nicht gereinigtem Schmieröl schwankt hiernach zwischen 38 und 54 Procent vom Gewichte der Rückstände bezieh. bei 56 Proc. Rückstandsausbeute zwischen 21 und 30 Procent vom Gewichte der Rohnaphta. Aus der bei *Tagjeff und Sarkisoff* verarbeiteten leichten Rohnaphta von Bibieybat werden nur 14,5 Proc. erhalten.

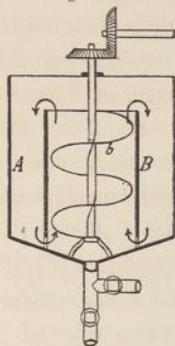
Dafs man durch weitere Unterabtheilungen in den Luftkühlern die Anzahl der Fractionen noch vermehren kann, ist selbstverständlich; nur ausnahmsweise arbeitet man aber auf mehr als zwei oder drei Schmierölfractionen.

Immer findet dabei ein nicht unerheblicher, 2 bis 3 Proc. betragender, Verlust durch Vergasung statt.

Die *chemische Reinigung der Schmieröle* erfordert die grösste Sorgfalt; sie wird in der Hauptsache wie beim Kerosin ebenfalls durch Waschprozesse mit Schwefelsäure und Natronlauge bewirkt. Auch die Apparatur ist im Ganzen dieselbe, weshalb diese gleich im Zusammenhange mit der ganzen Betriebsweise beschrieben werden soll. Im Uebrigen ist die Schmierölsreinigung eine Kunst, welche in Rücksicht auf jede Oelsorte besonders gehandhabt sein will und nur durch Erfahrung erlernt werden kann.

In der einen Fabrik benutzt man Gefässe von beistehender Form und Einrichtung. Der eiserne Behälter *A* (Fig. 32) hat einen cylindri-

Fig. 32.



sehen Einsatz *B*, welcher mit seinem unteren Rande nicht auf den kegelförmigen Boden von *A* reicht. In *B* ist der Schraubenrührer *b*, durch dessen Drehung die Flüssigkeit in der Richtung der Pfeile in Bewegung gesetzt wird. Solche Behälter sind wiederum zwei treppenartig über einander aufgestellt. Der höher stehende, für Behandlung mit Schwefelsäure bestimmte, ist mit Blei ausgeschlagen und gestattet durch ein unten angebrachtes Ablassrohr die Ableitung in den tiefer stehenden eisernen Laugenbehälter. In beiden Gefässen liegt am Boden ein Dampfrohr, mittels welchen man den Inhalt zur Winterszeit auf eine Temperatur von etwa 30<sup>0</sup> erwärmen mufs, da bei niederer Temperatur die Oele zu dickflüssig sind.

Die zur Reinigung dienende Schwefelsäure von 66° B., die möglichst frei von Oxyden des Stickstoffes sein muß, wird dem vorher nach Möglichkeit getrockneten Oele im inneren Cylinder *B* unter starkem Umrühren mittels der archimedischen Schraube *b* beigemischt und das Röhren nach Zusatz der Schwefelsäure noch etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde lang fortgesetzt. Es folgt ein etwa 2stündiger Klärprozeß, Ablassen der Harzsäure durch eine seitliche Abzweigung am Ablassstutzen und Ueberleiten des Oeles in den Laugbehälter. Je dicker das Oel, um so mehr Schwefelsäure wird gebraucht, um demselben genügend helle Farbe und Durchsichtigkeit, wenigstens in dünnen Schichten, zu ertheilen; bei dem oben beschriebenen Verfahren nimmt man 2 bis 3 Proc. Das Laugen erfolgt ebenfalls unter Behandlung, und zwar zuerst mit etwa 3 Proc., einer etwas concentrirteren Natronlauge von 20° B. (1,16 sp. G.), entsprechend etwa 0,3 Proc. Natron ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) vom Gewichte des Oeles, alsdann mit immer dünnerer Lauge, zuletzt mit Wasser. Auf diese Weise muß verfahren werden, weil die zuerst angewendete concentrirtere Lauge die gebildeten Seifen nicht genügend aus dem Oele herauslöst, sofortige Anwendung von Wasser aber nach der concentrirten Natronlauge die Bildung einer nur sehr schwer zu beseitigenden Emulsion zur Folge haben würde. In der angegebenen Weise behandeltes Oel wird beim Schütteln mit Wasser nicht emulgirt. — Bei Herstellung sehr feiner heller Oelsorten wird zwischen Säuerungs- und Laugenprozeß eine Filtration durch ein Kokesfilter zur Beseitigung der restlichen Säureharztheilchen vorgenommen. Dies ist jedoch nur ein Ausnahmefall.

In einer anderen großen Schmierölfabrik behandelt man das auf etwa 30 bis 40° vorgewärmte trockene Oel in bleiernen Behältern unter Luftrührung (siehe bei Kerosinreinigung) mit bis zu 6 Proc. Schwefelsäure von 66° B., alsdann mit etwa so viel einer dünnen Natronlauge, dafs auf 100 Th. Oel etwa 0,2 bis 0,3 Proc. Natronhydrat kommen, und unter Erwärmung auf 60 bis 70°. Da die Behandlung mit Schwefelsäure und das darauf folgende Klären ziemlich rasch, das Laugen dagegen nur langsam von statten geht, sind für einen Säurebehälter mehrere Laugebehälter neben einander aufgestellt. Die Erwärmung geschieht in beiden Fällen indirect mittels Wasserdampf und, damit sie gleichmäfsig ist, stehen die Laugebehälter in einem geschlossenen, möglichst gleichmäfsig warm gehaltenen Raum, sind auch mit Holzverkleidungen gegen Wärmeausstrahlung versehen. Nach erstmaliger Klärung folgt

eine zweite in einer zweiten Reihe noch tiefer stehender eiserner Bottiche ebenfalls in stark erwärmtem Raume und bei etwa derselben Temperatur des Oeles, schliesslich ein Waschprozess mit *destillirtem* Wasser ebenfalls heiss und unter anfänglicher Mischung mit Luft. Das Charakteristische bei der letztbeschriebenen Methode der Schmierölsreinigung besteht in der innegehaltenen gleichmässigen hohen Temperatur beim Lauge- und Waschprozesse.

In allen Fällen muss das Schmieröl noch getrocknet werden, was durch indirekte Erhitzung in flachen runden oder viereckigen Gefässen mittels eingelegter Dampfschlangen oder Doppelboden mit Dampf bewirkt wird. Man erhitzt das Oel so lange, bis es selbst beim Erkalten keine Spur von Trübung mehr zeigt.

Zur Reinigung des Schmieröles aus Naphtarückständen von Bibieybat werden bis zu 10 Proc. Schwefelsäure verbraucht. Je dicker das Oel und je rascher destillirt wird, desto grösser ist im Allgemeinen der Säureverbrauch.

Die Gewichtsverluste der chemischen Reinigung betragen bei Schmieröl aus Naphta von Balakhani-Sabuntschi bis 18 Proc., von Bibieybat 20 bis 22 Proc. und das spezifische Gewicht des Oeles nimmt während des Reinigungsprozesses um 0,003 bis 0,004 ab, wird also um weniges leichter und dünner.

Die Grösse der Gefässe zur chemischen Reinigung der Schmieröle ist immer erheblich geringer als diejenige der Kerosinreinigungsapparate.

Die von *Rosmäfslers* noch erwähnte ältere Darstellungsweise von Schmieröl durch Behandlung des Gemisches der leichteren und schwereren Oele mit Schwefelsäure, dann mit Kalk und darauf folgende Rectification unter Scheidung in verschiedene Oelsorten sah ich nirgends mehr in Anwendung.

Die *Rückstände* der Schmieröldestillation sind so zähflüssig, dass sie bei dem billigen Preise der Kerosinrückstände zur Zeit nur ausnahmsweise zur Feuerung benutzt werden. Man vermischt sie zu ihrer Verdünnung mit den leichtest siedenden Theilen der Schmieröldestillation (Solaröl), leitet sie auch vor Eintritt in die Forsunka durch ein nach Art eines *Liebig'schen* Kühlers eingerichtetes Rohr, in welchem sie mittels Dampf erwärmt und verflüssigt werden. In den meisten Fällen lässt man dieselben jedoch ins Meer laufen.

Aus dem Säureharze, welches bei der chemischen Reinigung sowohl des Kerosins, als auch des Schmieröles entsteht, wird bei dem hohen

Preise der Säure in Baku neuerdings die Schwefelsäure in einer besonderen Anlage, welche jene Rückstände aufkauft, regenerirt. Der Prozeß ist im Wesentlichen derselbe wie in den sächsischen Solarölfabriken (Zerlegung des Säureharzes mit Wasser und Concentration der von dem Harze geschiedenen dünnen Schwefelsäure), nur dafs, der Leichtlöslichkeit der Harze in heißer verdünnter Schwefelsäure wegen, kalt gearbeitet werden muß.

---

## V. Der Transport der Naphtaproducte Bakus.

Der Transport der Naphtaproducte hat durch das Eingreifen des Mitbesitzers der Firma *Gebrüder Nobel*, Hrn. *Ludwig Nobel*, eine gewaltige Umwälzung und Förderung erfahren. Erst hiernach war es möglich, die Erdölindustrie Bakus auf ihre heutige gewaltige Höhe zu heben. Schon weiter oben ist bemerkt worden, wie man früher die Rohnaphta von Balakhani aus auf zweirädrigen Karren mühsam in die fast 11<sup>km</sup> entfernten Raffinerien schaffen mußte und wie die Firma *Nobel* den Anfang mit dem Transport der Rohnaphta durch Rohrleitungen machte. Des Weiteren waren aber noch zahlreiche, auf theuerem und umständlichem Transport beruhende Schwierigkeiten vorhanden, welche der Entwicklung der Industrie hemmend im Wege standen. So z. B. mußte die Schwefelsäure zur Reinigung des Kerosins aus Moskau bezogen werden, trotzdem das am nordöstlichen Kaukasus gelegene Daghestan sowie das nicht ferne Persien bedeutende Vorkommen von Schwefel aufweisen. *Gebrüder Nobel* legten eine Schwefelsäurefabrik an, welche nicht allein für die eigene Raffinerie, sondern auch noch für eine Reihe anderer Werke Schwefelsäure in drei Bleikammersystemen liefert. Diese Schwefelsäurefabrik befindet sich unter Leitung des äußerst erfahrenen und intelligenten Herrn *J. J. Thys*, eines geborenen Elsässers, welchem wir die Entdeckung und Einführung eines Bleikammersystemes zu verdanken haben, das unter Anwendung von Columnen aus durchlochtem Bleiplatten eine sehr bedeutende Reduction des Kammerraumes gestattet (vgl. *Dingler's polytechnisches Journal*, 1885 256 \* 75). Ein System von *Thys* soll in 24 Stunden die folgende Erzeugung an Schwefelsäure, berechnet auf 66° B., gestatten: 2 Bleikammern mit zusammen 850<sup>cbm</sup> liefern 1275<sup>k</sup>, 6 Columnen mit zusammen 33<sup>cbm</sup> geben 5600<sup>k</sup>, im Ganzen also 6875<sup>k</sup>. Wie ich mich überzeugen konnte, arbeiten die Columnen

vollkommen zufriedenstellend. Eine zweite große Schwefelsäurefabrik besitzt die Firma *Schibajeff*.

Der Transport der Naphtaproducte geschah früher, abgesehen von geringen Mengen, welche man (wie auch noch jetzt) in Schläuchen auf Kamelen beförderte, in Fässern, die auf persischen Barken bis zur Wolga geschafft und von da auf Flußbarken umgeladen und in langer Fahrt stromaufwärts gefahren wurden. Der Verlust durch Leckage betrug dabei in manchen Sommern bis zu 30 Proc.; auch stellte sich ein Fafs doppelter Größe bei den außerordentlich hohen Holzpreisen dortiger Gegend auf 24 bis 27 M. für 300<sup>k</sup> Inhalt. Statt dessen liefs *Ludwig Nobel* eiserne Dampfboote bauen, welche in mehreren eisernen Kästen 6500 bis 8300 MC. Kerosin aufnehmen können. Auch die *Kaspische Gesellschaft*, *Pallaschkowsky* und andere große Firmen besitzen ihre Transportschiffe für das Kaspische Meer. Das Kerosin wird in Rohrleitungen von den Raffinerien in die Einzelbehälter des Schiffes geleitet und in denselben in 50stündiger Fahrt bis vor Astrachan gebracht, woselbst Umladung in flacher gehende Wolgadampfer erfolgt. In letzteren geht das Oel bis zu einigen Hauptstationen an der Wolga, woselbst weitere Verladung in Aufbewahrungsbehälter oder auf die Bahn statthat. *Gebrüder Nobel* besitzen Stations-Behälter in Astrachan zu 50 000 MC., Zarizyn zu 250 000, Saratow zu 180 000, Bobruisk zu 80 000 (für Rückstände), Nischny-Nowgorod zu 50 000 und Perm zu 25 000 MC. Große eiserne Behälter, welche mit den vorgenannten Stationen Bahnverbindung in Cisternenwagen zu 100 MC. haben, befinden sich des Weiteren im inneren Rufsland in Moskau zu 80 000, Orel (32 Behälter) zu 650 000, St. Petersburg zu 65 000, Riga zu 60 000, Liebau zu 40 000, Kiew zu 50 000, Charkow zu 40 000, Rostow zu 33 000 und Warschau zu 80 000 MC. Fassungsraum. (Anerkannter Specialist im Baue solcher Behälter ist Ingenieur *Altwater*, ein geborener Deutscher.) Außerdem besteht noch eine ganze Anzahl kleinerer Sammelbehälter. Für Transport auf dem Kaspischen Meer und der Wolga besafs die Firma *Gebrüder Nobel* 1884 eine Flotille mit der stattlichen Zahl von 69 Schiffen (12 große Dampfer für das Kaspische Meer, 10 kleinere für die Wolga, 8 große eiserne Cisternen-Lichterschiffe, 7 Barken mit Oelbehältern, 32 hölzerne Barken für Rückstände), für die Bahnbeförderung schon gegen 2000 Cisternenwagen.

Neben dem Wege über Astrachan und die Wolga hinauf nach Rufsl-

land schlägt ein verhältnismässig noch kleiner Theil der Baku'schen Naphtaproducte die Richtung über die nahezu 900<sup>km</sup> lange Bahn von Baku nach Batum und von da in verschiedene Hafenstädte des Schwarzen und Mittelländischen Meeres ein. Trotzdem diese Bahn 900 Cisternenwagen zu je 100 MC. Kerosin besitzt, ist der Transport noch ein unzureichender, hauptsächlich deshalb, weil durch die starke Steigung über den landschaftlich zwar selten schönen, aber äusserst steilen Pafs des Suram-Gebirges (zwischen Tiflis und Batum), der nur eine langsame Fahrt kleiner Züge gestattet, Stauungen an dieser Stelle der Bahn entstehen. Durch einen bereits concessionirten und angeblich in Angriff genommenen Tunnelbau soll diesem Mifsstande nach Möglichkeit abgeholfen werden. Desgleichen sollen schon jetzt die beiden Bahnstationen Michailowo und Beschatuban, ersteres östlich, letzteres westlich vom Suram-Passe, durch eine Röhrenleitung mit mehreren Pumphäusern mit einander verbunden werden, was zweifellos eine erhebliche Beschleunigung des Transportes auf der ganzen Bahn zur Folge haben würde. Ob auch die schon vielfach besprochene Röhrenverbindung zwischen Baku und Batum zu Stande kommt, steht noch dahin.

Zur Zeit betragen die Transportkosten von Baku nach Batum 2 M. für 1 MC., so dafs bei einem Preise in Baku von 50 Pf. für 1 MC. Rohnaphta (ungefährer jetziger Preis) diese in Batum schon auf 2,50 M. zu stehen kommt. Entsprechend erhöht sich natürlich auch der Preis des Brennöles um 2 M. für 1 MC.

In Batum haben verschiedene Firmen ebenfalls grofse Behälter errichtet und der Versandt des Erdöles geschieht von hier aus theils in Blechbüchsen (2 solcher mit 1 Pud = 16<sup>k</sup>,36 Oel sind immer in 1 Holzkiste) oder Fässern (Barrels), theils in Cisternen-Dampfern ähnlicher Art wie auf dem Kaspischen Meer. Die ersten Schiffe dieser Art, das eine der von der russischen Regierung für das Schwarze Meer monopolisirten Dampfschiffgesellschaft, das andere der Firma *Burckardt und Comp.* in Batum gehörig, wurden den 20. Januar 1886 von Batum abgelassen. Ersteres läuft alle 10 Tage zwischen Batum und Odessa, letzteres zwischen Batum und Antwerpen. Desgleichen ist in neuester Zeit ein solcher Dampfer für den Verkehr nach der Ostsee und ein weiterer (für Kerosin und für Rückstände) von der Firma *Oelrich und Comp.* für den Verkehr zwischen Batum und Hamburg, woselbst die Firma eine Filiale besitzt, eingestellt worden. Von Antwerpen und Ham-

burg aus wird sonach schon jetzt eine gewisse Menge kaukasischen Erdöles nach Deutschland eingeführt (die Großh. Badische Staats-Eisenbahn brennt beispielsweise zur Zeit solches Erdöl mit sehr gutem Erfolge). Eine bedeutendere Menge wird aber ohne Zweifel von den nächst gelegenen russischen Oelbehältern aus in das nordöstliche Deutschland gebracht und die *Deutsch-Russische-Naphta-Import-Gesellschaft (Gebrüder Nobel)* beabsichtigt die Einfuhr von St. Petersburg aus über die Ostsee. Schon sind zwei Cisternen-Dampfer für diesen Transport — nach Stettin und Lübeck — im Baue und dafs selbst auf diesem mit langer Landfracht verbundenen Wege das Baku'sche Kerosin mit dem pennsylvanischen Petroleum noch in Wettbewerb treten kann, ergibt sich aus folgender Kostenberechnung:

100k Kerosin in Zarizyn . . . . .	5,20 M.
Fracht bis St. Petersburg (1635 Werst zu 18 Pf. die Wagenladung) u. a. . . . .	3,18
Wagenmiete an <i>Gebrüder Nobel</i> (1635 Werst zu 6 Pf. für den Wagen) . . . . .	0,98
100k bis St. Petersburg . . . . .	9,36 M.

Dazu kommen dann noch die Kosten für Schiffstransport beispielsweise nach Stettin, welche unter gleichen Voraussetzungen wie für den Transport von Baku nach Astrachan (für 100k 30,6 Pf.) etwa 80 Pf. und 13,7 Pf. Löschkosten, also 93,7 Pf. betragen würden. Zusammen also für 1 MC. Kerosin 10,30 M. in Stettin. Bei einem Verkaufspreise des amerikanischen Oeles zu 12 bis 13 M., eine schon recht niedrige Annahme, erscheint sonach die Concurrenzfähigkeit des kaukasischen Erdöles gesichert.

Für Herstellung der Fässer, welche zwar durch die Cisternen, wie oben bemerkt, mehr und mehr verdrängt werden, befinden sich in Baku Fabriken, in denen nach amerikanischem System gearbeitet wird. Auch die Füllung der Fässer erfolgt nach amerikanischer Methode, also selbstthätig. Kistchen und Blechbüchsen, insbesondere für den Versandt nach dem Orient verwendet, werden in Fabriken zu Batum (die größte von *Pallaschkowsky*) hergestellt.

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 uns<sup>14</sup>, sowie von *Zaloziecki* (vgl. *Dingler's polytechnisches Journal*, 1886 260 127) und von *Thörner*<sup>15</sup> durch photometrische Messungen nach-

<sup>14</sup> Vgl. *Engler, Chemische Industrie*, 1885 S. 44.

<sup>15</sup> 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  $21^{\circ}$  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.<sup>16</sup>

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 Oele<sup>17</sup> unter gleichen Bedingungen der Destillation unterworfen und ergaben dabei in  $100^{\text{cc}}$  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.

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

<sup>17</sup> 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 benachbarten Fractionen der Essenzen und der Rückstände hinzugenommen werden.

Amerikanisches Brennpetroleum.		Kaukasisches Brennpetroleum.		Tab. II.	
				Nr.	Entfl.-Punkt
		I	I	31	0,820
		II	II	32	0,820
		III	III	34	0,8205
		IV	IV	36	0,820
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100
					1050
					1150
					950
					1100
					1080
					1000
					1290
					1120
					1180
					1190
					1150
					1000
					1020
					1100

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 290<sup>0</sup> 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 150/290<sup>0</sup> zeigte nämlich:

	Spec. Gew.	Entfl.-Punkt
Kaukasisches Erdöl Nr. I . . . .	0,825 . . . .	45,5 <sup>0</sup>
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 290<sup>0</sup> siedender Theile, zu der eigentlichen Leuchtölfraction (150/290<sup>0</sup>) 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 150<sup>0</sup> und über 290<sup>0</sup> 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 specifische 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 Erdöles	% Gehalt an normalem Brennöl (150 bis 200°)		% Gehalt an schwer sied. Theilen (über 310°)	Lichtstärke in der 1. Stunde	Lichtstärke am Ende des Versuches	Mittlere Lichtstärke aus 40 Ablesungen	Dauer des Versuches Stunden	g. Oelverbrauch für 4 NK und Stunde	g. Gewicht des Kohlenringes
				I	II							
Verbesserte Kosmosbr. von Schuster und Baer 14 Lin. 10 Lin.	Brenner von Wild und Wessel 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°)		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
			28	20,5						
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	
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	
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	
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	
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	
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	

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, daß unter Anwendung der näher bezeichneten Lampenconstructionen: 1) die niedriger siedenden Theile aller Petroleumsorten lichtgebender sind als die höher siedenden; 2) dieser Unterschied größer 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<sup>o</sup> als bei der von 150 bis 200<sup>o</sup> und 200 bis 250<sup>o</sup> und daß dieser Rückgang bezüglich der ersteren Fraction (250/300<sup>o</sup>) 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) daß dagegen das umgekehrte Verhältniß statthat in Bezug auf die beiden niedriger siedenden Fractionen, sowie die gesammte, das eigentliche Leuchtöl in sich schließende Mittelfraction 150 bis 300<sup>o</sup>, indem Fraction 150 bis 300<sup>o</sup> 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) daß die unter 150<sup>o</sup> siedenden Theile des kaukasischen Handelspetroleums viel weniger zu dessen Leuchtkraft beitragen als beim amerikanischen und 7) die schweren, über 300<sup>o</sup> siedenden Theile die Leuchtkraft des kaukasischen Handelspetroleums viel weniger beeinträchtigen als diejenige des amerikanischen, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> (unter 4), daß 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 größeren 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, dafs, wenn man die Schweröle aus dem amerikanischen Handlenspetroleum beseitigt, der Entflammungspunkt derselben unter die gesetzlich gestattete Entflammungsgrenze von  $21^{\circ}$  heruntergedrückt wird, so dafs mit Beseitigung der Schweröle auch eine entsprechende Menge der leichtesten Essenzen entfernt werden mufs, 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  $300^{\circ}$  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 Einflufs 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 Einflufs nicht allein mafsgebend 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 grofsen 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, dafs es für die Beurtheilung ausreichender Speisung der Flamme mehr darauf ankommen mufs, 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 Röhren mit eingätzter Millimetertheilung zur Anwendung kamen. Die Röhren wurden bei immer derselben Temperatur ( $17^{\circ}$ ) 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 Röhren. Durch Vergleichsversuche, wobei wir das Röhren 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 spezifische Gewicht der Flüssigkeit,  $r$  den Radius des Capillarröhrens und  $\alpha$  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 ( $\alpha$  auf durch 2 theilbare Hundertel abgerundet):

Nr.	Ganzes Oel	Ganzes Oel ohne Fract. unter $150^{\circ}$	Fraction 150 bis $300^{\circ}$	Fraction unter $300^{\circ}$	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<sup>cm</sup> 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<sup>cm</sup> 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 <sup>cm</sup>	<i>t</i> = 3,5	4	3,5	2,5	3,5	4	5
„ 15 <sup>cm</sup>	<i>t</i> = 8,75	10,5	9,5	8	9,5	11	11
Amerikanisches Brennpetroleum							
bis 10 <sup>cm</sup>	<i>t</i> = 4	4,75	3,5	3,5	4	4,5	6
„ 15 <sup>cm</sup>	<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 Schlusfolgerung, 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 Schlusfolgerung 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<sup>mm</sup>,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<sup>cm</sup> über dem Oelspiegel steht, obgleich das Oel weit höher als 40<sup>cm</sup> 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* (dasselbst 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*<sup>18</sup>, *Junker*<sup>19</sup> und *Thörner*<sup>20</sup> 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

<sup>18</sup> *Zeitschrift für Paraffinindustrie*, 1879 S. 25.

<sup>19</sup> *Chemiker-Zeitung*, 1883 S. 650.

<sup>20</sup> Dasselbst 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 Licht-  
stärken herabgerückte Leuchtkraft wieder auf 11,5 in die Höhe, nach-  
dem 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 eben-  
falls schon vor längerer Zeit im hiesigen Laboratorium (a. a. O.) fest-  
gestellt, in neuerer Zeit von *Zaloziecki* und von *Thörner* bestätigt worden.  
Auch die oben mitgetheilten Versuche, bei welchen die Menge der aus-  
geschiedenen, 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 speci-  
fischem Gewichte und steigender Siedetemperatur die Menge der aus-  
geschiedenen Kohle zunimmt: die Fractionen 150 bis 200<sup>o</sup> geben nicht  
wägbar Mengen, diejenigen von 250 bis 300<sup>o</sup> meist über 0,1 Kohle.  
Desgleichen hat man starke Kohlenausscheidung, wenn vom Brenn-  
petroleum nur die unter 150<sup>o</sup> siedenden leichten Essenzen, dagegen fast  
gar keine Kohlenbildung, wenn die über 300<sup>o</sup> siedenden Theile ab-  
getrennt 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 Fractions- theilen 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 verschieden 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 Verhältnifs 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, dafs die niedriger siedenden Fractionen unseres Brennpetroleums lichtgebender sind als die höher siedenden, entbehrt sonach, allgemein ausgesprochen, nicht blofs 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 *Rafaëli* 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.



